نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۶، بهمن - اسفند ۱۳۹۱، ص. ۱۴۸۲-۱۴۷۳

Journal of Water and Soil
Vol. 26, No. 6, Jan.-Feb. 2013, p. 1473-1482

تأثیر بازدارنده‌ی نیترات سازی ۳ و ٤ دی متیل پیرازول فسفات و فسفر بر عملکرد و کارایی مصرف فسفر در گندم

فریبا احسان‌پور[۱]- شهرام کیانی[۲*]- علیرضا حسین‌پور[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۲/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۷/۳۰

چکیده

کارایی پایین مصرف فسفر در خاکهای آهکی یکی از معضلات تولید گندم در مزارع سرتاسر دنیاست. به منظور بررسی تأثیر بازدارنده نیترات سازی ۳ و ۴ دی متیل پیرازول فسفات (DMPP) و سطوح فسفر بر عملکرد و کارایی مصرف فسفر در گندم (*Triticum aestivum* L.)، یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با دو عامل نوع کود نیتروژنه در پنج سطح (۱- شاهد: بدون مصرف کود نیتروژنه، ۲ و ۳- کود سولفات آمونیوم با و بدون بازدارنده نیترات سازی DMPP و ۴ و ۵- کود سولفات نیترات آمونیوم با و بدون بازدارنده نیترات سازی DMPP همگی به میزان ۱۰۰ میلی‌گرم نیتروژن بر کیلوگرم خاک) و فسفر در چهار سطح (صفر، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک) با سه تکرار در سال ۱۳۸۹ بر روی گندم بهاره رقم پیشتاز در دانشگاه شهرکرد انجام شد. براساس نتایج حاصله کاربرد بازدارنده نیترات سازی DMPP به همراه هر دو کود سولفات آمونیوم و سولفات نیترات آمونیوم منجر به افزایش معنی‌دار فسفر قابل استفاده خاک در انتهای آزمایش و همچنین افزایش معنی‌دار آمونیوم خاک و به طور عکس کاهش معنی‌دار نیترات خاک در طول آزمایش در مقایسه با تیمارهای مشابه اما بدون بازدارنده شد. نتایج نشان داد کاربرد بازدارنده نیترات سازی DMPP همراه با کود سولفات نیترات آمونیوم در کلیه سطوح فسفر مصرفی منجر به افزایش معنی‌دار ($P<0/05$) عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه‌ی گندم و همچنین کارایی زراعی فسفر اندام هوایی و دانه در مقایسه با مصرف بدون بازدارنده‌ی این کود شد. بر این اساس، کاربرد بازدارنده نیترات سازی ۳ و۴ دی متیل پیرازول فسفات به همراه کود سولفات نیترات آمونیوم برای افزایش عملکرد و کارایی مصرف فسفر در گندم قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: بازدارنده نیترات سازی، عملکرد، کارایی مصرف فسفر، گندم (*Triticum aestivum* L.)، ۳ و ۴ دی متیل پیرازول فسفات (DMPP)

مقدمه

بالا رفتن هزینه‌های تولید در کشاورزی و افزایش نگرانیهای زیست محیطی ناشی از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی فسفره منجر به توجه دانشمندان و بهره برداران کشاورزی به مفهوم کارایی مصرف فسفر شده است. تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد کارایی بازیافت فسفر به ندرت از ۲۵ درصد تجاوز می‌کند (۹). بنابراین شیوه-های متعددی برای بهبود کارایی مصرف فسفر مورد توجه متخصصین کشاورزی قرار گرفته است. برخی از این شیوه‌ها عبارتند از: انتخاب ارقام کارا در جذب فسفر (۲۲)، کاربرد میزان صحیح فسفر با توجه به نتایج آزمون خاک و عملکرد واقعی مورد انتظار در دوره زمانی مورد نیاز گیاه (۴)، جایگذاری صحیح کودهای شیمیایی فسفره (۸)، استفاده از قارچهای میکوریزا برای افزایش جذب فسفر توسط ریشه (۱۲) و تغییر موضعی در خصوصیات شیمیایی خاک برای افزایش فراهمی فسفر به خصوص در خاکهای آهکی (۵، ۱۶ و ۱۹). پژوهش‌های انجام شده در مورد تغییر موضعی در خصوصیات شیمیایی خاک به منظور افزایش جذب فسفر توسط گیاه نشان می‌دهد برخی از یونهای غذایی نظیر آمونیوم ریشه را مجبور به ترشح پروتون و اسیدی کردن ریزوسفر کرده و به تبع آن منجر به افزایش قابلیت استفاده فسفر موجود در خاک برای گیاه می‌شود (۱۶ و ۲۰).

