نشریه دانش آب و خاک / جلد23 شماره4 صفحه‌های 189 تا 202/ سال 1392

اثر فسفر و بازدارنده نیترات‌سازی 3 و 4 دی متیل پیرازول فسفات بر ویژگی‌های کمی و کیفی گندم

فریبا احسان‌پور*[1]، شهرام کیانی[2] و علیرضا حسین‌پور[3]

تاریخ دریافت: 91/07/15 تاریخ پذیرش: 91/12/20

[1]- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

[2و3]- به ترتیب استادیار و استاد گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: Ehsanpour_m@yahoo.com

چکیده

برای بررسی اثر کاربرد فسفر و بازدارنده نیترات‌سازی 3 و 4 دی متیل پیرازول فسفات (DMPP) بر ویژگی‌های کمی و کیفی گندم بهاره (*Triticum aestivum* L.) رقم پیشتاز در سال 1389 آزمایشی به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با دو عامل نوع کود نیتروژن در پنج سطح 1- شاهد، 2 و 3- کود سولفات آمونیوم با و بدون DMPP و 4 و 5- کود سولفات نیترات آمونیوم با و بدون DMPP و سطوح مختلف فسفر در چهار سطح صفر، 30، 60 و 90 میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک با سه تکرار در خاکی با فسفر قابل‌جذب کم (Olsen-P ≤ 5 mg/kg) در دانشگاه شهرکرد اجرا گردید. میزان نیتروژن مصرفی در تمامی تیمارها ثابت و برابر 100 میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. نتایج نشان داد که کاربرد DMPP همراه با کود سولفات نیترات آمونیوم در سطوح فسفر 60 و 90 میلی‌گرم در کیلوگرم منجر به افزایش معنی‌دار ($p\leq0.05$) تعداد کل دانه در هر گلدان و وزن هزار دانه گندم و در همه سطوح فسفر منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه گندم در مقایسه با مصرف این کود بدون بازدارنده DMPP شد. بر اساس نتایج بدست آمده کاربرد بازدارنده نیترات‌سازی DMPP به خصوص همراه با کود سولفات نیترات آمونیوم منجر به افزایش معنی‌دار درصد پروتئین و غلظت روی در دانه گندم و کاهش نسبت مولاری اسید فیتیک به روی دانه شد. همچنین افزایش فسفر کاربردی، منجر به افزایش معنی‌دار ($p\leq0.05$) عملکرد بیولوژیک و درصد پروتئین دانه گندم شد. بر اساس نتایج این پژوهش کاربرد بازدارنده نیترات‌سازی DMPP به همراه کود سولفات نیترات آمونیوم برای افزایش عملکرد کمی و کیفی در گندم قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: بازدارنده نیترات‌سازی، فسفر، گندم، نیتروژن

Effects of Phosphorus and Nitrification Inhibitor of 3,4 Dimethylpyrazole Phosphate (DMPP) on the Quantitative and Qualitative Characteristics of Wheat

F Ehsanpur[1*], SH Kiani[2] and AR Hosseinpur[3]

Received: 6 October 2012 Accepted: 10 March 2012
[1-]Former M.Sc Student, Dept. of Soil Sci., College of Agric., Shahrekord Univ., Iran
[2,3 -]Respectively, Assist. Prof., and Prof. of Soil Sci. Dept., College of Agric., Shahrekord Univ., Iran
[*] Corresponding Author Email: Ehsanpour_m@yahoo.com

Abstracrt

For evaluation of the effects of phosphorus (P) and nitrification inhibitor (NI) of 3,4 Dimethylpyrazole Phosphate (DMPP) application on the quantitative and qualitative characteristics of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cv. Pishtaz during 2010, a factorial experiment in randomized complete blocks design, with two factors of type of nitrogen fertilizer at five levels (1- control, 2 and 3- ammonium sulfate fertilizer (ASF) with and without nitrification inhibitor of DMPP, 4 and 5- ammonium sulphate nitrate fertilizer (ASNF) with and without nitrification inhibitor of DMPP) and four levels of P (0, 30, 60 and 90 mg P/kg soil) with three replicates in soil with low available P (Olsen-P $\leq$ 5 mg/kg soil), was carried out at Shahrekord University. The amount of nitrogen application in all treatments was equal to 100 mg/kg soil. The results indicated that application of NI DMPP with ASNF at the levels of 60 and 90 mg P/kg soil led to significant increase ($p\leq0.05$) of grain total number per pot and thousand-grain weight as well as significant increase in biological and grain yield of wheat at the levels of 30, 60 and 90 mg P/kg soil in comparison to ASNF but without NI. According to the results, application of NI DMPP with ASNF led to significant increase in wheat grain protein and zinc concentrations and decrease in molar ratio of phytic acid to zinc (PA/Zn) of grain. Also the increased application of P led to significant increase ($p\leq0.05$) of biological yield and grain protein concentration. According to the results, the use of nitrification inhibitor DMPP with ASNF is recommendable to improve quantity and quality of yield in wheat.

Keywords: Nitrification inhibitor, Nitrogen, Phosphorus, Wheat

مقدمه

فسفر پس از نیتروژن یکی از عناصر غذایی پر مصرف گیاهان و ریزجانداران می‌باشد و مهمترین نقش آن در فرآیند تولید و انتقال انرژی است. فسفر همچنین در فرایندهای زایشی و رویشی دانه دارای اهمیت زیادی است (مارشنر 1995). شکل‌های مختلف فسفر در خاک به وسیله‌ی ویژگی‌های مختلفی از جمله pH، مقدار ماده آلی، نوع ذرات خاک و سطح آنها کنترل می‌شود

(لوپز- بوسیو و همکاران 2000). رفتار خاص فسفر چه در خاک‌های اسیدی و چه در خاک‌های قلیایی (آهکی) کاربرد هرساله این عنصر را از طریق استفاده ازکودهای شیمیایی برای دستیابی به عملکرد مطلوب ضروری ساخته است. با این وجود به دلیل پیچیدگی شیمی فسفر در خاک، تنها حدود 20 درصد از کل فسفر مصرفی در سال اول پس از کاربرد کود بوسیله محصول برداشت شده و 80 درصد باقیمانده به صورت شکل‌های غیر قابل استفاده در خاک تثبیت می‌شود (گراتز و گورنت 2002). به‌طوری که تحقیقات نشان می‌دهد قابلیت استفاده‌ی فسفر برای گیاه در خاک‌های اسیدی به دلیل واکنش این عنصر با آهن و آلومینیم و همچنین رس‌های سیلیکاتی کاهش می‌یابد و در خاک‌های آهکی، محلول کودی اسیدی باعث حل شدن کلسیم می‌گردد و بیشتر کود فسفر اضافه شده به صورت دی کلسیم فسفات و دی کلسیم فسفات دی هیدرات رسوب می‌کند و از دسترس گیاه خارج می‌شود (ملکوتی و ریاضی همدانی 1370، حسین پور 1387). در این میان تجمع زیاد فسفر در خاک به دلیل اثرات متقابل آن با دیگر عناصر غذایی به خصوص عناصر کم مصرف منجر به کاهش عملکرد و درصد پروتئین غلات می‌شود و از طرف دیگر انتقال ذرات خاک حاوی فسفر به دریاچه‌ها و آبهای سطحی پدیده غنی‌شدن[1] را تشدید می‌کند (ملکوتی و همکاران 1387).

