

## اثر متقابل نیتروژن و فسفر بر جذب آهن، روی و منگنز توسط برنج در شرایط غرقاب دائم و متناوب

ندا یزدانی مطلق، عادل ریحانی تبار<sup>1</sup> و نصرت اله نجفی

دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز؛ yazdani\_motlag@yahoo.com

استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز؛ areyhani@tabrizu.ac.ir

استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز؛ nanajafi@yahoo.com

دریافت: 1391/11/25 و پذیرش: 1392/4/17

### چکیده

در این تحقیق تأثیر رقم، رژیم رطوبتی، مقدار نیتروژن و فسفر بر غلظت، مقدار و فاکتور انتقال آهن، روی و منگنز در شرایط گلخانه‌ای و در یک خاک آهکی بررسی گردید. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار انجام شد. فاکتورها شامل دو رقم برنج (هاشمی و علی کاظمی)، دو سطح رطوبت (غرقاب دائم و متناوب)، سه سطح نیتروژن از منبع اوره (0، 25 و 50 میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک) و سه سطح فسفر از منبع منوکلسیم فسفات (0، 25 و 50 میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک) بودند. بعد از 90 روز گیاهان برداشت، غلظت و مقدار آهن، روی و منگنز ریشه و بخش هوایی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که با مصرف نیتروژن غلظت و مقدار آهن، روی و منگنز بخش هوایی افزایش یافت اما غلظت روی و منگنز بخش هوایی کاهش یافت. بامصرف فسفر غلظت آهن و روی بخش هوایی کاهش یافت ولی تغییر معنی‌داری در غلظت منگنز بخش هوایی حاصل نشد. غلظت روی در ریشه و آهن در بخش هوایی رقم هاشمی بیشتر از رقم علی کاظمی بود. غلظت آهن، منگنز و روی بخش هوایی و ریشه در رژیم رطوبتی غرقاب دائم بیشتر از اشباع متناوب بود. در شرایط این آزمایش بین دو رقم مورد آزمایش در مقدار آهن بخش هوایی و ریشه اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد اما مقدار آهن بخش هوایی و ریشه در رژیم رطوبتی غرقاب بیشتر از اشباع متناوب بود. در مورد عنصر روی هم بین رقم‌ها در بخش هوایی و ریشه اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. مقدار روی بخش هوایی در رژیم رطوبتی غرقاب دائم بیشتر از اشباع متناوب بود. اثر متقابل نیتروژن\* فسفر بر غلظت روی، آهن و منگنز بخش هوایی و ریشه معنی‌دار بود. فاکتور انتقال روی در رقم هاشمی بیشتر از رقم علی کاظمی بود ولی در مورد آهن و منگنز بین دو رقم از لحاظ فاکتور انتقال اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد.

واژه‌های کلیدی: اشباع متناوب، آهن، منگنز، روی

### مقدمه

شاهین رخسار احمدی، (1385).  
برنج غرقاب<sup>1</sup> در شرایطی که خاک به طور طبیعی  
زهکشی نمی‌شود کاشت می‌شود و در طول دوره رشد  
گیاه، آب به صورت لایه چند سانتی‌متری یا بیشتر در  
سطح خاک انباشته شده و از شیوع علف‌های هرز

در بین سه محصول عمده زراعی در دنیا که بیش از  
50% انرژی مردم دنیا را تأمین می‌کنند، برنج بعد از گندم  
مهمترین محصول استراتژیک است. به علت اهمیت  
برنج، سال 2004 توسط سازمان ملل به عنوان سال بین  
المللی برنج نامگذاری شده بود (به نقل از اسدی و

<sup>1</sup> نویسنده مسئول، آدرس: تبریز، دانشگاه تبریز، دانشکده کشاورزی، گروه علوم خاک. کد پستی: 51666-14776

برنج در شرایط آپلند عملکرد افزایش یافت. آنان همچنین گزارش کردند که در کنار عملکرد، غلظت و جذب فسفر و نیتروژن در دانه با مصرف همزمان دو عنصر افزایش یافت. مشابه گزارش کومار و را ئو توسط محققان دیگری هم ارائه شده است (کامکار و همکاران، 1390). تغییر دیگری که در هنگام غرقاب کردن خاک و کاهش پتانسیل ریداکس آن به وجود می‌آید، احیای  $Fe^{3+}$  به  $Fe^{2+}$  می‌باشد که این عمل باعث می‌شود آهن قابل جذب خاک نسبت به زمان قبل از غرقاب بیشتر شود. البته برهمکنش آهن و نیتروژن به شکل نیتروژن مصرفی (نیترات یا آمونیوم) بستگی دارد (کامکار و همکاران 1390). مندل و میترا (1982) گزارش دادند که منگنز محلول و تبادل پس از غرقاب افزایش و پس از رسیدن به یک مقدار حداکثر دوباره کاهش یافت. نجفی و توفیقی (1389) گزارش کردند که مصرف فسفر میانگین غلظت منگنز اندام‌های هوایی برنج را به طور معنی‌داری افزایش داد ولی بر میانگین مقدار جذب منگنز در بخش هوایی برنج معنی‌دار نبود. آنان همچنین گزارش کردند که بیشترین غلظت منگنز در یک خاک اسیدی و کمترین غلظت آن در یک خاک قلیایی آهکی مشاهده شد. ساها و همکاران (1992) گزارش کردند که قابلیت استفاده روی خاک با گذشت زمان پس از غرقاب کاهش یافت و دلیل آن را رسوب روی به شکل ترکیبات مختلف نظیر کربنات، فسفات یا سولفید روی اعلام کردند. نجفی و توفیقی (2006) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند.

هدف از انجام این تحقیق مطالعه اثر مصرف توأم نیتروژن و فسفر بر غلظت، میزان جذب و فاکتور انتقال آهن، روی و منگنز توسط دو رقم برنج بومی (هاشمی و علی کاظمی) در شرایط رطوبتی غرقاب دائم و غیرغرقاب (اشباع متناوب) بود.

### مواد و روش‌ها

برای انجام این تحقیق یک خاک لوم رسی با این هدف که فقیر از مقدار ماده آلی و فسفر قابل استفاده باشد، از روستای اسپیران واقع در اطراف فرودگاه تبریز انتخاب و به گلخانه گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز منتقل گردید. بافت خاک به روش هیدرومتر چهار زمانه (کلوت 1986)، pH در سوسپانسیون 1:1 خاک و آب مقطر و قابلیت هدایت الکتریکی (EC) در عصاره 1:1 خاک و آب مقطر (مک لین 1982 و ریچارد 1969)، کربن آلی به روش واکلی بلک (نلسون و سومرز 1982)، کربنات کلسیم معادل (CCE) به روش خشتی کردن با اسید کلریدریک (ریچارد 1969)، پتاسیم و سدیم قابل استخراج با استات آمونیوم (جونز 2001)، فسفر قابل استفاده خاک

ممانعت به عمل آمده و معمولاً در اثر این عمل دسترسی به برخی از عناصر مثل فسفر، آهن و منگنز افزایش یافته و دسترسی به برخی دیگر از عناصر عمدتاً نیتروژن کاهش می‌یابد (فجریا، 2001). برنج غیرغرقاب یا آپلند در مناطق دیم، در خاک‌هایی با زهکشی خوب و بدون تجمع آب در سطح خاک پرورش می‌یابد (IRRI، 1995). معمولاً محلی برای کشت برنج غیرغرقاب انتخاب می‌شود که حداقل 14 تا 20 میلی‌متر بارندگی به مدت 5 روز در دوره رشد برنج داشته باشد و مهمترین تولید کننده برنج غیر غرقاب در دنیا کشور برزیل می‌باشد (ویسوا و اکادا، 2005). اطلاعات آماری نشان می‌دهد که وقوع خشکسالی در مناطق برنج کاری در کشور امری رایج است. به عنوان مثال می‌توان به خشکسالی سال‌های زراعی 79-78 و 80-79 در دو استان گیلان و مازندران و مناطق دیگر کشور که برنج کاری در آن‌ها انجام می‌شود اشاره کرد (بری ابر قویی و همکاران، 1382). باربوسا و یامادا (2002) گزارش دادند که تنش آبی در طول دوره رشد موجب کاهش عملکرد برنج تا 40% شد. هی و همکاران (2004) در یک خاک اسیدی در جنوب چین گزارش کردند زمانی که رطوبت خاک 60% ظرفیت زراعی می‌باشد عملکرد دانه کاهش می‌یابد، اما در رطوبت 80% ظرفیت زراعی کاهش معنی‌داری در عملکرد مشاهده نشد. هی و همکاران (2004) دلیل این امر را کاهش قابلیت جذب فسفر خاک عنوان کردند. رفتار فسفر در خاک‌های غرقاب تفاوت قابل ملاحظه‌ای با خاک‌های غیرغرقاب دارد. این تفاوت در رفتار فسفر، اهمیت زیادی در تغذیه برنج دارد. به طوری که، با کشت برنج غرقاب و غیر غرقاب در خاک یکسان مشاهده شده است که برنج غرقاب کمتر به مصرف کود فسفر پاسخ می‌دهد (ددتا و همکاران، 1966). پاتریک و جاگسوجیندا (1992) مشاهده کردند در خاک‌های غرقاب، با کاهش پتانسیل ریداکس، نیترات زدایی افزایش می‌یابد، به طوری که در پتانسیل ریداکس +200 میلی‌ولت تمام نیترات احیاء می‌گردد و غلظت آن به صفر می‌رسد. فسفر در دامنه پتانسیل ریداکس موجود در خاک‌ها مستقیماً در واکنش‌های اکسایش - کاهش شرکت نمی‌کند. اما به دلیل قابلیت واکنش آن با تعدادی از عناصر ریداکس، رفتار آن بطور قابل ملاحظه‌ای متأثر از غرقاب است (نجفی، 1378). نجفی و توفیقی (1389) گزارش دادند که غرقاب کردن خاک‌های مورد مطالعه غلظت فسفر قابل جذب خاک‌ها را تا بیش از 2 برابر افزایش داد. کومار و را ئو (1992) گزارش کردند که برهمکنش فسفر و نیتروژن در برنج مثبت بوده و با مصرف همزمان نیتروژن و فسفر در

105 قرار داده شد و مجدداً با ترازوی  $g \pm 0/001$  توزین گردید (a) و درصد ماده خشک آن از رابطه  $100 \times \frac{a}{b} =$  (D.M (% تعیین گردید. مقدار عنصر غذایی جذب شده توسط گیاه از حاصلضرب ماده خشک در غلظت عنصر محاسبه شد. فاکتور انتقال از تقسیم غلظت عنصر در بخش هوایی به غلظت عنصر در ریشه‌های گیاه محاسبه شد (کامکار و همکاران 1390). رسم نمودارها با نرم افزار Excel و تحلیل آماری داده‌ها با نرم افزارهای MSTAT و SPSS و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال 5% انجام شد.

### نتایج و بحث

برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در جدول 1 ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌شود این خاک خشتی، غیرشور، آهکی، بافت نسبتاً ریز، ماده آلی خاک و فسفر قابل استفاده کم بوده ولی از نظر پتاسیم، منگنز و مس قابل استفاده کافی و آهن و روی قابل استفاده ناکافی بود ولی نظر به افزایش حلالیت ترکیبات آهن در شرایط غرقاب و اشباع متناوب کود آهن مصرف نشد.