بازدارنده‌های نیترات سازی ترکیباتی هستند که اکسایش زیستی یون آمونیوم (NH_4^+) به نیتریت (NO_2^-) را بواسطه کاهش فعالیت باکتری نیتروزموناس به تأخیر می‌اندازند. اگرچه هدف اصلی از تولید و

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استادیار و استاد گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد
(*- نویسنده مسئول: Email:shkiani2002@yahoo.com)

مصرف بازدارنده‌های نیترات سازی کاهش هدررفت نیتروژن خاک بوده است اما کاربرد این گونه مواد به دلیل تأثیر بر نوع تغذیه نیتروژنه گیاه می‌تواند دارای اثرات غیرمستقیم دیگری نیز باشد. بازدارنده‌های نیترات سازی با کودهای نیتروژنه پایه آمونیاکی به کار برده می‌شوند و قادر هستند فرآیند تبدیل آمونیوم به نیترات را بسته به شرایط، حدود یک تا دو ماه به تاخیر بیاندازند (۲۵). بنابراین در طول این دوره، منبع نیتروژن قابل جذب برای گیاه عمدتا آمونیوم خواهد بود. کاربرد آمونیوم به عنوان منبع نیتروژن نه تنها بر رشد گیاه تأثیر دارد بلکه بر جذب سایر عناصر غذایی توسط گیاه هم مؤثر است. با کاربرد آمونیوم، جذب آنیونها نسبت به کاتیونها افزایش یافته و بنابراین پروتون از ریشه برای موازنه بار آزاد می‌شود. این کاهش pH در نهایت منجر به افزایش جذب فسفر می شود (۱۳).