راهکارهای مختلفی توسط گیاهان برای افزایش کارایی مصرف کودهای فسفری در سامانه‌های خاک- گیاه به کار برده شده است. این راهکارها در سه گروه کلی الف) ترشح ترکیبات شیمیایی توسط ریشه به رایزوسفر، ب) ساختار ریشه و ج) همیاری ریشه با ریزجانداران تقسیم شده‌اند (بارکر و پیلبیم 2007). در این میان نوع عناصر غذایی عرضه شده به سطح ریشه نیز دارای اهمیت زیادی است به‌طوری که منبع نیتروژن (نیترات یا آمونیوم) تأثیر زیادی بر ترکیبات شیمیایی ترشح شده از ریشه و pH رایزوسفر دارد. با جذب آمونیوم، ریشه برای موازنه بار پروتون آزاد می‌کند اما با جذب نیترات، ریشه برای موازنه بار یون‌های OH^- و یا HCO_3^- آزاد می‌کند (مارشنر 1995). بنابراین تغذیه آمونیومی با ترشح پروتون منجر به اسیدی شدن رایزوسفر شده و می‌تواند منجر به افزایش فراهمی فسفر برای گیاه شود (سالاردینی 1387). در سال‌های اخیر، توجه به تغذیه‌ی گیاهان از آمونیوم در مقایسه با نیترات افزایش یافته است زیرا آمونیوم بر خلاف نیترات، برای شرکت در پروتئین‌سازی نیازی به احیاء که مستلزم صرف انرژی توسط گیاه است، ندارد. گزارش شده است در مقایسه با نیترات یا آمونیوم به تنهایی، آمیخته‌ای از آمونیوم و نیترات به‌طور معنی‌داری عملکرد را در بسیاری از محصولات افزایش داده است (مارشنر 1995).

افزایش هزینه‌های تولید در کشاورزی و افزایش عواقب زیست محیطی ناشی از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی فسفر در سال‌های اخیر، سبب شده است که شیوه‌های متعددی برای بهبود کارایی مصرف فسفر توسط دانشمندان و بهره برداران کشاورزی بررسی گردد. یکی از این شیوه‌ها تغییر موضعی در خصوصیات شیمیایی خاک برای افزایش فراهمی فسفر به خصوص در خاک‌های آهکی است (راقوتاما 1999، ارتگا و همکاران 2006). راهکارهایی که در مورد افزایش فراهمی فسفر با استفاده از روش فوق در خاک‌های آهکی صورت گرفته است به دو گروه تقسیم می‌شوند. در گروه اول با استفاده از مواد اسیدزا نظیر گوگرد و باکتریهای تیوباسیلوس که فعالیت آنها با تولید مواد اسیدی همراه است قابلیت استفاده فسفر برای گیاه افزایش داده می‌شود. اما در تحقیقات گروه دوم سعی شده است با استفاده از ارقام گیاهی که توانایی بالایی در ترشح اسیدهای آلی در رایزوسفر ریشه دارند (مارشنر 1995) و یا استفاده از یون‌های غذایی نظیر

[1] Eutrophication

آمونیوم که ریشه را مجبور به ترشح پروتون و اسیدی کردن رایزوسفر می‌کند (رحمت الـه و همکـاران 2006)، قابلیت استفاده فسفر موجود در خاک برای گیاه افزایش داده شود. امروزه مصرف کودهای نیتروژن بـا قابلیـت رهاسازی کند نیتروژن برای افـزایش بازیـابی کودهـای نیتروژن، بسیار مطلوب و ایده‌آل می‌باشـد. بـا مصـرف این کودها علاوه برطـرف شـدن مشـکل وقـت و هزینـه تقسیط، درصورت رسیدن کود به بذور بـه آنهـا صـدمه نمـی‌رسـد. بازدارنـده‌هـای نیتـرات‌سـازی بـا کودهـای نیتروژن پایه آمونیاکی به کـار بـرده مـی‌شـوند و قـادر هستند فرآیند اکسـایش زیسـتی آمونیـوم بـه نیتریـت را بدون تـأثیر بـر اکسـایش نیتریـت بـه نیتـرات، بواسـطه کاهش فعالیت باکتری نیتروزوموناس بسته بـه شـرایط، حدود یک ماه بـه تـأخیر بیاندازنـد (ویسـک و همکـاران 2001). از جملـه بازدارنـده‌هـای معـروف مـی‌تـوان بـه ترکیباتی از قبیل نیتراپیرین، دی سـیانو دی آمیـد و 3 و 4-دی متیـل پیـرازول فسـفات (3,4-dimethylpyrazole phosphate, DMPP) اشاره کرد. اگرچـه هـدف اصـلی از تولید و مصرف بازدارنـده‌هـای نیتـرات‌سـازی افـزایش کارایی مصرف کودهای نیتروژنی بوده است اما کاربرد این گونه مواد به دلیل تأثیر بر نوع تغذیه نیتـروژن گیـاه مـی‌توانـد دارای اثـرات غیرمسـتقیم دیگـری نیـز باشـد. مصرف بازدارنده‌های نیترات‌سازی عـلاوه بـر افـزایش عملکرد، کاهش تلفات آبشویی نیترات و افـزایش کـارایی مصرف کودهای نیتروژنی می‌تواند احتمالاً با کاهش pH رایزوسـفر بـه دلیـل ترشـح پروتـون در نتیجـه جـذب آمونیوم منجـر بـه افـزایش حلالیـت فسـفر و در نتیجـه افـزایش جـذب کودهـای فسـفری و بـالا رفـتن درصـد پروتئین غلات شود. در تحقیقات رحمت الـه و همکـاران (2006) مشخص شد کاربرد توام سـنگ فسـفات و کـود سـولفات نیتـرات آمونیـوم بـه همـراه بازدارنـده نیترات‌سـازی DMPP منجـر بـه افـزایش معنـی‌دار وزن خشک ساقه و ریشه ذرت و افـزایش جـذب فسـفر شـد. این اثر به اسیدی شدن خاک در نتیجـه فراینـد نیتـرات-سازی و بهبود حلالیت سنگ فسفات نسبت داده شد. بـا توجه به آهکی بودن اکثر خاک‌های زیر کشـت گنـدم در ایـران و خطـر تثبیـت فسـفر در آنهـا و از طـرف دیگـر محدودیت منابع غیر تجدید شونده مورد اسـتفاده بـرای ساخت کودهای فسـفری، تحقیـق حاضـر تـأثیر سـطوح مختلف فسفر و بازدارنده نیترات‌سـازی 3 و 4 دی متیـل پیرازول فسفات را بر برخی ویژگـی‌هـای کمـی و کیفـی گندم مورد بررسی قرار می‌دهد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به صورت یک آزمـایش فاکتوریـل در قالب طرح بلوکهای کامل تصـادفی دراوایـل بهـار سـال 1389 با دو عامل نوع کـود نیتـروژن و سـطوح مختلـف فسـفر در سـه تکـرار بـر روی گنـدم بهـاره (*Triticum aestivum* L.) رقم پیشتاز انجام شد. نـوع کـود نیتـروژن شامل پنج سطح (1) شـاهد، (2) کـود سـولفات آمونیـوم (حـاوی 21 درصـد نیتـروژن بـه شـکل آمونیـوم) بـا بازدارنده نیترات‌سازی3 و 4 دی متیل پیـرازول فسـفات (DMPP) (به میـزان 0/8 درصـد وزنـی)، (تهیـه شـده از شرکت بازارگان کالا)، (3) کود سولفات آمونیـوم بـدون بازدارنـده نیتـرات‌سـازی، (4) کـود سـولفات نیتـرات آمونیوم (حاوی 24 درصـد نیتـروژن: 20/8 درصـد بـه شـکل آمونیـوم و 3/2 درصـد بـه شـکل نیتـرات) بـا بازدارنده نیترات‌سـازی DMPP (بـه میـزان 0/8 درصـد وزنـی) و (5) کـود سـولفات نیتـرات آمونیـوم بـدون بازدارنده نیترات‌سازی و سطوح فسفر نیز شامل صـفر، 30، 60 و 90 میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک بود کـه از منبع مونوکلسیم فسفات ($Ca(H_2PO_4)_2$) تأمین شد. میزان 0/8 درصد بازدارنده در کود حاوی بازدارنـده نیتـرات-سازی توسط خود شرکت سازنده به کود اضـافه شـده است و فرمولاسیون این کود در اختیار شرکت سـازنده قـرار دارد. ازتـرک و همکـاران (2005) و گـانس و همکـاران (2006) در تحقیقـات خـود در کشـور ترکیـه عنوان کردند کـاربرد 84 میلـی‌گـرم فسـفر بـر کیلـوگرم