#### غلظت آهن بخش هوایی

مقایسه میانگین‌ها (جدول 2) نشان داد که در شرایط این آزمایش بین دو رقم برنج (هاشمی و علی کاظمی) در غلظت آهن بخش هوایی اختلاف معنی دار وجود نداشت. غلظت آهن بخش هوایی در رژیم آبیاری غرقاب دائم 10/5 درصد بیشتر از اشباع متناوب بود که انتظار آن نیز می‌رفت. فجریا (1984 و 2002) گزارش کرد که کمبود آهن در برنج دیم در خاک‌های اکسی سول برزیل بر اثر آهک دهی مشاهده شده است. همچنین بسته به رقم برنج، غلظت آهن دانه از 12 تا 25 میلی‌گرم آهن در کیلوگرم برنج پوست نکنده و 7 تا 19 میلی‌گرم در کیلوگرم در برنج پوست کنده گزارش شده است (کامکار و همکاران، 1390). فجریا و همکاران (1997) در برنج دیم گزارش کردند که غلظت آهن در مرحله اولیه رشد (19 روز پس از کاشت) به حدود 1200 میلی‌گرم در کیلوگرم رسیده و در زمان رسیدگی (130 روز پس از کاشت) به حدود 100 میلی‌گرم در کیلوگرم کاهش یافت و لذا نوسان غلظت آهن ناشی از سن گیاه بسیار زیاد است. این اعداد به روشنی اهمیت سن گیاه را در تعیین غلظت آهن بافت‌های گیاهی نشان می‌دهند. مارشنر (1995) حد بحرانی آهن در بافت‌های گیاه را در محدوده 50 تا 150 میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک گزارش کرد. فجریا و همکاران (1997) حد کفایت آهن

با روش اولسن (اولسن و همکاران 1982)، آهن، منگنز، مس، روی و کادمیوم قابل استفاده با DTPA (لیندزی و نورول 1978) تعیین گردید. پس از گذراندن خاک از الک 2 میلی‌متری، به خوبی مخلوط گردید و مقدار 3 کیلوگرم خاک در هر گلدان ریخته شد. در این تحقیق از گلدان‌های پلاستیکی به قطر 25 و ارتفاع 22 سانتی‌متر استفاده شد. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار انجام شد. فاکتورها شامل دو رقم برنج (هاشمی و علی کاظمی)، دو سطح رطوبت (غرقاب دائم و اشباع متناوب)، سه سطح نیتروژن از منبع اوره (0.75 و 150 میلی‌گرم نیتروژن بر کیلوگرم خاک) و سه سطح فسفر از منبع منوکلسیم فسفات (0، 25 و 50 میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک) بودند. منوکلسیم فسفات به صورت محلول به خاک گلدان‌ها اضافه شد ولی به منظور افزایش کارایی مصرف نیتروژن، اوره در سه تقسیم (آماده سازی خاک، ماه اول رشد و ماه دوم رشد) به صورت محلول به خاک گلدان‌ها اضافه شد. از میان سایر عناصر مورد نیاز، روی بر طبق آزمون خاک به مقدار 5 میلی‌گرم بر کیلوگرم از منبع سولفات روی به گلدان‌ها افزوده شد. گلدان‌ها هر کدام در شرایط رطوبتی خودشان (غرقاب و اشباع متناوب) با استفاده از آب مقطر به مدت 2 هفته نگه داشته شدند. سپس هشت عدد بذر برنج در هر گلدان کشت گردید. به منظور استقرار گیاه به مدت یک هفته گلدان‌ها در حالت غرقاب نگه داشته شدند. بعد از یک هفته نشاء ها به چهار عدد در هر گلدان تنک شدند و سطوح رطوبتی اعمال شد. دو سطح رطوبتی شامل غرقاب دائم با 3 سانتی‌متر ارتفاع آب روی خاک و اشباع متناوب که برای تأمین مقدار رطوبت اشباع متناوب، هر روز گلدان‌ها به وسیله توزین آبیاری شدند. منظور از اشباع متناوب یعنی اشباع کردن خاک و رها کردن آن تا نزدیکی ظرفیت مزرعه و دوباره اشباع کردن خاک. بعد از 90 روز گیاهان برداشت و با آب مقطر شسته شده، ریشه و بخش هوایی جدا شدند. سپس اجزای گیاه در آون با دمای 70 درجه سلسیوس به مدت 48 ساعت خشک شدند. در مرحله بعد نمونه‌های گیاهی توسط دستگاه خردکن با تیغه‌های پلاستیکی پودر شدند. به منظور تعیین غلظت عناصر نیتروژن و فسفر در نمونه‌های گیاهی از روش اکسایش تر استفاده شد (والینگ و همکاران 1989). غلظت آهن، روی و منگنز گیاه در عصاره حاصل از روش اکسایش تر و با دستگاه جذب اتمی مدل (شیمادزو 6300) اندازه‌گیری شد. برای تعیین درصد ماده خشک مقداری پودر گیاهی توزین گردید (b) و به مدت 24 ساعت در آون با دمای 70°C

قابل استفاده خاک مورد مطالعه (جدول 1) و احتمالاً اکسایش آهن دو ظرفیتی به آهن سه ظرفیتی در سطح ریشه‌ها و رسوب بر سطوح ریشه‌ها (کامکار و همکاران، 1390) می‌تواند از دلایل این امر باشد.

#### غلظت روی بخش هوایی

دافی (2007) گزارش کرد که حتی در خاک‌هایی با کمبود ملایم روی کاهش 30 درصدی عملکرد برنج رایج است. ددتا (1981) در فیلیپین و فجزیا و همکاران (1997) در برزیل گزارش کرده‌اند که برنج به مصرف روی پاسخ داد. محققان نامبرده اعلام نموده‌اند که غلظت روی در گیاهان زراعی بسته به نوع گونه حتی رقم یا سن گیاه تغییر می‌کند. در آزمایش حاضر مقایسه میانگین‌ها نشان داد (جدول 2) که بین دو رقم مورد مطالعه از لحاظ غلظت روی بخش هوایی اختلاف وجود نداشت اما غلظت روی بخش هوایی در رژیم رطوبتی غرقاب دائم 11/4 درصد بیشتر از اشباع متناوب بود. حد کفایت و یا سمیت روی در خاک‌های اسیدی و ارقام خارجی برنج متنوع گزارش شده است. به عنوان مثال فجزیا و همکاران (1995) به ترتیب در برنج دیم 67 و 673 میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک گیاهی گزارش کرده‌اند. جونز (1991) مقدار سمی روی را در محدوده 100 تا 400 میلی‌گرم بر کیلوگرم بر گزارش کرده است (به نقل از کامکار و همکاران، 1390). اما به عقیده بسیاری از متخصصان تغذیه گیاهی در برنج مقادیر کمتر از 20 میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک گیاهی می‌تواند به عنوان نشانه کمبود تلقی شود و لذا با توجه به این عدد غلظت روی در هر دو رقم مورد آزمایش در محدوده کفایت قرار گرفت اما فاصله زیادی با مقدار سمیت داشت. با افزایش نیتروژن غلظت روی بخش هوایی ابتدا کاهش و سپس افزایش یافت به طوری که در سطح دوّم نیتروژن 18/8 درصد و در سطح سوّم نیتروژن نسبت به سطح دوّم 2/6 درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. با افزایش سطح فسفر غلظت روی بخش هوایی کاهش یافت به طوری که در سطح دوّم فسفر 8 درصد و در سطح سوّم فسفر 13/7 درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. این نتیجه یک یافته کلاسیک و مثالی از رابطه معروف ضدیت بین فسفر و روی بوده و با نتایج بسیاری از محققان از جمله بردی (1990)، تاندون (1995)، کریمیان و یثربی (1995)، کان و زندی (1977)، هالین و همکاران (1999)، مارشنر (2003) و مورگان و ماسکانی (1991) مطابقت داشت. شکل 2 نشان می‌دهد که در رژیم رطوبتی غرقاب دائم با افزایش فسفر در تیمار شاهد نیتروژن غلظت روی بخش هوایی ابتدا تغییر معنی‌دار نشان نداد و سپس افزایش

در بافت‌های برنج در مرحله پنجه دهی و در بخش هوایی از 70 تا 300 میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک گزارش کردند. با توجه به این گزارشات در هر دو رقم مورد بررسی (هاشمی و علی کاظمی) در این آزمایش غلظت آهن بالاتر از حد کفایت بوده و البته علایم کمبود نیز مشاهده نشد. با افزایش سطوح نیتروژن غلظت آهن بخش هوایی افزایش یافت به طوری که در سطح دوّم نیتروژن 25/5 درصد و در سطح سوّم نیتروژن 32/1 درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش مشاهده شد. با افزایش سطوح فسفر غلظت آهن بخش هوایی ابتدا کاهش و سپس نسبت به سطح دوّم فسفر افزایش یافت اما به شاهد نرسید. این نتیجه مطابق با گزارش سایر محققان است که معتقدند با حضور فسفر در محیط رشد فراهمی آهن کاهش می‌یابد (فوس و همکاران، 1988). شکل 1 نشان می‌دهد که در رقم هاشمی با تغییر رژیم رطوبتی از غرقاب دائم به اشباع متناوب غلظت آهن بخش هوایی تغییر معنی‌دار نکرد اما در رقم علی کاظمی با تغییر رژیم رطوبتی از غرقاب دائم به اشباع متناوب غلظت آهن بخش هوایی کاهش یافت.

در شرایط غرقاب دائم غلظت آهن بخش هوایی در رقم علی کاظمی بطور معنی‌دار بیشتر از رقم هاشمی بود اما در رژیم رطوبتی اشباع متناوب غلظت آهن در رقم هاشمی به طور معنی‌دار بیشتر از علی کاظمی شد. در شرایط این آزمایش کمترین غلظت آهن بخش هوایی در رقم هاشمی در شرایط غرقاب دائم در سطح دوّم نیتروژن و فسفر برابر با 233/9 میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک مشاهده شد. همچنین بیشترین غلظت آهن در رقم علی کاظمی در شرایط غرقاب دائم در سطح دوّم نیتروژن و تیمار شاهد فسفر برابر با 769/5 میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک مشاهده شد.

#### غلظت آهن ریشه

مقایسه میانگین‌ها نشان داد (جدول 2) که بین دو رقم هاشمی و علی کاظمی در غلظت آهن ریشه در شرایط این آزمایش اختلاف معنی‌دار وجود نداشت اما غلظت آهن ریشه در رژیم رطوبتی غرقاب دائم 35/8 درصد بیشتر از اشباع متناوب بود. البته سمیت آهن در برنج غرقاب به ویژه در خاک‌های اسیدی شایع است و یکی از دلایل بروز سمیت آهن در برنج در خاک‌های اسیدی کمبود پتاسیم، فسفر، کلسیم و منیزیم عنوان شده است (سهرات 2004). سمیت آهن باعث بروز اختلالاتی همچون برنزه شدن می‌شود که باعث زنگاری شدن برگ‌های برنج می‌شود (ملکوئی و کاووسی 1383) و در این آزمایش مشاهده نشد. کافی بودن کلسیم و پتاسیم

یافت. در سطح دوّم نیتروژن با افزایش فسفر غلظت روی بخش هوایی ابتدا تغییر معنی‌دار نکرد و سپس کاهش یافت. در سطح سوّم نیتروژن نیز با افزایش سطوح فسفر غلظت روی بخش هوایی ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت، به عبارت دیگر افزایش غلظت روی بخش هوایی بستگی به سطوح نیتروژن داشت.

شکل 3 اثر متقابل نیتروژن و فسفر را در شرایط اشباع متناوب بر غلظت روی بخش هوایی نشان می‌دهد. در این شرایط با افزایش سطح فسفر در تیمار شاهد نیتروژن غلظت روی بخش هوایی ابتدا کاهش و سپس تغییر معنی‌داری نکرد. در سطح دوّم نیتروژن غلظت روی تحت تأثیر فسفر قرار نگرفت و در سطح سوّم نیتروژن با افزایش فسفر غلظت روی بخش هوایی کاهش یافت. با توجه به دو شکل فوق مشاهده می‌شود که تیمار شاهد فسفر در هر دو حالت رطوبتی غلظت بیشتر روی را نشان می‌دهد. این نتیجه قابل پیش بینی بوده و مطابق با رابطه معروف ضدیت فسفر-روی می‌باشد. مکانیسم‌هایی که برای بیان این رابطه ارائه شده اند عبارتند از: الف- برهمکنش روی-فسفر در خاک ب- رقیق شدن روی در بافت گیاهی ج- کاهش جذب و انتقال روی بر اثر مصرف فسفر و د- تداخل فسفر با مصرف روی توسط گیاه (کامکار و همکاران، 1390؛ روبسون، 1993).