خاک می‌تواند نیاز گندم را به فسفر در آزمایش‌های گلدانی تأمین کند و با توجه به اینکه در این آزمایش گیاه مورد بررسی نباید با تنش کمبود این عنصر مواجه شود لذا بر اساس تحقیقات، بالاترین سطح فسفر به میزان 90 میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک به‌عنوان سطح کفایت در نظر گرفته شد. میزان نیتروژن مصرفی در تمام تیمارهای آزمایشی به استثنای شاهد، ثابت و برابر 100 میلی‌گرم نیتروژن بر کیلوگرم خاک بود که از منابع ذکر شده و در دو تقسیط (به هنگام کاشت و به هنگام سنبله رفتن) مصرف شد. آزمایش‌های گلدانی انجام گرفته بر روی گندم (سپهر و همکاران 2009) نشان داده است کاربرد 100 میلی گرم بر کیلوگرم نیتروژن توانسته نیاز این گیاه را به نیتروژن تأمین کند. در این مرحله برای حذف تأثیر عناصر غذایی (به‌جز نیتروژن و فسفر) بر میزان رشد و عملکرد، سایر عناصر غذایی شامل منگنز، روی و مس بر مبنای نتایج آزمون خاک به‌ترتیب بر اساس حدود بحرانی 4/6، 0/77 و 0/70 میلی‌گرم بر کیلوگرم (بلالی و همکاران 1379) به صورت کودهای ذیل به خاک گلدان‌ها اضافه شد. مقادیر عناصر غذایی مورد استفاده (بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک خشک) عبارت بودند از روی 15 (از منبع سولفات روی، $ZnSO_4.7H_2O$)، منگنز 15 (از منبع سولفات منگنز، $MnSO_4$)، مس 2/5 (از منبع سولفات مس، $CuSO_4.5H_2O$) و بور 2/5 (از منبع اسید بوریک، H_3BO_3) (جدول 1).

برای انجام آزمایش پس از انتخاب یک نمونه خاک آهکی از دشت شهرکرد و اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی وشیمیایی آن از جمله بافت خاک به روش هیدرومتر (جی و بادر 1986)، درصد رطوبت خاک در حالت ظرفیت مزرعه‌ای (مارگزین و اسچینر 2005)، پ-هاش و قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره‌ی 1 به 10 خاک و آب مقطر (علی‌احیایی و بهبهانی‌زاده 1372)، درصد کربنات کلسیم معادل با روش خنثی کردن کربنات کلسیم با اسید کلریدریک و تیتراسیون اسید اضافی با سود (لاپرت و اسپارکز 1996)، درصد کربن آلی به روش اکسایش تر (نلسون و سامرز 1996)، میزان فسفر قابل‌جذب به روش اولسن (اولسن و سامرز 1982)، میزان پتاسیم قابل‌جذب به روش استات آمونیوم (نادسن و همکاران 1982) و میزان آهن، منگنز، روی و مس قابل‌جذب به روش DTPA (لیندزی و نورول 1978) اندازه‌گیری شدند و پس از اعمال تیمارهای کودی، خاک مورد نظر در داخل گلدان‌های 7 کیلوگرمی ریخته شده و در ته گلدان‌ها برای زهکشی آب اضافی، از شن و در زیر گلدان‌ها برای جلوگیری از تلفات نیتروژن از زیر گلدانی استفاده شد. برای انطباق با شرایط واقعی، گلدان‌ها در شرایط فضای باز و برای جلوگیری از تأثیر تشعشعات خورشیدی بر رشد بوته-ها، گلدان‌ها بر روی سطح خاک قرار داده شدند. در این مرحله در هر گلدان 8 عدد بذر گندم کشت شد که پس از مرحله استقرار، 4 بوته نگهداری شده و بقیه حذف شدند. به‌دنبال آن در حین دوره داشت تا زمان برداشت محصول (دانه) مراقبت‌های زراعی معمول از جمله آبیاری، تنک کردن و غیره انجام شد. آبیاری بر مبنای اندازه‌گیری رطوبت ظرفیت مزرعه (FC) بود و به نحوی انجام شد که هیچ آب اضافی از ته گلدان خارج نشود. در ضمن، در طول دوره رشد گندم بارندگی صورت نگرفت. در پایان آزمایش تعداد سنبله، تعداد پنجه، تعداد دانه، متوسط تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، وزن کل اندام هوایی و وزن خشک دانه‌ها اندازه‌گیری شدند. پس از خشک‌سوزانی و تهیه عصاره غلظت روی دانه با استفاده از دستگاه جذب اتمی (مدل GBC 932Plus، ساخت استرالیا) اندازه‌گیری شد. همچنین درصد پروتئین دانه (اگان و همکاران 1987) پس از اندازه‌گیری درصد نیتروژن دانه توسط دستگاه کجلدال با استفاده از رابطه 1 و نسبت مولاری اسید فیتیک به روی دانه نیز پس از اندازه‌گیری غلظت فسفر با دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Citra 101 ساخت استرالیا) و غلظت روی دانه، از طریق رابطه 2 محاسبه شدند. برای

اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌ها به مدت 24 ساعت در آون فن‌دار در دمای 70 درجه سلسیوس قرار داده شدند. بدنبال آن وزن خشک نمونه‌ها با استفاده از ترازوی رقومی (مدل A and D ساخت ژاپن) اندازه‌گیری شده و سپس نمونه‌ها با استفاده از آسیاب برقی دارای تیغه استیل خرد شدند (امامی 1375).