#### غلظت روی ریشه

مقایسه میانگین‌ها نشان داد (جدول 2) که در این آزمایش بیشترین غلظت روی ریشه در رقم علی کاظمی بود و به طور متوسط 5/6 درصد بیشتر از رقم هاشمی بود. همچنین غلظت روی ریشه در رژیم رطوبتی غرقاب 9/2 درصد بیشتر از اشباع متناوب بود. رشد بهتر ریشه‌ها در شرایط غرقاب و افزایش حجم ریشه‌ها دلیل موضوع می‌باشد (داده‌های مربوطه در اینجا ارائه نشده است). با افزایش نیتروژن غلظت روی ریشه کاهش یافت. همین نتیجه در مورد فسفر هم مشاهده شد. البته انتظار بر این بود که با توجه به افزایش غلظت آهن و منگنز در شرایط غرقاب فراهمی روی و در نتیجه غلظت روی در ریشه کاهش یابد اما افزایش رشد ریشه در شرایط غرقاب و بهبود طول و حجم ریشه به جذب بهتر روی کمک کرده است (داده‌های مربوطه در اینجا ارائه نشده است). شکل 4 نشان می‌دهد که در رژیم رطوبتی غرقاب دائم با افزایش فسفر در تیمار شاهد نیتروژن غلظت روی ریشه ابتدا کاهش یافت و سپس تغییر معنی‌داری نداشت. در سطح دوّم نیتروژن غلظت روی ریشه از سطح فسفر متأثر نشد ولی در سطح سوّم نیتروژن با افزایش سطح فسفر غلظت روی ریشه علی‌رغم عدم تغییر معنی‌دار در ابتدا

در نهایت کاهش یافت. شکل 5 نشان می‌دهد که در رژیم رطوبتی اشباع متناوب با افزایش سطوح فسفر در تیمار شاهد نیتروژن غلظت روی ریشه ابتدا کاهش شدید یافت و سپس اندکی افزایش یافت. در دو سطح دیگر نیتروژن، در نهایت کاهش غلظت روی ریشه مشاهده شد.

#### غلظت منگنز بخش هوایی

مقایسه میانگین‌ها نشان داد (جدول 2) که بین دو رقم مورد مطالعه از نظر غلظت منگنز بخش هوایی اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. غلظت منگنز بخش هوایی در رژیم رطوبتی غرقاب دائم 11/8 درصد بیشتر از اشباع متناوب بود. یکی از اولین اثرات شرایط غرقاب افزایش منگنز محلول در آب خاک است و گیاه برنج همواره در معرض زیادی منگنز محلول قرار داشته و ظاهراً برنج حتی در غلظت‌های 1000 تا 4000 میلی‌گرم بر کیلوگرم منگنز در برگ هم تحت تأثیر نامطلوب منگنز مازاد قرار نمی‌گیرد (کامکار و همکاران، 1390). جونز (1991) معتقد بود که حد کفایت منگنز در گونه‌های گیاهی از 20 تا 300 میلی‌گرم بر کیلوگرم بافت خشک گیاه تغییر می‌کند. فجریا و همکاران (1997) حد کفایت منگنز را در برنج در بخش کل تاج از 30 تا 600 میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش کردند. با توجه به این ارقام، غلظت منگنز بخش هوایی در هر دو رقم مورد آزمایش در محدوده حد کفایت و حتی اندکی بالاتر از ارقام گزارش شده قرار دارد. با توجه به جدول (2) با افزایش نیتروژن غلظت منگنز بخش هوایی ابتدا از 761/17 به 594/74 میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک کاهش و سپس به 680/12 میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک افزایش یافت. شکل 6 نشان می‌دهد که با افزایش فسفر در تیمار شاهد نیتروژن غلظت منگنز بخش هوایی ابتدا تغییر معنی‌دار نکرد و سپس تا 870 میلی‌گرم بر کیلوگرم افزایش یافت. این نتیجه مطابق با گزارش نجفی و توفیقی (1389) و رونقی و همکاران (2002) به ترتیب در گیاهان برنج و ذرت بود. این افزایش به تشکیل ترکیبات محلول فسفات‌های منگنز و جلوگیری از اکسایش منگنز در ریزوسفر اکسیژن دار برنج در حضور کود فسفر نسبت داده شده است. راندا و همکاران (1975) نیز گزارش کردند که برای رفع کمبود منگنز در خاک‌های مواجه با کمبود این عنصر، مصرف نواری کودهای فسفاتی به تنهایی در اغلب موارد منگنز خاک را به میزان کافی به حالت محلول در می‌آورد. در سطح دوّم نیتروژن با افزایش سطوح فسفر غلظت منگنز بخش هوایی ابتدا افزایش و سپس تغییر معنی‌دار نکرد. در سطح سوّم

نیتروژن با افزایش فسفر غلظت منگنز بخش هوایی ابتدا تغییر معنی‌دار نکرد و سپس کاهش یافت.

#### غلظت منگنز ریشه

مقایسه میانگین‌ها نشان داد (جدول 2) که بین دو رقم هاشمی و علی کاظمی از نظر غلظت منگنز ریشه اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. در حالت غرقاب دائم غلظت منگنز ریشه 10/2 درصد بیشتر از اشباع متناوب بود. با افزایش سطوح نیتروژن مصرفی غلظت منگنز ریشه کاهش یافت که با اثر رقت قابل توجیه است (داده های وزن خشک ریشه در این مقاله ارائه نشده است). با افزایش سطوح فسفر غلظت منگنز ریشه ابتدا کاهش و سپس افزایش یافت. شکل 7 نشان می‌دهد که با افزایش فسفر در تیمار شاهد نیتروژن غلظت منگنز ریشه ابتدا اندکی کاهش یافت و سپس تغییر معنی‌دار مشاهده نشد. در سطح دوّم نیتروژن مصرفی با افزایش سطوح فسفر غلظت منگنز ریشه ابتدا تغییر معنی‌دار نکرد و سپس از 300 به 295 میلی‌گرم بر کیلوگرم کاهش یافت. در سطح سوّم نیتروژن با افزایش سطوح فسفر غلظت منگنز ریشه ابتدا از 250 به 230 میلی‌گرم بر کیلوگرم کاهش و سپس به 310 میلی‌گرم بر کیلوگرم افزایش یافت. پس همانند بخش هوایی در ریشه هم بین نیتروژن و فسفر اثر متقابل معنی‌دار مشاهده شد.

#### مقدار آهن بخش هوایی

مقایسه میانگین‌ها نشان داد (جدول 3) که بین دو رقم مورد آزمایش در مقدار آهن بخش هوایی اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. مطابق انتظار مقدار آهن بخش هوایی در رژیم رطوبتی غرقاب دائم بیشتر از اشباع متناوب بود. با افزایش سطوح نیتروژن مقدار آهن بخش هوایی افزایش یافت. این در حالی است که قبلاً مشاهده شد در این وضعیت غلظت آهن بخش هوایی نیز افزایش یافت. این افزایش جذب به دلایلی همچون افزایش رشد ریشه، تغییرات شیمیایی در ریزوسفر همچنین نترات سازی، کاهش pH و تغییرات فیزیولوژیکی تحریک شده توسط نیتروژن مربوط می‌شود که جذب آهن را تحت تأثیر قرار می‌دهد (منبع؟؟). با افزایش سطوح فسفر مقدار آهن بخش هوایی ابتدا کاهش و سپس افزایش یافت. گزارش شده است که با حضور فسفر در محیط رشد گیاه فراهمی آهن کاهش می‌یابد. کمبود آهن ناشی از فسفات در گیاه ذرت از قرار معلوم موجب ممانعت هر دو فرآیند جذب آهن توسط ریشه و انتقال آهن از ریشه‌ها به بخش هوایی می‌شود. ممانعت فسفر از جذب آهن به ایجاد تداخل در احیای  $Fe^{+3}$  در محلول مرتبط می‌باشد (الیوت و لاچی، 1985). در این آزمایش در شرایط اشباع متناوب

این توجیه می‌تواند صادق باشد اما در شرایط غرقاب به دلیل زیادی آهن احیاء شده شاید دلایل دیگری موجب کاهش آهن در سطح دوّم فسفر شده باشند که از آن جمله می‌توان به تأثیر فسفر بر کاهش انتقال آهن جذب شده اشاره کرد. شکل 8 نشان می‌دهد که با افزایش سطوح فسفر در تیمار شاهد نیتروژن مقدار آهن بخش هوایی ابتدا از 8 به 6 میلی‌گرم در گلدان کاهش یافت و سپس تغییر معنی‌دار مشاهده نشد. در سطح دوّم نیتروژن مقدار آهن بخش هوایی با افزایش سطوح فسفر ابتدا از 9 به 4 میلی‌گرم در گلدان کاهش یافت. در سطح سوّم نیتروژن با افزایش سطوح فسفر مقدار آهن بخش هوایی ابتدا تغییر معنی‌دار نکرد و سپس از 4 به 3/5 میلی‌گرم در گلدان کاهش یافت. شکل 9 نشان می‌دهد که در هر دو رقم مورد مطالعه مقدار آهن بخش هوایی در رژیم رطوبتی غرقاب دائم بیشتر از اشباع متناوب بود. همچنین در شرایط غرقاب دائم مقدار آهن بخش هوایی رقم علی کاظمی بیشتر از رقم هاشمی بود. در حالت غرقاب دائم رقم علی کاظمی حدود 7/1 درصد مقدار آهن بیشتری نسبت به رقم هاشمی داشت که این اختلاف در حالت اشباع متناوب مشاهده نشد. به طور کلی در این آزمایش الگوی تغییر مقدار آهن بخش هوایی در سه سطح نیتروژن در هر دو رقم مشابه بود (شکل‌ها ارائه نشده است) و فسفر در حضور نیتروژن باعث کاهش قابل توجه مقدار آهن بخش هوایی شد. با توجه به مصرف بی‌رویه کودهای فسفر در کشور و با توجه به اهمیت آهن در سلامتی افراد تغذیه کننده از ارقام برنج بومی این نتایج قابل توجه است چرا که مطالعات متعددی نشان داده است که بین غلظت عناصر در بخش هوایی گیاه برنج و غلظت در درون دانه همبستگی قوی وجود دارد (کامکار و همکاران 1390). در شرایط این آزمایش بیشترین مقدار آهن بخش هوایی در سطح دوّم نیتروژن و سطح صفر فسفر در شرایط غرقاب در رقم علی کاظمی بدست آمد.

#### مقدار آهن ریشه

مقایسه میانگین‌ها نشان داد (جدول 3) که بین دو رقم مورد مطالعه اختلاف معنی‌دار در مقدار آهن ریشه مشاهده نشد. مقدار آهن ریشه در رژیم رطوبتی غرقاب دائم بیشتر از اشباع متناوب بود که با توجه به شیمی آهن در شرایط غرقاب قابل توجیه است. با افزایش سطوح نیتروژن مقدار آهن ریشه ابتدا کاهش و سپس افزایش یافت. کاهش اولیه را با اثر رقت و افزایش بعدی را با افزایش مقدار وزن خشک ریشه و میزان جذب آهن می‌توان توجیه کرد (داده‌های وزن خشک ارائه نشده‌اند).