[1] درصد پروتئین دانه = درصد نیتروژن دانه × 5/83

[2] $$(PA/Zn)\ \text{دانه} = \frac{\text{مقدار اسید فیتیک (میلی‌گرم در 100 گرم دانه خشک)} / 660}{\text{مقدار روی (میلی‌گرم در 100 گرم دانه خشک)} / 32}$$

در نهایت نتایج حاصله با نرم افزار SAS نسخه‌ی 8/2 تجزیه و تحلیل شده و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال 5 درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

ویژگی‌های فیزیکی وشیمیایی خاک انتخابی در جدول 1 آورده شده است. براساس نتایج ارائه شده می‌توان گفت خاک مورد استفاده دارای بافت رسی، فاقد مشکل شوری، دارای پ.هاش 8/7 در سوسپانسیون 1:10 خاک به آب، کربن آلی کم (0/92 درصد) و کربنات کلسیم معادل 29/3 درصد بود. همچنین قبل از کشت، میزان فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز، روی و مس قابل استفاده آن نیز اندازه‌گیری و نسبت به مصرف کودهای حاوی این عناصر اقدام شد.

جدول 1- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک انتخاب شده.

بافت	پ.هاش*	قابلیت هدایت الکتریکی*	ماده آلی	کربنات کلسیم معادل	فسفر	پتاسیم	آهن	منگنز	روی	مس
					قابل استفاده		عناصر کم مصرف			
		(dS/m)	(%)		(mg/kg)					
رسی	8/7	$83/6\times10^{-3}$	1/58	29/25	3/35	204/0	5/63	2/10	0/37	0/58

*در عصاره 1 به 10 خاک به آب مقطر

اجزای عملکرد

نتایج حاصل از مقایسه میانگین تأثیر منبع نیتروژن و سطوح فسفر بر تعداد سنبله و تعداد پنجه در هر گلدان (جدول 2) نشان داد کاربرد بازدارنده نیترات‌سازی DMPP در هر دو کود سولفات نیترات آمونیوم و سولفات آمونیوم منجر به افزایش معنی‌دار تعداد سنبله و تعداد پنجه در مقایسه با کاربرد بدون بازدارنده این کودها نشد. با این وجود کاربرد کود سولفات نیترات آمونیوم با و بدون بازدارنده منجر به افزایش تعداد سنبله و تعداد پنجه در مقایسه با شاهد شده است. بیشترین و کمترین تعداد سنبله و تعداد پنجه در هر گلدان به ترتیب در تیمارهای کودی با بازدارنده نیترات‌سازی DMPP و تیمار شاهد یعنی عدم مصرف کود نیتروژن مشاهده شد. در این میان با توجه به اینکه تعداد سنبله و تعداد پنجه به ازای هر گلدان در تیمار سولفات آمونیوم همراه با کاربرد بازدارنده نیترات‌سازی در مقایسه با تیمار سولفات نیترات آمونیوم با و بدون بازدارنده کمتر بود اما تعداد سنبله و تعداد پنجه در هر گلدان این تیمار در مقایسه با تیمار مشابه اما فاقد بازدارنده بیشتر بود، اگرچه این افزایش معنی‌دار نبود. نتایج این پژوهش با نتایج تحقیقات شارما و کومار (1998) مبنی بر اینکه کاربرد بازدارنده نیترات‌

سازی دی سیانو دی آمید همراه با کود نیتروژن اثر معنی‌داری بر تعداد سنبله در هر گلدان نداشت، مطابقت داشت. نتایج مقایسه میانگین تأثیر منبع نیتروژن و سطوح مختلف فسفر (جدول 2) نشان داد که بالاترین تعداد سنبله و تعداد پنجه در هر گلدان به ترتیب مربوط به کاربرد 60 و 90 میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک بود. در این بین با افزایش میزان فسفر مصرفی از صفر به 90 میلی‌گرم در کیلوگرم، تعداد پنجه در هر گلدان افزایش یافت. به دلیل نقش اساسی فسفر در متابولیسم گیاهی، عرضه کافی فسفر منجر به تولید بیشتر پنجه می‌شود. زیرا در این صورت فسفر کافی برای انتقال انرژی در دسترس خواهد بود. این یافته با نتایج هورست و همکاران (1993) مطابقت داشت، لذا در مدیریت کودی غلات علاوه بر نیتروژن، فسفر نیز می‌تواند برای ایجاد پنجه‌زنی و تراکم بهتر مد نظر قرار گیرد.

جدول 2- تأثیر منبع نیتروژن و سطوح فسفر بر تعداد سنبله و تعداد پنجه در هر گلدان.

منبع نیتروژن	تعداد سنبله در هر گلدان	تعداد پنجه در هر گلدان*
شاهد (بدون کود)	7/2[b]	3/2[c]
سولفات آمونیوم با بازدارنده DMPP	8/1[ab]	4/3[ab]
سولفات آمونیوم بدون بازدارنده	7/2[b]	3/6[bc]
سولفات نیترات آمونیوم با بازدارنده DMPP	9/0[a]	5/1[a]
سولفات نیترات آمونیوم بدون بازدارنده	8/5[a]	4/5[ab]
مقدار فسفر مصرفی** (mg/kg)		
0	3/5[d]	صفر
30	8/7[c]	4/7[c]
60	10/4[a]	5/5[b]
90	9/5[b]	6/4[a]

*میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 5 درصد هستند (آزمون LSD).

** در سطح صفر فسفر پنجه توسط گندم تولید نشده است.

نتایج مقایسه میانگین برهمکنش منابع نیتروژن و سطوح مختلف فسفر (جدول 3) نشان داد که در سطح 30 میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک، کاربرد بازدارنده منجر به افزایش معنی‌داری در تعداد دانه در هر سنبله نشده است و بالعکس با کاربرد بازدارنده نیترات‌سازی، تعداد کل دانه در هر گلدان و متوسط تعداد دانه در سنبله کاهش معنی‌داری یافته است. در این میان در این سطح فسفر بالاترین وزن هزار دانه در هر گلدان مربوط به تیمار کاربرد کود سولفات نیترات آمونیوم همراه با کاربرد بازدارنده نیترات‌سازی بود. وزن هزار دانه در هر گلدان در هر دو تیمار سولفات آمونیوم و سولفات نیترات آمونیوم همراه با بازدارنده نیترات‌سازی در مقایسه با تیمارهای مشابه ولی فاقد بازدارنده بیشتر بود. این به این معنی است که کاربرد بازدارنده نیترات‌سازی DMPP می‌تواند به پر شدن دانه کمک کند و باعث افزایش وزن هزار دانه شود. دلیل این امر را می‌توان به آزادسازی تدریجی آمونیوم در طول دوره کشت و علاوه بر آن تأمین بخشی از نیتروژن مورد نیاز گیاه به شکل آمونیوم در نتیجه کاربرد بازدارنده نیترات‌سازی DMPP نسبت داد.

در سطح 60 میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک، نتایج مقایسه میانگین نشان داد کاربرد بازدارنده نتایج متفاوتی در تعداد کل دانه‌ها در هر گلدان و متوسط تعداد دانه در هر سنبله داشته است. به‌طوری‌که تیمار

سولفات نیترات آمونیوم همراه با بازدارنده نیترات-سازی DMPP بیشترین تعداد کل دانه در هر گلدان و متوسط تعداد دانه در هر سنبله را دارا بود. ولی در تیمار کاربرد سولفات آمونیوم، کاربرد بازدارنده نیترات‌سازی منجر به کاهش تعداد کل دانه‌ها در هر گلدان در مقایسه با تیمار مشابه ولی فاقد بازدارنده شد ولی از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری بین تیمار کاربرد کود سولفات آمونیوم با و بدون بازدارنده نیترات سازی DMPP از نظر متوسط تعداد دانه در سنبله مشاهده نشد. در این سطح فسفر کاربردی، کاربرد بازدارنده اثر متفاوتی بر وزن هزار دانه در هر گلدان نشان داد. در تیمار کاربرد سولفات نیترات آمونیوم از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری بین کاربرد و عدم کاربرد بازدارنده مشاهده نشد. این در حالی است که با کاربرد بازدارنده وزن هزار دانه در تیمار سولفات آمونیوم کاهش معنی‌داری نشان داد که دلیل این امر می‌تواند احتمالاً اثرات سمی آمونیوم باشد.

در سطح 90 میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک، کاربرد بازدارنده اثر متفاوتی بر تعداد کل دانه‌ها در هر گلدان، متوسط تعداد دانه در هر سنبله و وزن هزار دانه داشت. تعداد کل دانه‌ها و متوسط تعداد دانه در سنبله در تیمار سولفات آمونیوم با بازدارنده نسبت به تیمار مشابه ولی فاقد بازدارنده کمتر بود. در حالی که تعداد کل دانه در هر گلدان در تیمار کاربرد سولفات نیترات آمونیوم با بازدارنده نیترات‌سازی DMPP در مقایسه با تیمار مشابه ولی فاقد بازدارنده بیشتر بود. در این سطح فسفر تفاوت معنی‌داری در متوسط تعداد دانه در سنبله در دو تیمار سولفات نیترات آمونیوم با و بدون بازدارنده مشاهده نشد. نتایج نشان داد کاربرد بازدارنده نیترات‌سازی DMPP در تیمار سولفات نیترات آمونیوم منجر به بیشترین وزن هزار دانه در این سطح فسفر شده است در حالی که اثر معنی‌داری بر وزن هزار دانه تیمارهای سولفات آمونیوم با و بدون بازدارنده نداشت. نتایج مقایسه میانگین منبع نیتروژن و سطوح مختلف فسفر نشان داد که کاربرد فسفر در مقایسه با تیمار شاهد، متوسط تعداد دانه در هر سنبله و وزن هزار دانه را به‌طور معنی‌داری افزایش داده است. مطابق با نتایج جدول 3، تیمار کاربرد کود سولفات نیترات آمونیوم همراه با بازدارنده نیترات-سازی DMPP در پایین‌ترین سطح کود فسفر یعنی 30 میلی‌گرم در کیلوگرم، در مقایسه با سایر تیمارهای کودی و تیمار شاهد بالاترین وزن هزار دانه را تولید کرده است. دلیل این امر را می‌توان به استفاده‌ی بهتر گیاه از فسفر جذب شده به دلیل سازگاری دانست. نتایج این پژوهش با یافته‌های شارما و کومار (1998) همخوانی داشت.

جدول3 - مقایسه میانگین برهمکنش منبع نیتروژن و سطوح مختلف فسفر بر تعداد کل دانه، متوسط تعداد دانه درسنبله و وزن هزار دانه گندم.

فسفر **	نیتروژن					میانگین
	شاهد (بدون کود)	سولفات آمونیوم با بازدارنده DMPP	سولفات آمونیوم بدون بازدارنده	سولفات نیترات آمونیوم با بازدارنده DMPP	سولفات نیترات آمونیوم بدون بازدارنده	
(mg/kg)	تعداد کل دانه در هر گلدان *					
0	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر
30	$30/0^{j}$	$45/0^{ef}$	$74/7^{a}$	$58/3^{d}$	$60/7^{c}$	$53/7^{A}$
60	$41/7^{g}$	$35/0^{i}$	$37/6^{h}$	$70/0^{b}$	$57/3^{d}$	$48/3^{B}$
90	$29/6^{j}$	$41/0^{g}$	$46/3^{e}$	$45/3^{e}$	$43/0^{fg}$	$41/0^{C}$
میانگین	$25/3^{D}$	$30/2^{C}$	$39/7^{B}$	$43/4^{A}$	$40/2^{B}$	
	متوسط تعداد دانه در سنبله					
0	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر
30	$3/8^{f}$	$5/1^{de}$	$10/3^{a}$	$5/7^{cd}$	$7/2^{b}$	$6/4^{A}$
60	$4/3^{ef}$	$3/5^{f}$	$3/9^{f}$	$6/4^{bc}$	$5/1^{de}$	$4/6^{B}$
90	$4/1^{ef}$	$4/0^{f}$	$5/2^{de}$	$4/1^{ef}$	$4/4^{ef}$	$4/4^{B}$
میانگین	$3/1^{C}$	$3/1^{C}$	$4/9^{A}$	$4/1^{B}$	$4/2^{B}$	
	وزن هزار دانه(g)					
0	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر
30	$36/23^{de}$	$36/50^{d}$	$31/86^{g}$	$45/73^{a}$	$40/13^{b}$	$38/1^{A}$
60	$35/63^{f}$	$35/83^{ef}$	$36/80^{d}$	$36/46^{d}$	$36/33^{de}$	$36/2^{B}$
90	$24/93^{i}$	$29/96^{h}$	$30/50^{h}$	$39/10^{c}$	$31/66^{g}$	$31/2^{C}$
میانگین	$24/2^{E}$	$25/6^{C}$	$24/8^{D}$	$30/3^{A}$	$27/0^{B}$	

* میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون و ردیف فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح 5 درصد هستند. اثرات اصلی با حروف بزرگ نشان داده شده است (آزمون LSD).

** در سطح صفر فسفر دانه توسط گندم تولید نشده است.

عملکرد گندم

نتایج مقایسه میانگین برهمکنش منابع نیتروژن و سطوح فسفر بر وزن خشک اندام هوایی (عملکرد بیولوژیک) و عملکرد دانه نشان داد در سطح فسفر صفر میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک، کاربرد بازدارنده نیترات‌سازی DMPP، اثر متفاوتی بر عملکرد بیولوژیک داشت. کاربرد بازدارنده با کود سولفات آمونیوم منجر به افزایش عملکرد بیولوژیک شد در حالی که اثر کاربرد بازدارنده با کود سولفات نیترات آمونیوم در مقایسه با تیمار کودی مشابه ولی فاقد بازدارنده غیرمعنی‌دار گردید (جدول 4). نتایج نشان داد کاربرد بازدارنده نیترات سازی DMPP همراه با کود سولفات نیترات آمونیوم منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک در سطوح فسفر 30، 60 و 90 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک در مقایسه با مصرف بدون بازدارنده این کود و منجر به افزایش عملکرد دانه‌ی گندم در مقایسه با مصرف بدون بازدارنده این کود شد که در سطوح فسفر 30 و 60 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک به خوبی نمایان است (جدول 4).