بخش هوایی با افزایش سطوح فسفر تغییر معنی‌دار مشاهده نشد. بیشترین مقدار روی در سطح سوّم نیتروژن و سطح صفر فسفر در شرایط غرقاب دائم در رقم علی کاظمی بدست آمد.

#### مقدار روی ریشه

مقایسه میانگین‌ها نشان داد (جدول 3) که بین دو رقم هاشمی و علی کاظمی از نظر مقدار روی ریشه اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. مقدار روی ریشه در رژیم رطوبتی غرقاب دائم بیشتر از اشباع متناوب بود. با افزایش سطوح نیتروژن مقدار روی ریشه افزایش یافت به طوری‌که مقدار روی ریشه در سطح دوّم نیتروژن 5/6 درصد نسبت به تیمار شاهد و 65/8 درصد در سطح سوّم نیتروژن نسبت به شاهد افزایش یافت. با افزایش سطوح فسفر مقدار روی ریشه تغییر معنی‌دار نکرد. شکل 15 نشان می‌دهد که با افزایش سطوح فسفر در رژیم رطوبتی غرقاب دائم مقدار روی ریشه تغییر معنی‌دار نداشت. در رژیم رطوبتی اشباع متناوب مقدار روی ریشه با افزایش سطوح فسفر ابتدا تغییر معنی‌دار نکرد سپس افزایش یافت.

شکل 16 نشان می‌دهد که با افزایش سطوح فسفر در تیمار شاهد و سطح سوّم نیتروژن مقدار روی ریشه تغییر معنی‌دار نکرد. در سطح دوّم نیتروژن با افزایش سطح فسفر مقدار روی ریشه ابتدا تغییر معنی‌دار نکرد و سپس افزایش یافت. شکل 17 نشان می‌دهد که در رژیم رطوبتی غرقاب دائم با افزایش سطوح فسفر در سطح شاهد و سوّم نیتروژن مقدار روی ریشه ابتدا تغییر معنی‌دار نکرد و سپس کاهش یافت. به طوری‌که به ترتیب در تیمار شاهد از 0/48 به 0/3 میلی‌گرم در گلدان و در سطح سوّم نیتروژن از 0/75 به 0/3 میلی‌گرم در گلدان کاهش یافت. در سطح دوّم نیتروژن با افزایش سطح فسفر مقدار روی ریشه افزایش یافت اما بین سطح دوّم و سوّم فسفر اختلاف معنی‌دار نبود. بیشترین مقدار روی ریشه در سطح سوّم نیتروژن و فسفر در رقم علی کاظمی در شرایط اشباع متناوب با مقدار 0/85 میلی‌گرم در گلدان بدست آمد. البته مقدار روی ریشه در شرایط غرقاب دائم و سطح سوّم نیتروژن و سطح دوّم فسفر در رقم علی کاظمی (0/82 میلی‌گرم در گلدان) با بیشترین مقدار روی ریشه اختلاف معنی‌دار نداشت.

#### مقدار منگنز بخش هوایی

مقایسه میانگین‌ها نشان داد (جدول 3) که در رقم علی کاظمی مقدار منگنز بخش هوایی بیشتر از رقم هاشمی بود. به طور عمده منگنز به صورت  $Mn^{2+}$  جذب گیاهان زراعی شده و مقدار جذب شده به مقدار عملکرد،

با افزایش سطوح فسفر در مقدار آهن ریشه افزایش مشاهده شد. شکل 10 نشان می‌دهد که با افزایش سطوح فسفر در تیمار شاهد نیتروژن

مقدار آهن ریشه ابتدا تغییر معنی‌دار نکرد و سپس از 95 به 60 میلی‌گرم در گلدان کاهش یافت. در سطح دوّم نیتروژن مقدار آهن ریشه ابتدا تغییر معنی‌دار نکرد و سپس از 50 به 110 میلی‌گرم در گلدان افزایش یافت. در سطح سوّم نیتروژن با افزایش سطوح فسفر مقدار آهن ریشه ابتدا افزایش و سپس تغییر معنی‌دار نشان داد. شکل 11 نشان می‌دهد که با افزایش سطوح نیتروژن مقدار آهن ریشه در رقم هاشمی افزایش یافت. در رقم علی کاظمی مقدار آهن ریشه با افزایش سطوح نیتروژن ابتدا افزایش یافت و سپس تغییر معنی‌دار نشان نداد.

#### مقدار روی بخش هوایی

مقایسه میانگین‌ها نشان داد (جدول 3) که در شرایط این آزمایش بین دو رقم مورد مطالعه در مقدار روی بخش هوایی اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. مقدار روی بخش هوایی در رژیم رطوبتی غرقاب دائم بیشتر از اشباع متناوب بود که یک نتیجه تقریباً غیرمنتظره بود. بر طبق اطلاعات موجود در منابع در شرایط غرقاب به دلیل رقابت یون‌های آهن و منگنز احیاء شده با جذب روی و کاهش فعالیت آنزیم‌های الکل هیدروژناز و هیدروژناز انتظار می‌رود که جذب روی کمتر از حالت اشباع متناوب باشد (مارشئر 1995) که در این آزمایش چنین نشد. اما رشد بهتر برنج در شرایط غرقاب و برتری ویژگی‌های رشدی ریشه در شرایط غرقاب دلیل جذب بهتر روی می‌باشد (داده‌های مربوطه ارائه نشده است). با افزایش سطوح نیتروژن مقدار روی بخش هوایی افزایش یافت اما با افزایش سطوح فسفر مقدار روی بخش هوایی کاهش یافت. شکل 12 نشان می‌دهد که با افزایش سطوح نیتروژن در رژیم رطوبتی غرقاب دائم مقدار روی بخش هوایی از 2/25 به 0/4 میلی‌گرم در گلدان افزایش یافت. در رژیم رطوبتی اشباع متناوب مقدار روی بخش هوایی با افزایش سطوح نیتروژن ابتدا تغییر معنی‌دار نکرد و سپس از 0/2 به 0/25 میلی‌گرم در گلدان افزایش یافت. شکل 13 نشان می‌دهد که با افزایش سطوح فسفر در رژیم رطوبتی غرقاب دائم در مقدار روی بخش هوایی ابتدا تغییر معنی‌دار نکرد و سپس کاهش یافت. در رژیم رطوبتی اشباع متناوب مقدار روی بخش هوایی با افزایش سطوح فسفر ابتدا کاهش و سپس تغییر معنی‌دار نکرد. شکل 14 نشان می‌دهد که با افزایش سطوح فسفر در سطح دوّم و سوّم نیتروژن مقدار روی بخش هوایی ابتدا کاهش و سپس تغییر معنی‌دار نکرد. در تیمار شاهد نیتروژن مقدار روی

رقم و سن گیاه و غلظت عنصر در محلول خاک بستگی دارد (مارشئر 1995).

بر طبق گزارش فجریا و همکاران (1991) در برنج دیم در اندام هوایی جذب منگنز با سن گیاه به صورت معنی‌دار و به صورت معادله درجه دوم دنبال شده و حداکثر جذب در 113 روز پس از کاشت بدست آمد و نوسان جذب منگنز در اثر سن گیاه حدود 98 درصد بود. همچنین محققان مذکور مشاهده کردند که جذب منگنز در میان ژنوتیپ‌های درون گونه‌ای تفاوت داشت. آنان ارقام برنج دیم برزیل را از نظر کارایی مصرف منگنز به چهار دسته طبقه‌بندی کردند. ژنوتیپ‌های برنج دیم در کارایی مصرف منگنز باهم تفاوت داشتند و در نهایت چنین پیشنهاد نمودند که امکان دارد بتوان ارقامی را توسعه داد که در مقادیر کم ماده غذایی کارآمد باشند یا قادر باشند از منگنز موجود در خاک به شکل کارآمدتری استفاده کنند. البته اختلاف در کارایی مصرف منگنز در میان گونه‌های مختلف گیاهی یا ارقام درون گونه‌های مختلف گیاهی به خوبی درک نشده است (رنگل، 1999) اما گراهام (1988) گزارش کرد که مصرف بهتر این عنصر در داخل گیاه، نیازمندی‌های فیزیولوژیکی کمتر، هندسه بهتر ریشه و مقدار جذب بیشتر ممکن است با کارایی مصرف بالاتر این عنصر مرتبط باشد. رنگل (1999) معتقد است که احتمالاً ژنوتیپ‌های کارآمد در مصرف منگنز در مقایسه با ژنوتیپ‌های ناکارآمد از میکروب‌های اکسیدکننده منگنز کمتری در ریزوسفر برخوردارند. در این آزمایش مقدار منگنز بخش هوایی رژیم رطوبتی غرقاب دائم بیشتر از اشباع متناوب بود که مطابق انتظار ما بود چرا که یکی از اولین اثرات قابل اندازه‌گیری شرایط احیایی ناشی از غرقاب افزایش منگنز محلول در آب می‌باشد. با افزایش سطوح نیتروژن مقدار منگنز بخش هوایی افزایش یافت به طوری که در سطح دوم نیتروژن 13/4 درصد و در سطح سوم نیتروژن 22/4 درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. با افزایش سطوح فسفر مقدار منگنز بخش هوایی تغییر معنی‌دار نشان نداد. شکل 18 نشان می‌دهد که با افزایش سطوح نیتروژن در رژیم رطوبتی غرقاب دائم مقدار منگنز بخش هوایی از 6 به 9 میلی‌گرم در گلدان افزایش یافت. در رژیم رطوبتی اشباع متناوب مقدار منگنز در بخش هوایی با افزایش سطوح نیتروژن ابتدا تغییر معنی‌دار نکرد و سپس از 5 به 7 میلی‌گرم در گلدان افزایش یافت. شکل 19 نشان می‌دهد که با افزایش سطوح فسفر در رژیم رطوبتی غرقاب مقدار منگنز بخش هوایی از 9/5 به 6 میلی‌گرم در گلدان کاهش یافت. در رژیم رطوبتی اشباع متناوب مقدار منگنز در

بخش هوایی با افزایش سطوح فسفر ابتدا تغییر معنی‌دار نکرد و سپس افزایش یافت. شکل 20 نشان می‌دهد که با افزایش سطوح فسفر در تیمار شاهد و دوم نیتروژن مقدار منگنز بخش هوایی تغییر معنی‌دار نکرد به طوری که در سطح دوم نیتروژن غلظت منگنز بخش هوایی از 7 به 5 میلی‌گرم در گلدان رسید. در سطح سوم نیتروژن مقدار منگنز بخش هوایی با افزایش سطوح فسفر ابتدا از 9 به 7/5 میلی‌گرم در گلدان کاهش یافت و سپس تغییر معنی‌دار نکرد. بیشترین مقدار منگنز بخش هوایی در رقم علی کاظمی در سطح سوم نیتروژن و سطح صفر فسفر در شرایط غرقاب دائم با مقدار عددی 13/2 میلی‌گرم در گلدان بدست آمد اما در همین رژیم رطوبتی در سطح دوم نیتروژن و سطح صفر فسفر (12/7 میلی‌گرم در گلدان) با بیشترین مقدار منگنز بخش هوایی اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد.

#### مقدار منگنز ریشه

مقایسه میانگین‌ها نشان داد (جدول 3) که بین دو رقم از نظر مقدار منگنز ریشه اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. مطابق انتظار مقدار منگنز ریشه در رژیم رطوبتی غرقاب دائم بیشتر از اشباع متناوب بود. با افزایش سطوح نیتروژن مقدار منگنز ریشه افزایش یافت به طوری که در سطح دوم 15 درصد و در سطح سوم نیتروژن 73 درصد نسبت به شاهد مقدار منگنز ریشه افزایش یافت. مشابه همین نتیجه در مورد تأثیر فسفر بر مقدار منگنز ریشه هم مشاهده شد. در سطح دوم نسبت به تیمار شاهد حدود 7 درصد افزایش در مقدار جذب منگنز مشاهده شد اما در سطح سوم فسفر نسبت به تیمار شاهد حدود 41 درصد بر مقدار جذب منگنز افزوده شد. شکل 21 نشان می‌دهد که با افزایش سطوح فسفر در سطح دوم و سوم نیتروژن مقدار منگنز ریشه ابتدا تغییر معنی‌دار نکرد و سپس افزایش یافت. در تیمار شاهد نیتروژن مقدار منگنز ریشه با افزایش سطوح فسفر ابتدا تغییر معنی‌دار نکرد و سپس کاهش یافت. همچنین مشاهده شد که رفتار هر دو رقم مورد مطالعه در سطح دوم و سوم نیتروژن در قبال فسفر شبیه هم بوده و با تیمار شاهد نیتروژن متفاوت بود (شکل‌ها ارائه نشده است) یعنی اینکه فسفر بسته به حضور یا عدم حضور کافی نیتروژن در محیط ریشه می‌تواند تأثیر متفاوتی بر مقدار جذب منگنز ریشه برنج در هر دو حالت غرقاب دائم و غیرغرقاب داشته باشد.

#### فاکتور انتقال روی

مقایسه میانگین‌ها نشان داد (جدول 4) که در شرایط این آزمایش در رقم هاشمی فاکتور انتقال روی بیشتر از رقم علی کاظمی بود. در مورد دو عنصر دیگر



بین دو رقم اختلاف از لحاظ فاکتور انتقال وجود نداشت. فاکتور انتقال روی در دو رژیم رطوبتی (غرقاب دائم و اشباع متناوب) اختلاف معنی‌دار نداشت. با افزایش سطوح نیتروژن فاکتور انتقال روی ابتدا کاهش سپس افزایش یافت. به طوری که در سطح دوّم نیتروژن 12/1 درصد کاهش نسبت به شاهد و در سطح سوّم نیتروژن 5/2 درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش مشاهده شد. با افزایش سطوح فسفر فاکتور انتقال روی افزایش یافت. اگرچه افزایش فاکتور انتقال بر اثر مصرف فسفر به ویژه در سطح اول کند بود اما همین اختلاف اندک از نظر آماری معنی‌دار شد. این نتیجه نشان می‌دهد که در دو رقم برنج مورد مطالعه اگرچه فسفر مصرفی مقدار جذب روی بخش هوایی هر دو رقم را کاهش داد (جدول 4) اما نه تنها میزان انتقال به بخش هوایی را کاهش نداد بلکه اندکی آنرا نیز افزایش داد. روی انتقال یافته به بخش هوایی می‌تواند وارد دانه‌ها شده و از آن طریق وارد زنجیره غذایی انسان شود. البته در بیشتر منابع خلاف این یافته ما گزارش شده است (کامکار و همکاران 1389)، اما آنچه مسلم است این است که شواهد و دلایلی قطعی از اینکه فسفر مانع انتقال روی از ریشه‌ها به بخش هوایی می‌شود وجود ندارد. با وجود این گزارش شده که تحت برخی شرایط فسفر ممکن است روی را در ریشه از طریق تشکیل فیتات روی غیرمتحرک کند که به کرّار در گیاهان دچار کمبود روی مشاهده شده است (روبسون 1993). با توجه به جدول 4 مشاهده می‌شود که در تمامی اثرات اصلی مقدار عددی فاکتور انتقال روی کمتر از یک می‌باشد که بیانگر ذخیره روی در ریشه است. شکل 22 نشان می‌دهد که با افزایش سطوح نیتروژن در رژیم رطوبتی غرقاب دائم فاکتور انتقال روی ابتدا تغییر معنی‌دار نکرد و سپس افزایش یافت. در رژیم رطوبتی اشباع متناوب فاکتور انتقال روی با افزایش سطوح نیتروژن ابتدا کاهش و سپس افزایش یافت.

شکل 23 نشان می‌دهد که با افزایش سطوح فسفر در رژیم رطوبتی غرقاب دائم فاکتور انتقال روی افزایش یافت اما بین سطح دوّم و سوّم فسفر اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. در رژیم رطوبتی اشباع متناوب فاکتور انتقال روی با افزایش سطوح فسفر ثابت ماند. هالین و همکاران (2007) گزارش کردند که با مصرف کود نیتروژن غلظت عناصر کم مصرف مثل آهن، روی و منگنز در اندامهای هوایی گیاه برنج افزایش یافت. این نتایج نشان داد که توانایی نقل و انتقال عناصر کم مصرف از ریشه به بخش هوایی با مصرف کود نیتروژن افزایش می‌یابد. شکل 24 نشان می‌دهد که با افزایش سطوح فسفر

در تیمار شاهد نیتروژن فاکتور انتقال روی افزایش یافت اما بین سطح دوّم و سوّم اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. در سطح دوّم نیتروژن با افزایش سطوح فسفر فاکتور انتقال روی تغییر معنی‌دار نکرد. در سطح سوّم نیتروژن با افزایش سطوح فسفر فاکتور انتقال روی ابتدا کاهش و سپس تغییر معنی‌دار نکرد.

#### فاکتور انتقال آهن

مقایسه میانگین‌ها نشان داد (جدول 4) که بین دو رقم اختلاف معنی‌دار از نظر فاکتور انتقال آهن وجود نداشت. فاکتور انتقال آهن در رژیم رطوبتی اشباع متناوب بیشتر از غرقاب دائم بود و با افزایش سطوح نیتروژن فاکتور انتقال آهن افزایش یافت به طوری که در سطح دوّم نیتروژن 80 درصد نسبت به تیمار شاهد و در سطح سوّم 86/7 درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. با افزایش سطوح فسفر فاکتور انتقال آهن ابتدا کاهش و سپس افزایش یافت. با توجه به جدول 4 مشاهده می‌شود که در تمامی اثرات اصلی مقدار عددی فاکتور انتقال آهن کمتر از یک می‌باشد که بیانگر ذخیره آهن در ریشه است. البته بار دیگر باید متذکر شد که در این آزمایش بین آهن رسوب یافته بر سطوح خارجی ریشه و آهن راه یافته به درون ریشه تفکیک قائل نشده و لذا یکی از دلایل کوچک بودن اعداد فاکتور انتقال آهن (در حد صدم) شاید همین موضوع باشد. شکل 25 نشان می‌دهد که با افزایش سطوح نیتروژن از صفر به 150 میلی‌گرم در هر دو رژیم رطوبتی (غرقاب و اشباع متناوب) فاکتور انتقال آهن ابتدا افزایش سپس تغییر معنی‌دار نکرد. شکل 26 نشان می‌دهد که با افزایش سطوح فسفر در هر دو رژیم رطوبتی (غرقاب دائم و اشباع متناوب) فاکتور انتقال آهن ابتدا کاهش و سپس تغییر معنی‌دار نکرد. شکل 27 نشان می‌دهد که با افزایش سطوح فسفر در تیمار شاهد نیتروژن فاکتور انتقال آهن ابتدا تغییر معنی‌دار نکرد سپس از 0/045 به 0/035 کاهش یافت. در سطح دوّم و سوّم نیتروژن فاکتور انتقال آهن ابتدا کاهش یافت و سپس تغییر معنی‌دار نکرد. شکل 28 نشان می‌دهد که با افزایش سطوح نیتروژن در رقم هاشمی فاکتور انتقال آهن افزایش یافت. در رقم علی کاظمی با افزایش سطوح نیتروژن فاکتور انتقال آهن ابتدا افزایش یافت و سپس تغییر معنی‌دار نکرد.

#### فاکتور انتقال منگنز

مقایسه میانگین‌ها نشان داد (جدول 4) که بین دو رقم هاشمی و علی کاظمی و دو رژیم رطوبتی غرقاب دائم و اشباع متناوب اختلاف معنی‌دار در فاکتور انتقال منگنز مشاهده نشد. با افزایش سطوح نیتروژن فاکتور انتقال منگنز ابتدا کاهش و سپس افزایش یافت به طوری

سپس به حدود 2 کاهش یافت. در سطح سوّم نیتروژن با افزایش سطوح فسفر فاکتور انتقال منگنز ابتدا تغییر معنی-دار نکرد و سپس کاهش یافت.

### نتیجه گیری کلی

به طور کلی در شرایط این آزمایش گلخانه‌ای غلظت روی ریشه و آهن بخش هوایی در رقم هاشمی بیشتر از رقم علی کاظمی بود. همچنین غلظت آهن، روی و منگنز بخش هوایی و ریشه در رژیم رطوبتی غرقاب بیشتر از اشباع متناوب بود. با مصرف نیتروژن از منبع اوره غلظت آهن بخش هوایی افزایش یافت. اثر متقابل نیتروژن و فسفر بر غلظت، جذب و فاکتور انتقال عناصر آهن، روی و منگنز معنی‌دار بود. با مصرف نیتروژن غلظت روی بخش هوایی و ریشه ابتدا کاهش و سپس افزایش یافت. با افزایش فسفر در بخش هوایی و ریشه غلظت روی کاهش یافت. اثر متقابل فسفر و رژیم رطوبتی بر غلظت منگنز بخش هوایی، غلظت روی و آهن بخش هوایی و ریشه معنی‌دار بود. اثر متقابل نیتروژن و رقم بر غلظت روی، آهن و منگنز بخش هوایی و ریشه معنی‌دار بود. اثر متقابل نیتروژن و رژیم رطوبتی بر غلظت آهن بخش هوایی و ریشه، غلظت روی بخش هوایی و ریشه و غلظت منگنز ریشه معنی‌دار اما بر غلظت منگنز بخش هوایی غیر معنی-دار بود. اثر متقابل فسفر، نیتروژن و رژیم رطوبتی فقط بر غلظت روی ریشه معنی‌دار بود.

### تقدیر و تشکر

این مقاله از پایان نامه کارشناسی ارشد نویسنده اول مستخرج گردیده است لذا بدین وسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه تبریز به دلیل تأمین هزینه‌های لازم تشکر می‌گردد. بذور برنج از موسسه تحقیقات برنج تهیه شده بود که بدین وسیله از زحمات آقای دکتر دواتگر کمال تشکر را داریم.

که در سطح دوّم 20 درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش و در سطح سوّم 7/7 درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. با افزایش سطوح فسفر فاکتور انتقال منگنز ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت. با توجه به جدول 4 مشاهده می‌شود که بر خلاف آهن و روی مقدار عددی فاکتور انتقال منگنز در تمامی اثرات اصلی بیشتر از یک می‌باشد که نشان دهنده ذخیره منگنز در بخش هوایی برنج می‌باشد. شکل 29 نشان می‌دهد که با افزایش سطوح نیتروژن در هر دو رژیم رطوبتی فاکتور انتقال منگنز ابتدا کاهش و سپس افزایش یافت. شکل 30 نشان می‌دهد که با افزایش سطوح فسفر در هر دو رژیم رطوبتی فاکتور انتقال منگنز ابتدا کاهش و سپس افزایش یافت. شکل 31 نشان می‌دهد که با افزایش سطوح فسفر در تیمار شاهد نیتروژن فاکتور انتقال منگنز ابتدا تغییر معنی‌دار نکرد و سپس از 0/24 به 0/29 افزایش یافت. در سطح دوّم نیتروژن مصرفی با افزایش سطوح فسفر فاکتور انتقال منگنز ابتدا افزایش یافت و سپس تغییر معنی‌دار نکرد. در سطح سوّم نیتروژن با افزایش سطوح فسفر فاکتور انتقال منگنز ابتدا تغییر معنی‌دار نکرد و سپس از 2/5 به حدود 2 کاهش یافت. شکل 32 نشان می‌دهد که در رژیم رطوبتی غرقاب دائم با افزایش سطوح فسفر در تیمار شاهد نیتروژن فاکتور انتقال منگنز تغییر معنی‌دار نکرد. در سطح دوّم نیتروژن با افزایش سطوح فسفر فاکتور انتقال منگنز ابتدا تغییر معنی‌دار نکرد و سپس کاهش یافت. شکل 33 نشان می‌دهد که در رژیم رطوبتی اشباع متناوب با افزایش سطوح فسفر در تیمار شاهد نیتروژن فاکتور انتقال منگنز ابتدا تغییر معنی‌دار نکرد و سپس از 2 تا 3/1 افزایش یافت. در سطح دوّم نیتروژن با افزایش سطوح فسفر فاکتور انتقال منگنز ابتدا از 1/7 تا 2/3 افزایش یافت و

جدول 1- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

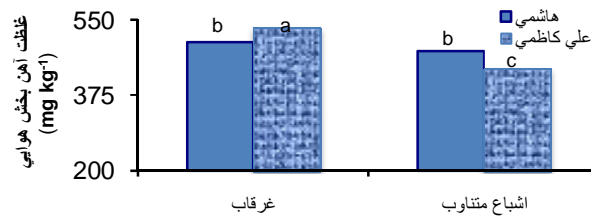
Zn	Cu	Mn	Fe	P	K	Na	EC	pH	N	OM	CC E	رس	شن	کلاس بافتی
0/52	2/2	7/	4	8/7	556	326	0/47	7	0/02	1/01	15/2	39	38/5	لوم رسی

سدیم و پتاسیم با عصاره‌گیر استات آمونیوم، فسفر با عصاره‌گیر بیکربنات سدیم و سایر عناصر با عصاره‌گیر DTPA تعیین شدند و واحد غلظت همه عناصر میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک می‌باشد. pH در نسبت 1:1 آب به خاک تعیین شد.