جدول 4-مقایسه میانگین برهمکنش منابع نیتروژن و سطوح مختلف فسفر بر عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه گندم.

فسفر **	نیتروژن					میانگین
	شاهد (بدون کود)	سولفات آمونیوم با بازدارنده DMPP	سولفات آمونیوم بدون بازدارنده	سولفات نیترات آمونیوم با بازدارنده DMPP	سولفات نیترات آمونیوم بدون بازدارنده	
(mg/kg)	عملکرد بیولوژیک * (g/pot)					
0	$0/7^{kl}$	$1/0^{k}$	$0/4^{m}$	$0/6^{lm}$	$1/0^{kl}$	$0/7^{D}$
30	$4/4^{j}$	$9/3^{g}$	$6/7^{i}$	$11/6^{ab}$	$10/3^{de}$	$8/5^{C}$
60	$10/1^{ef}$	$7/4^{h}$	$7/2^{h}$	$11/9^{a}$	$11/0^{c}$	$9/5^{B}$
90	$9/7^{f}$	$10/04^{ef}$	$10/0^{de}$	$11/5^{b}$	$10/4^{d}$	$10/5^{A}$
میانگین	$6/2^{D}$	$6/9^{C}$	$6/3^{D}$	$8/9^{A}$	$8/2^{B}$	
	عملکرد دانه (g/pot)					
0	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر
30	$0/9^{f}$	$2/3^{a}$	$1/6^{c}$	$2/2^{a}$	$1/9^{b}$	$1/7^{A}$
60	$1/3^{de}$	$1/3^{d}$	$1/3^{e}$	$2/3^{a}$	$2/0^{b}$	$1/6^{B}$
90	$0/7^{g}$	$1/2^{de}$	$1/2^{e}$	$1/7^{c}$	$1/9^{b}$	$1/3^{C}$
میانگین	$0/7^{E}$	$1/2^{C}$	$1/0^{D}$	$1/5^{A}$	$1/4^{B}$	

* میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون و ردیف فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح 5 درصد هستند. اثرات اصلی با حروف بزرگ نشان داده شده است (آزمون LSD).

** در سطح صفر فسفر دانه توسط گندم تولید نشده است.

دلیل این مسئله را می‌توان به تأمین نیترات مورد نیاز گیاه در اوایل کشت و همچنین اکسایش تدریجی آمونیوم به نیترات در طول دوره کشت و علاوه بر آن تأمین بخشی از نیتروژن مورد نیاز گیاه به شکل آمونیوم در نتیجه کاربرد بازدارنده نیترات‌سازی DMPP نسبت داد. براساس نتایج تحقیقات انجام شده، کاربرد آمونیوم به همراه نیترات منجر به افزایش عملکرد گیاهان مختلف شده است. این مسئله به دلیل صرف انرژی کمتر توسط گیاه برای جذب و ساخت آمونیوم[2] در مقایسه با نیترات است که در نهایت باعث ذخیره انرژی گیاه و افزایش عملکرد می‌شود (مارشنر 1995). افزایش عملکرد گندم در این تحقیق با نتایج تحقیقات پاسدا و همکاران (2001) و دوما و همکاران (2005) مبنی بر افزایش میانگین عملکرد گندم پاییزه و پنبه با کاربرد بازدارنده نیترات‌سازی DMPP مطابقت داشت. مرینو و همکاران (2004) نیز به این نتیجه رسیدند که کاربرد بازدارنده نیترات‌سازی DMPP منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد گیاه و جذب نیتروژن می‌شود. در این میان، کاربرد بازدارنده به همراه کود سولفات آمونیوم در سطح فسفر 30 میلی‌گرم بر کیلوگرم نیز منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک و دانه گندم در مقایسه با کود مشابه اما بدون بازدارنده شد اگرچه در سایر سطوح فسفر تأثیری بر عملکرد بیولوژیک و دانه نداشت.

درصد پروتئین دانه

نتایج مقایسه میانگین منبع نیتروژن و سطوح مختلف فسفر بر درصد پروتئین دانه گندم (جدول 5) نشان داد در سطح فسفر30 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک در تیمار سولفات نیترات آمونیوم کاربرد بازدارنده اثر غیرمعنی‌دار بر درصد پروتئین دانه نشان داد. در حالی که درصد پروتئین دانه در تیمار سولفات آمونیوم همراه با بازدارنده نسبت به تیمار مشابه ولی فاقد بازدارنده

[2] Assimilation

افزایش معنی‌داری نشان داد. در سطح 60 میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک، کاربرد بازدارنده با کود سولفات آمونیوم منجر به افزایش معنی‌دار درصد پروتئین دانه گندم شد اما در کود سولفات نیترات آمونیوم کاربرد بازدارنده اثر معکوس داشته و درصد پروتئین دانه گندم را نسبت به تیمار مشابه ولی فاقد بازدارنده به‌طور معنی‌داری کاهش داده است (جدول 5). کاهش درصد پروتئین دانه گندم در تیمار سولفات نیترات آمونیوم به همراه بازدارنده در مقایسه با تیمار مشابه اما بدون بازدارنده، در نتیجه‌ی افزایش عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه این تیمار می‌باشد که طبق اثر رقت منجر به کاهش درصد نیتروژن و درصد پروتئین دانه گندم گردید. در سطح 90 میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک، کاربرد بازدارنده‌ی نیترات‌سازی DMPP منجر به افزایش معنی‌داری در درصد پروتئین دانه گندم شد به‌طوری‌که تیمار سولفات آمونیوم با کاربرد بازدارنده نیترات‌سازی دارای بالاترین درصد پروتئین دانه بود (جدول 5). افزایش درصد پروتئین دانه در نتیجه کاربرد بازدارنده نیترات‌سازی DMPP را می‌توان به تأمین بخشی از نیتروژن گیاه به شکل آمونیوم و روند کند تبدیل آمونیوم به نیترات نسبت داد که مانع انجام واکنش‌های هدررفتی آن شده است. افزایش درصد پروتئین دانه گندم در نتیجه کاربرد بازدارنده نیترات‌سازی دی سیانو دی آمید در تحقیقات شارما و کومار (1998) و پاسدا و همکاران (2001) نیز مشاهده شده است که با یافته‌های این پژوهش همخوانی داشت.