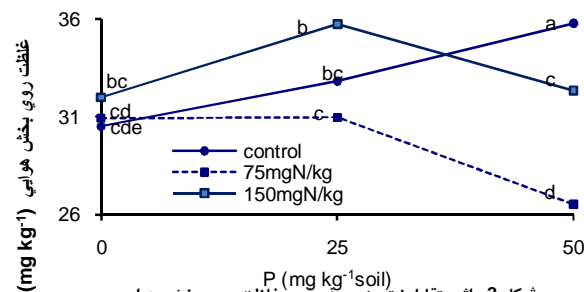
جدول 2- مقایسه میانگین‌های اثر اصلی رقم برنج، رژیم رطوبتی، نیتروژن و فسفر بر غلظت آهن، روی و منگنز بخش هوایی و ریشه برنج

غلظت آهن بخش هوایی	غلظت آهن ریشه	غلظت روی بخش هوایی	غلظت روی ریشه	غلظت منگنز بخش هوایی	غلظت منگنز ریشه	سطح	اثر اصلی
(mg kg <sup>-1</sup> )							
a487/41	a11037/03	a30/92	b52/72	a672/92	a278/72	هاشمی	رقم برنج
a482/82	a11424/30	a29/72	a55/68	a684/44	a279/46	علی کاظمی	
a514/09	a13678/64	a31/96	a56/58	a721/27	a292/40	غرقاب	
b456/15	b8782/69	b28/69	b51/81	b636/09	b265/78	اشباع متناوب	رژیم رطوبتی
c406/95	a12988/73	a32/30	a58/26	a761/17	a295/94	0	N (mg kg <sup>-1</sup> )
b510/87	c10032/07	c27/19	b52/90	c594/74	b288/31	75	
a537/53	b10671/18	b31/47	c51/44	b680/12	c253/03	150	
a579/69	c10841/66	a32/43	a60/61	a662/83	b280/12	0	P (mg kg <sup>-1</sup> )
c424/63	b11419/38	b30/01	b53/52	a675/72	c269/56	25	
b451/04	a11430/94	c28/52	c48/47	a697/49	a287/59	50	

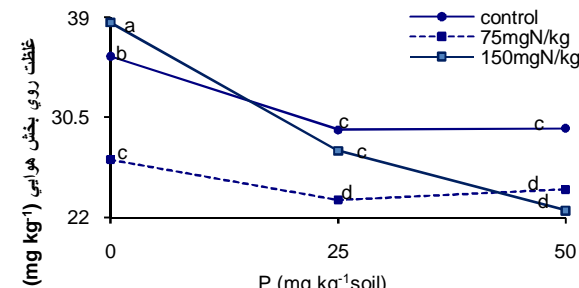
1. در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک، با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.



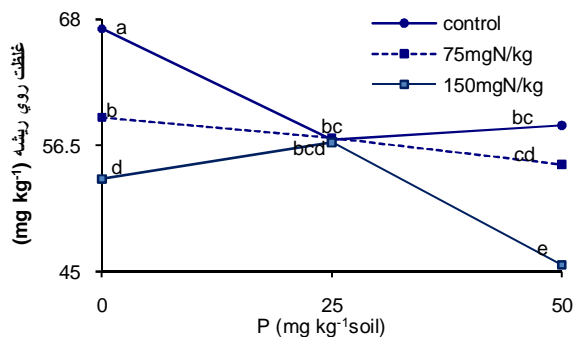
شکل 1- اثر متقابل رژیم رطوبتی و رقم بر غلظت آهن بخش هوایی



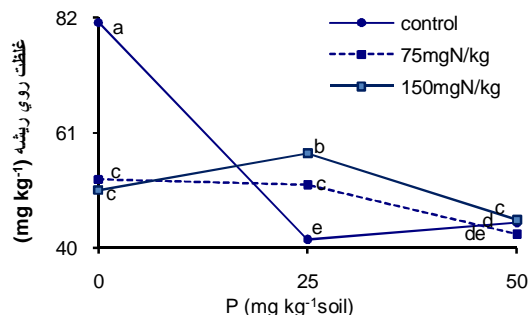
شکل 2- اثر متقابل نیتروژن و فسفر بر غلظت روی بخش هوایی در رژیم رطوبتی غرقاب دائم



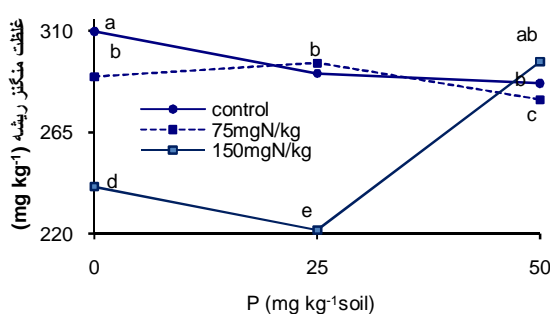
شکل 3- اثر متقابل نیتروژن و فسفر بر غلظت روی بخش هوایی در رژیم رطوبتی اشباع متناوب



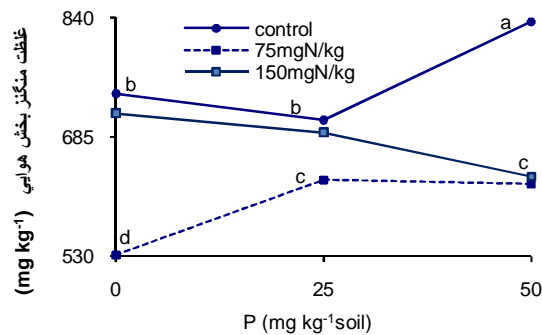
شکل 4 - اثر متقابل نیتروژن و فسفر بر غلظت روی ریشه در رژیم رطوبتی غرقاب دائم



شکل 5 - اثر متقابل نیتروژن و فسفر بر غلظت روی ریشه در رژیم رطوبتی اشباع متناوب



شکل 7 - اثر متقابل نیتروژن و فسفر بر غلظت منگنز ریشه



شکل 6 - اثر متقابل نیتروژن و فسفر بر غلظت منگنز بخش هوایی

جدول 3- مقایسه میانگین‌های اثر اصلی رقم برنج، رژیم رطوبتی، نیتروژن و فسفر بر مقدار آهن، روی و منگنز بخش هوایی و ریشه برنج

مقدار منگنز ریشه	مقدار منگنز بخش هوایی	مقدار روی ریشه	مقدار روی بخش هوایی	مقدار آهن ریشه	مقدار آهن بخش هوایی	سطوح	اثر اصلی
(mg pot <sup>-1</sup> )							
a49/2	b36/6	a46/0	a29/0	a76/99	a79/4	هاشمی	رقم برنج
a35	a96/6	a46/0	a30/0	a10/97	a27/5	علی کاظمی	
a69/2	a84/7	a51/0	a35/0	a58/128	a98/5	غرقاب	رژیم رطوبتی
b15/2	b43/5	b41/0	b24/0	b27/68	b08/4	اشباع متناوب	
c87/1	c54/5	c36/0	c23/0	b32/83	c97/2	0	N
b15/2	b28/6	b38/0	b29/0	c5/75	b64/5	75	
a24/3	a09/8	a63/0	a37/0	a42/136	a48/6	150	
c09/2	a12/7	a44/0	a34/0	c50/81	a56/6	0	(mg kg <sup>-1</sup> )

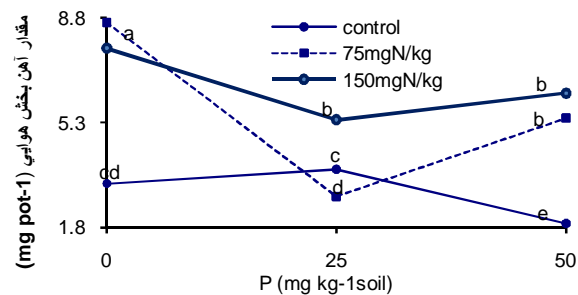
b23/2	a36/6	a46/0	b38/0	b89/101	c98/3	25	P
a94/2	a43/6	a48/0	c27/0	a89/111	b55/4	50	(mg kg <sup>-1</sup> )

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

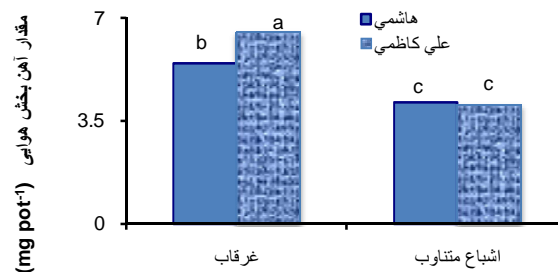
جدول 4- مقایسه میانگین‌های اثر اصلی رقم برنج، رژیم رطوبتی، نیتروژن و فسفر بر فاکتور انتقال روی، آهن و منگنز

فاکتور انتقال منگنز	فاکتور انتقال آهن	فاکتور انتقال روی	سطوح	اثر اصلی
a46/2	a04/0	a60/0	هائیمی	رقم برنج
a53/2	a04/0	b53/0	علی کاظمی	
a54/2	b03/0	a57/0	غرقاب	رژیم رطوبتی
a44/2	a05/0	a57/0	اشباح متناوب	
b60/2	c03/0	b58/0	0	N (mg kg <sup>-1</sup> )
c08/2	b054/0	c51/0	75	
a80/2	a056/0	a61/0	150	
c40/2	a05/0	c55/0	0	P (mg/kg)
a62/2	c041/0	b56/0	25	
b46/2	b042/0	a59/0	50	

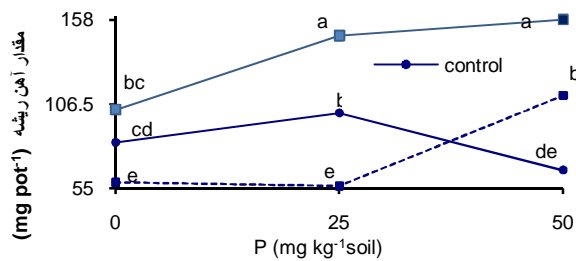
در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک، با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.



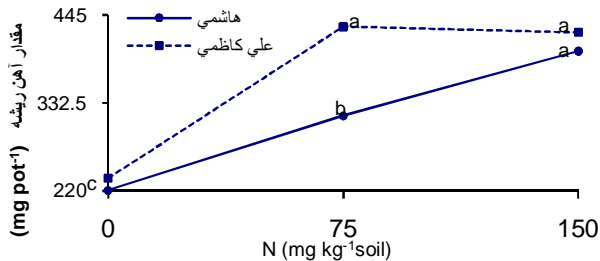
شکل 8- اثر متقابل نیتروژن و فسفر بر مقدار آهن بخش هوایی



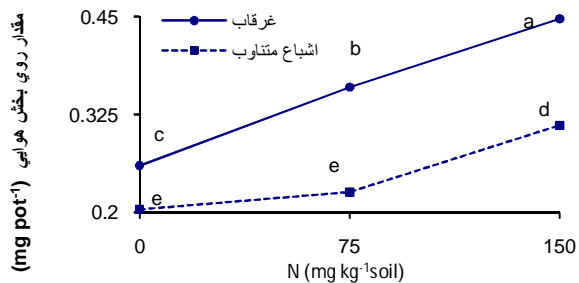
شکل 9- اثر متقابل رژیم رطوبتی و رقم بر مقدار آهن بخش هوایی



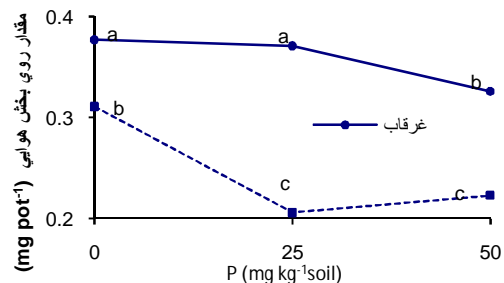
شکل 10- اثر متقابل نیتروژن و فسفر بر مقدار آهن ریشه



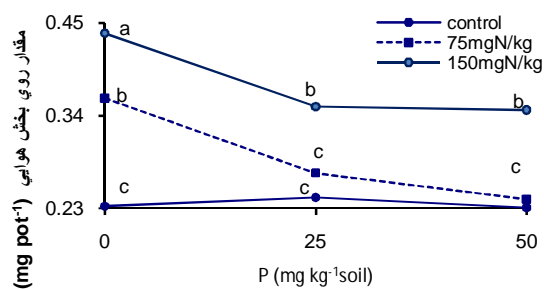
شکل 11- اثر متقابل نیتروژن و رقم بر مقدار آهن ریشه



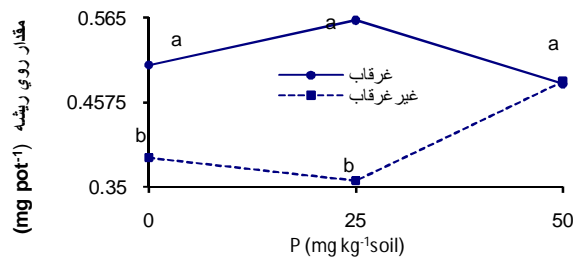
شکل 12- اثر متقابل نیتروژن و رژیم رطوبتی بر مقدار روی بخش هوایی



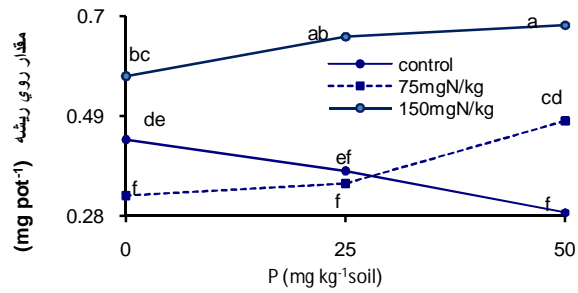
شکل 13- اثر متقابل رژیم رطوبتی و فسفر بر مقدار روی بخش هوایی



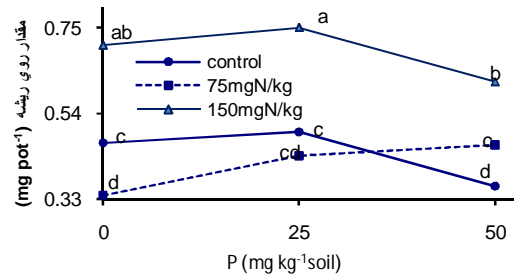
شکل 14- اثر متقابل نیتروژن و فسفر بر مقدار روی بخش هوایی



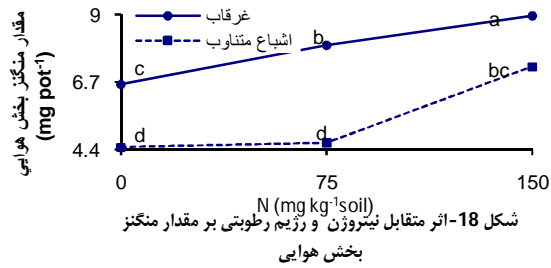
شکل 15- اثر متقابل فسفر و رژیم رطوبتی بر مقدار روی ریشه



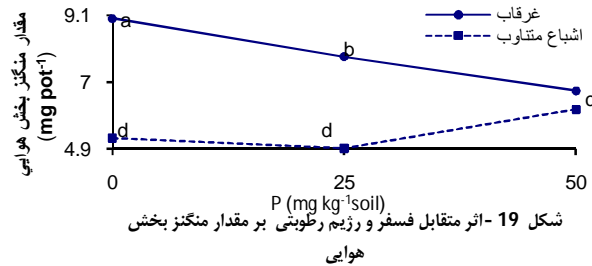
شکل 16- اثر متقابل نیتروژن و فسفر بر مقدار روی ریشه



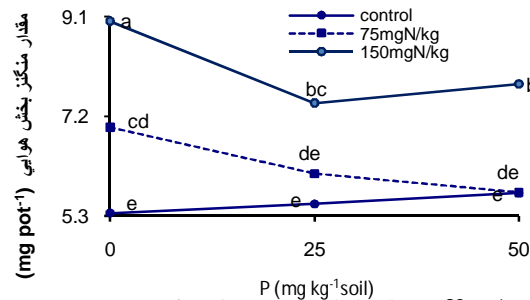
شکل 17- اثر متقابل فسفر و نیتروژن بر مقدار روی ریشه در رژیم رطوبتی غرقاب دائم



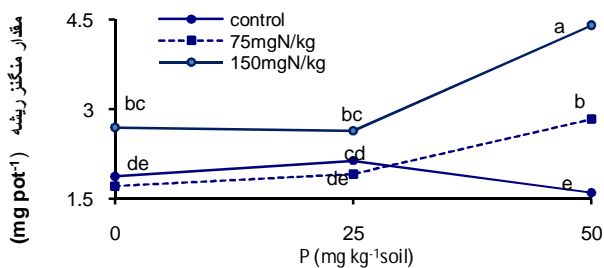
شکل 18- اثر متقابل نیتروژن و رژیم رطوبتی بر مقدار منگنز هوایی



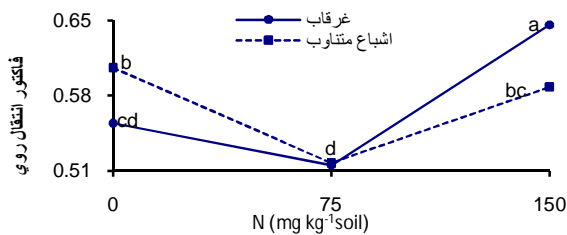
شکل 19- اثر متقابل فسفر و رژیم رطوبتی بر مقدار منگنز بخش هوایی



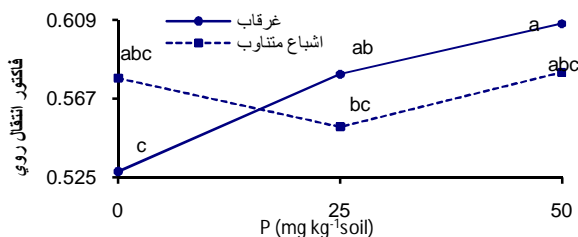
شکل 20- اثر متقابل فسفر و نیتروژن بر مقدار منگنز بخش هوایی



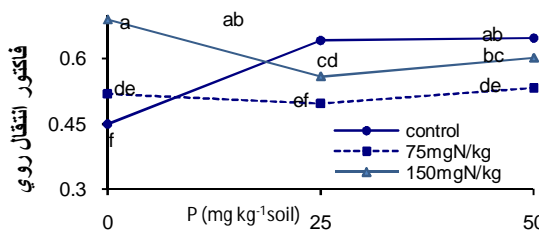
شکل 21- اثر متقابل فسفر و نیتروژن بر مقدار منگنز ریشه



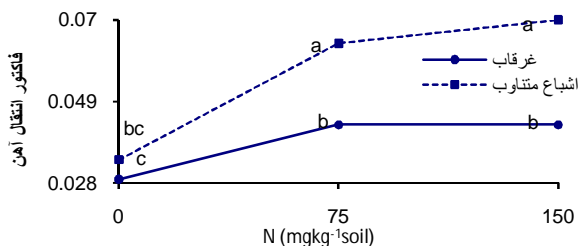
شکل 22- اثر متقابل نیتروژن و رژیم رطوبتی بر فاکتور انتقال روی



شکل 23- اثر متقابل فسفر و رژیم رطوبتی بر فاکتور انتقال روی

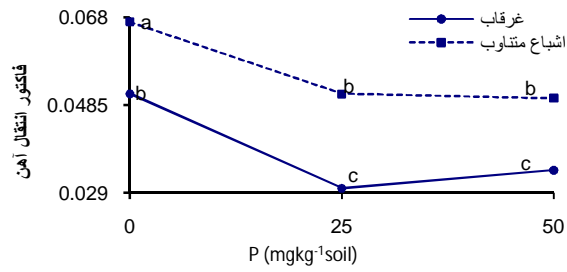


شکل 24- اثر متقابل نیتروژن و فسفر بر فاکتور انتقال روی

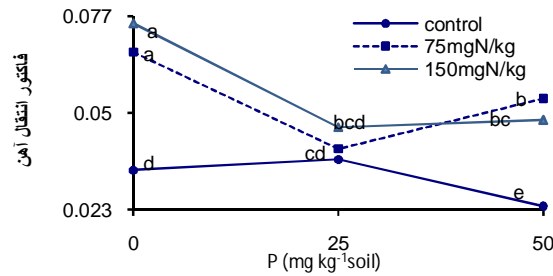


شکل 25- اثر متقابل نیتروژن و رژیم رطوبتی بر فاکتور انتقال آهن

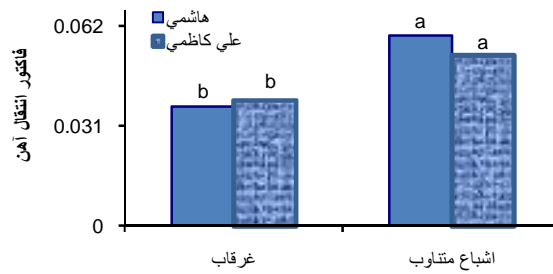




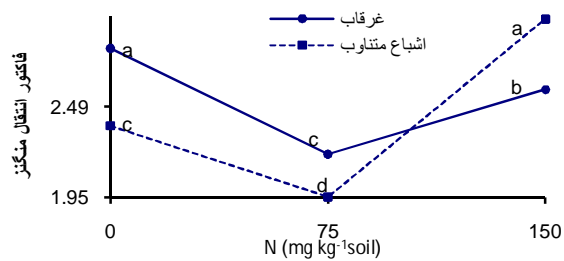
شکل 26- اثر متقابل فسفر و رژیم رطوبتی بر فاکتور انتقال آهن