غلظت روی دانه

مطابق با نتایج جدول 5، در پایین‌ترین سطح فسفر داده شده، یعنی 30 میلی‌گرم در کیلو گرم خاک، کاربرد بازدارنده منجر به افزایش جذب روی در دانه شده است. در سطوح فسفر 60 و 90 میلی‌گرم در کیلوگرم، کاربرد بازدارنده بر غلظت روی دانه گندم تأثیر متفاوتی داشت. در کود سولفات آمونیوم کاربرد بازدارنده منجر به کاهش غلظت روی دانه گندم شده اما در کود سولفات نیترات آمونیوم کاربرد بازدارنده اثر معکوس داشته و غلظت روی دانه گندم را نسبت به تیمار مشابه ولی فاقد بازدارنده به طور معنی‌داری افزایش داده است (جدول 5). در مورد کاهش غلظت روی در دانه گندم در نتیجه‌ی کاربرد بازدارنده همراه با کود سولفات آمونیوم، می‌توان گفت با توجه به نیاز گیاه به روی در مرحله رشد رویشی و از طرف دیگر اثرات منفی ناشی از مقادیر بالای آمونیوم بر رشد گندم، جذب روی به اندازه کافی انجام نشده است (بریتو و کرونزوکر 2002). اما مشاهده‌ی عکس این حالت در کود سولفات نیترات آمونیوم به همراه بازدارنده می‌تواند به دلیل تأمین نیتروژن مورد نیاز گندم در اوایل فصل رشد به صورت نیترات و اسیدی شدن رایزوسفر در نتیجه ترشح پروتون توسط ریشه به دلیل جذب آمونیوم باشد که منجر به افزایش جذب روی گردیده است (پاسدا و همکاران 2001).

نسبت مولاری اسید فیتیک به روی دانه

اسید فیتیک (میو اینوزیتول هگزا فسفات) شکل اصلی ذخیره فسفر در دانه‌ها است و حدود 75 درصد فسفر کل دانه گندم را تشکیل می‌دهد. ذخیره سازی فسفر با انرژی بالا برای جوانه زنی به عنوان مهمترین وظیفه فیتین (نمک اسید فیتیک با کلسیم و منیزیم) در گندم شناخته شده است (مارشنر 1995). اسید فیتیک موجود در نان مصرفی با آهن، روی، کلسیم و منیزیم و مس موجود در جیره غذایی انسان تشکیل کمپلکس داده (نمک فیتات) و در نتیجه مانع جذب آنها توسط انسان می‌شود. بدین ترتیب این عناصر ضروری بدون جذب از بدن دفع می‌شوند.

با توجه به نتایج جدول 5، در سطح فسفر 30 میلی‌گرم در کیلوگرم، کاربرد بازدارنده نیترات‌سازی DMPP منجر به کاهش نسبت مولاری اسید فیتیک به روی شده است. کاهش نسبت مولاری اسید فیتیک به روی در دانه گندم از لحاظ تغذیه‌ای دارای اهمیت بالایی بوده و می‌تواند منجر به افزایش ارزش غذایی نان و جلوگیری از دفع روی از سیستم گوارشی انسان شود. در سطح 60 میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک، کاربرد بازدارنده

نیترات‌سازی DMPP اثر متفاوتی بر نسبت مولاری اسید فیتیک به روی داشت. به‌طوری‌که در تیمار سولفات نیترات آمونیوم فاقد اثر معنی‌دار و در تیمار سولفات آمونیوم منجر به افزایش معنی‌دار نسبت مولاری اسید فیتیک به روی در مقایسه با تیمار مشابه ولی فاقد بازدارنده شد. افزایش نسبت مولاری اسید فیتیک به روی دانه را می‌توان به افزایش میزان اسید فیتیک دانه و همچنین کاهش غلظت روی دانه درنتیجه‌ی اثرات ناهمسازی بین فسفر و روی نسبت داد (مارشنر 1995). در سطح 90 میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک، کاربرد بازدارنده تأثیر متفاوتی نشان داد. در کود سولفات آمونیوم کاربرد بازدارنده منجر به افزایش نسبت مولاری اسید فیتیک به روی گردید. این افزایش همانطور که توضیح داده شد می‌تواند به دلیل افزایش میزان اسید فیتیک دانه و همچنین کاهش غلظت روی دانه در نتیجه‌ی اثرات ناهمسازی بین فسفر و روی باشد (مارشنر 1995). در کود سولفات نیترات آمونیوم کاربرد بازدارنده اثر معکوس داشته و نسبت مولاری اسید فیتیک به روی را نسبت به تیمار مشابه ولی فاقد بازدارنده به طور معنی‌داری کاهش داده است (جدول 5).

جدول 5- مقایسه میانگین‌های درصد پروتئین، غلظت روی و نسبت مولاری اسید فیتیک به روی دانه گندم برای اثر متقابل منبع نیتروژن و سطوح فسفر.

فسفر **	نیتروژن					میانگین
	شاهد (بدون کود)	سولفات آمونیوم با بازدارنده DMPP	سولفات آمونیوم بدون بازدارنده	سولفات نیترات آمونیوم با بازدارنده DMPP	سولفات نیترات آمونیوم بدون بازدارنده	
(mg/kg)	پروتئین دانه * (%)					
0	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر
30	0/8^{j}	15/1^{e}	11/9^{g}	15/3de	15/1^{e}	11/6^{C}
60	8/1^{i}	16/7^{c}	10/3^{h}	16/6^{c}	18/4^{b}	14/0^{B}
90	10/4^{h}	20/3^{a}	16/3^{cd}	18/3^{b}	13/5^{f}	15/7^{A}
میانگین	4/8^{D}	13/0^{A}	9/6^{C}	12/5^{A}	11/7^{B}	
	غلظت روی دانه (mg/kg)					
0	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر
30	54/0de	51/1^{fg}	44/6^{h}	59/0^{b}	43/0^{h}	50/3^{C}
60	56/9^{c}	53/1^{ef}	63/2^{a}	53/5^{e}	50/5^{g}	55/4^{A}
90	50/8^{g}	55/9^{cd}	60/3^{b}	56/9^{c}	43/0^{h}	53/4^{B}
میانگین	40/4^{B}	40/0^{B}	42/0^{A}	42/4^{A}	34/1^{C}	
	نسبت مولاری اسید فیتیک به روی دانه					
0	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر
30	43/0^{h}	55/3de	61/4^{c}	48/5^{g}	64/1^{b}	54/4^{B}
60	45/5^{h}	57/6^{d}	44/7^{h}	56/9^{d}	57/0^{d}	52/4^{C}
90	51/9^{f}	57/4^{d}	52/3^{f}	53/9^{ef}	71/1^{a}	57/3^{A}
میانگین	35/1^{D}	42/6^{B}	39/6^{C}	39/8^{C}	48/0^{A}	

* میانگین‌های با حروف لاتین مشابه در هر ستون و ردیف فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 5 درصد هستند. اثرات اصلی با حروف بزرگ نشان داده شده است (آزمون LSD).

** در سطح صفر فسفر دانه توسط گندم تولید نشده است.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد کاربرد بازدارنده نیترات‌سازی DMPP در کود سولفات نیترات آمونیوم به دلیل تأمین نیترات مورد نیاز گیاه در اوایل کشت و اکسایش تدریجی آمونیوم به نیترات در طول دوره کشت و همچنین اسیدی شدن pH رایزوسفر به دلیل ترشح پروتون در نتیجه جذب آمونیوم توسط ریشه، تعداد کل دانه در گلدان، غلظت روی دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه گندم را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. این در حالی است که کاربرد بازدارنده به همراه این کود منجر به کاهش معنی‌دار نسبت مولاری اسید فیتیک به روی دانه در مقایسه با تیمار مشابه ولی فاقد بازدارنده گردید. بر اساس نتایج حاصله، کاربرد بازدارنده نیترات‌سازی DMPP به همراه هر دو کود سولفات آمونیوم و سولفات نیترات آمونیوم منجر به افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه و درصد پروتئین دانه گندم در مقایسه با تیمارهای مشابه اما بدون بازدارنده شد. همچنین با افزایش مقدار فسفر کاربردی، عملکرد بیولوژیک و درصد پروتئین دانه گندم افزایش معنی-داری را نشان داد.