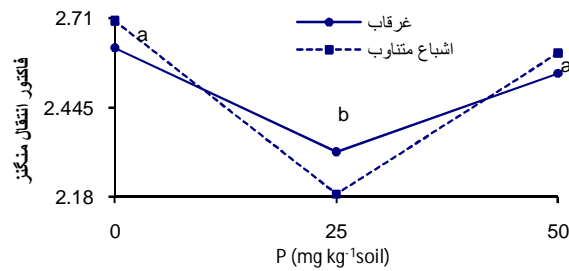
شکل 27- اثر متقابل نیتروژن و فسفر بر فاکتور انتقال آهن



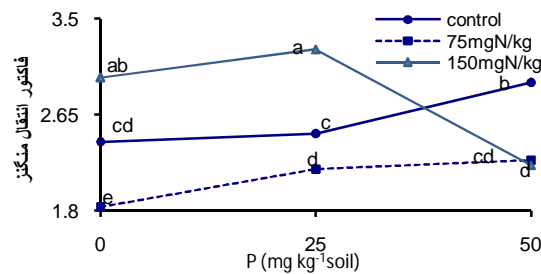
شکل 28- اثر متقابل رژیم رطوبتی و رقم بر فاکتور انتقال آهن



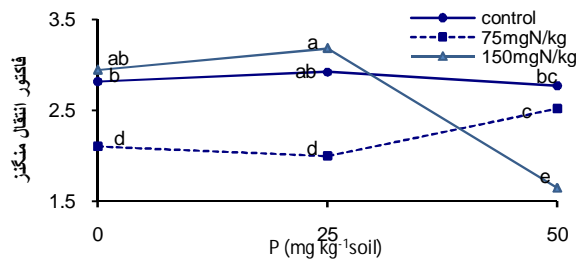
شکل 29- اثر متقابل نیتروژن و رژیم رطوبتی بر فاکتور انتقال منگنز



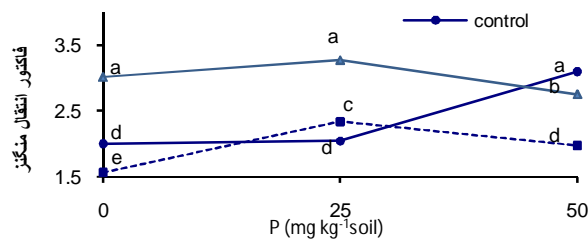
شکل 30- اثر متقابل فسفر و رژیم رطوبتی بر فاکتور انتقال منگنز



شکل 31- اثر متقابل نیتروژن و فسفر بر فاکتور انتقال منگنز



شکل 32- اثر متقابل نیتروژن و فسفر در رژیم رطوبتی غرقاب بر فاکتور انتقال منگنز



شکل 33- اثر متقابل نیتروژن و فسفر در رژیم رطوبتی اشباع متناوب بر فاکتور انتقال منگنز

## فهرست منابع:

- اسدی، م.ا. و شاهین رخسار احمدی، پ. 1385. معرفی روش جدید آبیاری برنج در کشور چین. مجموعه مقالات دوازدهمین همایش ملی برنج کشور، جلد دوم، صفحات 63-71، 4-5 دیماه، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران.
- بری ابرقویی، ح.، بذاق جمالی، ج.، و توکلی، م. 1382. کاربرد برخی از شاخص‌های آماری هواشناسی جهت ارزیابی شدت خشکسالی در مقیاس کشوری (بین استان‌ها). فصلنامه تحقیقات جغرافیایی شماره 69، مقاله شماره 572، صفحات 86-106
- کامکار ب. صفاهانی لنگرودی ع. و محمدی، ر. 1390. کاربرد مواد معدنی در تغذیه گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

4. ملکوتی م.ج. و کاوسی م. 1383. تغذیه متعادل گیاه برنج (تالیف). انتشارات سنا. تهران - ایران
5. نجفی، ن. و توفیقی، ح. 1389. تأثیر کود فسفر بر رشد گیاه برنج، جذب فسفر و برخی عناصر در خاک‌های شالیزاری شمال ایران در شرایط گلخانه‌ای. مجموعه مقالات یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، دوم تا چهارم مرداد ماه 1389. صفحات 3807 تا 3810. دانشگاه شهید بهشتی، پژوهشکده علوم محیطی. تهران، ایران
6. نجفی، ن. 1378. بررسی تغییرات الکتروشیمیایی در خاک‌های شالیزاری شمال ایران و اثرات آن بر اشکال مختلف روی خاک. پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، تهران، ایران.
7. Barbosa, M.P., and Yamada, T. 2002. Upland Rice Production in Brazil. Better Crops International. 16:43-46.
8. Brady, N.C. 1990. The Nature and Properties of Soils. Macmillan Publishing Company, Inc.
9. De Detta, S.K, Moomaw, J.C., Racho, V.V., and Simsiman, G.V., 1966. Phosphorus supplying capacity of lowland rice soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 30:613-617.
10. De Detta, S.K. 1981. Principles and Practices of Rice Production. New York. Wiley Publishing Company, Inc..
11. Duffy, B. 2007. Zinc and plant disease. In: Mineral Nutrition and Plant Disease, Datnoff, H.E., Elmer, W.H., and Huber, D.M., Ed., 155-175. St. Paul, MN: The American Phytopathological Society.
12. Elliott, G.C. and Lauchli, A. 1985. Phosphorus efficiency and phosphate- iron interaction in maize. Agron. J. 77: 339-403.
13. Fageria, N.K. 2001. Nutrient management for improving upland rice productivity and sustainability. Soil Science and Plant Analysis. 32 (15 & 16): 2603 -2629.
14. Fageria, N.K., Baligar, V.C., and Jones, C.A. 1997. Growth and Mineral Nutrition of Field Crops, 2<sup>nd</sup> edition, New York, Marcel Dekker.
15. Fageria, N.K., Zimmermann, F.J.P. and Baligar, V.C. 1995. Lime and phosphorus interactions on growth and nutrient uptake by upland rice, wheat, common bean, and corn in Oxisol. J. Plant Nutr. 18:192019-1928.
16. Fageria, N.K. 1984. Fertilization and Mineral Nutrition of Rice. EMBRAPA/CNPAF, Goiania, Editora Campus, Rio de Janeiro, Brazil.
17. Fageria, N.K. 2002. Nutrient management for sustainable dry bean production in the tropics. J. Plant Nutr. 22:1819-1829.
18. Fose, D., Claassen, N. and Jungk, A. 1988. Phosphorus efficiency of plants. I. External and internal P requirement and P uptake efficiency of different plant species. Plant Soil, 110: 101-109.
19. Graham, R. D. 1988. Genotype differences in tolerance to manganese deficiency. In: manganese in Soil and plants, eds., Graham, R.D., Hannam, R.J., and Uren, N.C., 261-276. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
20. Havlin, J.L., Beaton, J.D., Tisdale, S.L. and Nelson, W.L. 1999. Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management. Sixth Edition, Prentice Hall, New Jersey, USA.
21. He, Y., Shen, Q., Shen, H., Kong, H., Xiong, Y. and Wang, X. 2004. Effect of soil moisture content and phosphorus application on phosphorus nutrition of rice cultivated in different water regime systems. J. Plant. Nutrition. 27(12):2259-2272.
22. Hulin, H., You-Zhang, W., Xiao-e, Y., Ying, F., 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 Science, 2007, 14(4) 289-294.
23. Jones, B. Jr. 2001. Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis. CRC Press, USA.

24. Jones, J.B., JR.1991. Plant tissue analysis in micronutrients. In: Micronutrient in agriculture, 2<sup>nd</sup> edition, Mortvedt, J.J., Cox, F.R., Shuman, L.M., and Welch, R.L.Eds., 477-521. Madison. WI:SSSA.
25. Karimian, N. and yasrebi, J.1995. Prediction of residual effects of zinc sulfate on growth and zinc uptake of corn plants, using three- zinc soil tests.Comm.Soil Sci.Plant Snal.26: 227-287.
26. Khan, A.A. and Zende, G.k.1977. The site for Zn-P interaction in plants.Plant and Soil.46:259-262.
27. Klute, A. 1986. Methods of Soil Analysis. Part 1-Physical and mineralogical methods. 2<sup>nd</sup> edition, ASA, SSSA, Madison .WI .USA.
28. Lindsay, W.L. and Norvell, W.A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. Soil Sci. Soc. Am. J. 42: 421-428.
29. Mandal, L.N., and Mitra, R.R.1982.Transformation of iron and manganese in rice soils under different moisture regimes and organic matter applications. Plant Soil,69:45-56.
30. Marschner,H. 2003. Mineral nutrition of higher plants, Academic Press ,USA.
31. Marschner,H.1995.Mineral nutrition of higher plants.Elsevier Sicienc Ltd.
32. Mclean, E.O. 1982. Soil pH and lime requirement. P. 199-224. In: A.L., Page et al. (eds.) Methods of Soil Analysis. Part II. 2<sup>nd</sup> ed. ASA, SSSA, Madison, WI. USA.
33. Morgan, J.T. and Mascagni Jr, H.J.1991.Environment Deficiencies.Pp.371-425.In: J.J. Mortvedt, F.R. Cox, L.M. Shuman and R.M. Welch(eds).Micronutrient in Agriculture. Soil Sci. Soc. Am. Inc. Madisson,WI.
34. Najafi, N., and Towfighi, H., 2006. Changes in available phosphorus and inorganic phosphorus fractionation after waterlogging in paddy soils of north of Iran. The 10<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress.26-28 Agust, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
35. Nelson, D.W. and Sommers, L.E. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. P. 539-579. In: A. L. Page et al. (eds). Methods of Soil Analysis. Part II. 2<sup>nd</sup> ed. ASA, SSSA, Madison, WI. USA.
36. Okada, K., and Wissuwa, M. 2005 . Soil acidity and related problems in upland rice in tropics. Technology and Engineering. P. 454-456. In : Toriyama , K, K.L. Heong, and B. Hardy (eds.). Rice is life : Scientific perspectives for the 21<sup>st</sup> century. Proceeding of World Rice Research Conference, Tsukuba, Japan.
37. Olsen, S.R. and Sommers, L.E. 1982. Phosphorus. Pp. 403-430. In: Page et al. (eds) Methods of soil Analysis. Part II. 2ed. ASA, SSSA, Madison .WI .USA
38. Patrick, W.H., Jr., and Jugsujinda.1992. Sequential reduction and oxidation of organic nitrogen, manganese, and iron in flooded soil. Soil Sci. Soc. Am. J.56:1071-1073.
39. Randall, G.W., Schulte, E.E., and Corey, R.B.1975. Soil Mn availability to soybeans as affected by mono and diammonium phosphate. Agron. J.67:705-709.
40. Rengel, Z.1999. Physiological mechanisms underlying differential nutrient efficiency of crop genotypes. In: Mineral nutrition of crops: Fundamental mechanics and implications, ed., Rengel, Z., 227-265.New York: The Haworth Press.
41. Richards, L.A. 1969. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. US Salinity Laboratory Staff. Agricultural handbook. No.60.USDA.USA.
42. Robson, A.D.1993. Zinc in Soils and Plants.Kluwer Academic Publishel.
43. Ronaghi,A., Chakerolhosseini, M.R. and Karimian, N.,2002. Growth and chemical composition of corn as affected by phosphorus and iron. J. Sci.& Tech.Agric.&Natur.Resour.6(2):53-66
44. Saha, J.K., Hazra, G.C. and Mandal, B. 1992.Changes in DTPA extractable Fe, Zn and Cu in Alfisol on submergence. J. Indian Soc. Soil Sci. 40:187-189.

45. Sahrawat, K.I.2004. Iron toxicity in wetland rice and its role of other nutrients. J. Plant Nutrient. 27:1471-1504.
46. Tandon, H. 1995. Micronutrients in Soils, Crop and Fertilizer. A source book-Cum-directory. Fertilizer Development and Consultation organization, New Delhi.
47. 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.