منابع مورد استفاده

امامی ع، 1375. روشهای تجزیه گیاه. انتشارات موسسه تحقیقات خاک و آب تهران.

بلالی م، ملکوتی م ج، مشایخی ح ح و خادمی ز، 1379. اثر عناصر ریزمغذی بر افزایش عملکرد و تعیین حد بحرانی آن‌ها در خاک‌های تحت کشت گندم آبی ایران، صفحه‌های 121 تا 134، ملکوتی م ج، تغذیه متعادل گندم راهی به‌سوی خودکفایی در کشور و تأمین سلامت جامعه، نشر آموزش کشاورزی تهران.

حسین‌پور ع، 1387. شیمی و حاصلخیزی خاک. انتشارات دانشگاه پیام نور.

سالاردینی ع، 1387. حاصلخیزی خاک. انتشارات دانشگاه تهران.

علی‌احیایی م و بهبهانی زاده ع ا، 1372 .شرح روشهای تجزیه شیمیایی خاک. موسسه تحقیقات خاک و آب تهران.

ملکوتی م ج و ریاضی همدانی س ع، 1370. کودها و حاصلخیزی خاک (ترجمه). مرکز نشر دانشگاهی تهران.

ملکوتی م ج، کشاورز پ و کریمیان ن ج، 1387. روش جامع تشخیص و توصیه بهینه کودی برای کشاورزی پایدار. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس.

نورقلی‌پور ف، خاورزی ک، بشارتی ح و فلاح ع ر، 1385. بررسی تأثیر کاربرد خاک فسفات، گوگرد و باکتری تیوباسیلوس بر عملکرد کمی و کیفی سویا و اثرات باقی مانده آن بر ذرت. مجله علوم خاک و آب، جلد اول، شماره 20. صفحه‌های 122 تا 132.

Barker AV and Pilbeam DJ, 2007. Handbook of Plant Nutrition. CRC Press, New York, USA.

Britto DT and Kronzucker HJ, 2002. NH_4^+ toxicity in higher plants: a critical review. Journal of Plant Physiology 159: 567-584.

Douma AC, Polychronaki EA, Giourga C and oumou AL, 2005. Effects of fertilizers with the nitrification inhibitor DMPP on yield and soil quality. Pp.340-345. Proceedings of the 9th International Conference on Environmental Science, Rhodes Island, Greece.

Egan HR Kirk S and Sawyer R, 1987. Pearsons Chemical Analysis of Foods. (8nd ed), Longman Scientific and Technical, Bath Press, Avon, England.

Gee GH and Bauder JW, 1986. Partical size analysis. Pp. 383-411. In: A. Klute (ed). Methods of Soil Analysis. Part 2: Physical Properties. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.

Grotz N and Guerinot ML, 2002. Limiting nutrients: An old problem with new solutions. Plant Biology 5: 158-163.

Gunes A, Inal A, Alpaslan M and Cakmak I, 2006. Genotypic variation in phosphorus efficiency between wheat cultivars grown under greenhouse and field conditions. Soil Science and Plant Nutrition 52(4): 470–478.

Horst WJ, Abdou M and Wiesler F, 1993. Genotypic differences in phosphorus efficiency of wheat. Plant and Soil 155/156: 293–296.

Knudsen D, Peterson GA and Partt PF, 1982. Lithium, Sodium, and Potassium. Pp.225-246. In: A.L. Page R.H. Miller and D.R. Keeney (eds). Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties. (2nd ed.). American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.

Lindsay WL and Norvell WA, 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. Soil Science Society of America Journal 42:421-428.

Loeppert RH and Sparks DL, 1996. Carbonate and gypsum. Pp.437-474. In: D.L. Sparks (ed). Method of Soil Analysis. Part 3: Chemical Properties. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.

López-Bucio J, Martínez dela Vega O, Guervara-García A and Herrera-Estrella L, 2000. Enhanced phosphorus uptake in transgenic tobacco plants that overproduce citrate. Journal of Nature Biotechnology 18:450-453.

Margesin R and Schinner F, 2005. Manual of Soil Analysis. Springer, Heidelberg, Germany.

Marschner H, 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd ed. Academic Press, San Diego, U.S.A.

Merino P, Menéndez S, Pinto M, Estavillo JM and González-Murua C, 2004. Effect of the nitrification inhibitor DMPP applied with mineral fertilizer and cattle slurry on yield and N uptake from grassland. Nutrient and Carbon Cycling In Sustainable Plant-Soil Systems 2: 83-85.

Nelson DW and Sommers LE, 1996. Total Carbon, organic carbon and organic matter. Pp. 961–1010. In: D.L. Sparks (ed). Method of Soil Analysis. Part 3: Chemical Properties. Soil Science Society of America, Madison. Wisconsin.

Olsen SR and Sommers LE, 1982. Phosphorus. Pp. 403-430. In: A.L. Page R.H. Miller and D.R. Keeney (eds). Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties. (2nd ed.), American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.

Ortega R, María S, Molina M and Mackenna V, 2006. Increasing nitrogen and phosphorus fertilizer use efficiency by using the nitrification inhibitor 3,4-dimethylpyrazole phosphate (DMPP) in Chile. Pp. 155-156. Proceedings of the 18th World Congress of Soil Science. Philadelphia, USA.

Ozturk L, Eker S, Torun B and Cakmak I, 2005. Variation in phosphorus efficiency among 73 bread and durum wheat genotypes grown in a phosphorus-deficient calcareous soil. Plant and Soil 269: 69–80.

Pasda G, Hahndel R and Zerulla W, 2001. Effect of fertilizers with the new nitrification inhibitor DMPP (3,4-dimethylpyrazole phosphate) on yield and quality of agricultural and horticultural crops. Biology and Fertility of Soils 34:85–97.

Raghothama KG, 1999. Phosphate acquisition. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 50: 665-693.

Rahmatullah GMA, Wissemeier AH and Steffens D, 2006. Phosphate availability from phosphate rock as related to nitrogen form and the nitrification inhibitor DMPP. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 169: 675–678.

Sepehr E, Malakouti MJ, Kholdebarin B, Samadi A and Karimian N, 2009. Genotypic variation in P efficiency of selected Iranian cereals in greenhouse experiment. International Journal of Plant Production 3: 17-28.

Sharma SN and Kumar R, 1998. Effects of dicyandiamide (DCD) blended with urea on growth, yield and nutrient uptake of wheat. Journal of Agricultural Science 131: 389-394.

Weiske A, Benckiser G and Ottow JCG, 2001. Effect of the new nitrification inhibitor DMPP in comparison to DCD on nitrous oxide (N_2O) emissions and methane (CH_4) oxidation during 3 years of repeated applications in field experiments. Nutrient Cycling in Agroecosystems 60: 57-64.