بر اساس پژوهش‌های انجام شده کاربرد کودهای نیتروژنه آمونیاکی به همراه بازدارنده نیترات سازی نیتراپیرین فراهمی فسفر را از سنگ فسفات برای گونه‌های مختلف گیاهی افزایش داده که این مسئله به دلیل اسیدی شدن ریزوسفر بوده است (۲۴). همچنین تحقیقات انجام شده در شیلی نشان داد کاربرد بازدارنده نیترات سازی ۳ و ۴ دی متیل پیرازول فسفات (DMPP) منجر به افزایش کارایی مصرف کود فسفره شده است (۱۶). در تحقیقات انجام شده توسط رحمت اله و همکاران (۲۰) مشخص شد کاربرد توامان سنگ فسفات و کود نیترات سولفات آمونیوم به همراه بازدارنده نیترات سازی DMPP منجر به افزایش معنی‌دار وزن خشک ساقه و ریشه ذرت شد که این امر به دلیل تاثیر آمونیوم بر تحریک رشد ریشه بود. در این تحقیق جذب فسفر از منبع سنگ فسفات با کاربرد نیترات سولفات آمونیوم به همراه بازدارنده نیترات سازی DMPP به میزان ۲۴ درصد در مقایسه با کاربرد نیترات سولفات آمونیم به تنهایی افزایش یافت. با توجه به آهکی بودن خاکهای زیر کشت گندم در ایران و تثبیت فسفر در آنها و از طرف دیگر محدودیت منابع غیر تجدید شونده مورد استفاده برای ساخت کودهای فسفره، تحقیق حاضر تأثیر استفاده از بازدارنده نیترات سازی ۳ و ۴ دی متیل پیرازول فسفات را بر عملکرد و کارایی مصرف فسفر در گندم مورد بررسی قرار داده است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با دو عامل نوع کود نیتروژنه و سطوح مختلف فسفر در سال ۱۳۸۹ با سه تکرار بر روی گندم بهاره (رقم پیشتاز) در دانشگاه شهرکرد انجام شد. نوع کود نیتروژنه شامل پنج سطح بود که عبارت بودند از: ۱- سطح صفر به عنوان شاهد، ۲- کود سولفات آمونیوم (حاوی ۲۱ درصد نیتروژن به شکل آمونیوم) با بازدارنده نیترات سازی ۳ و ۴ دی متیل پیرازول فسفات، DMPP (به میزان ۰/۸ درصد)، ۳- کود سولفات آمونیوم، ۴- کود سولفات نیترات آمونیوم (حاوی ۲۴ درصد نیتروژن: ۲۰/۸ درصد به شکل آمونیوم و ۳/۲ درصد به شکل نیترات) با بازدارنده نیترات سازی DMPP (به میزان ۰/۸ درصد) و ۵- کود سولفات نیترات آمونیوم. میزان نیتروژن مصرفی در تمام تیمارهای آزمایشی ثابت و برابر ۱۰۰ میلی‌گرم نیتروژن بر کیلوگرم خاک (معادل ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار) بود که از منابع ذکر شده و در دو تقسیط (به هنگام کاشت و خوشه رفتن) مصرف شد. سطوح فسفر نیز شامل چهار سطح صفر، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک (به ترتیب معادل صفر، ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار) بود که از منبع مونو کلسیم فسفات تأمین شد. غلظت سایر عناصر غذایی مورد استفاده (بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک خشک) عبارت بود از: آهن ۱۰ (از منبع سکوسترین ۱۳۸)، روی ۱۵ (از منبع سولفات روی)، منگنز ۱۵ (از منبع سولفات منگنز)، مس ۲/۵ (از منبع سولفات مس) و بور ۲/۵ (از منبع اسید بوریک) (۲۲).

برای انجام آزمایش یک نمونه خاک آهکی از دشت شهرکرد انتخاب و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آن براساس روشهای معمول اندازه‌گیری شد (۲). بدنبال آن پس از اعمال تیمارهای کودی، خاک مورد نظر در داخل گلدانهای ۷ کیلوگرمی ریخته شده و گلدانها در شرایط فضای باز قرار داده شدند. در این مرحله از هر گلدان یک نمونه خاک تهیه شد و پس از انتقال به آزمایشگاه میزان فسفر قابل دسترس با روش اولسن و همچنین pH خاک در عصاره ۱:۱۰ خاک به آب اندازه‌گیری شد (۲). بدنبال آن، در هر گلدان ۸ عدد بذر گندم کشت شد که پس از مرحله استقرار، ۴ بوته نگهداری شده و بقیه حذف شدند. سپس مراقبتهای زراعی معمول در حین دوره داشت تا زمان برداشت محصول (دانه) انجام شد. در پایان آزمایش وزن خشک کل اندام هوایی (عملکرد بیولوژیک)، وزن خشک دانه و غلظت فسفر در کاه و کلش و دانه اندازه‌گیری شده و جذب کل فسفر کاه و کلش و دانه و شاخصهای کارایی مصرف فسفر محاسبه شدند. برای اندازه-گیری وزن خشک، نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در یک آون دارای سامانه تهویه در دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند. بدنبال آن وزن خشک نمونه‌ها با استفاده از ترازوی رقومی اندازه‌گیری شده و سپس نمونه‌ها با استفاده از آسیاب برقی خرد شدند. برای اندازه‌گیری غلظت فسفر، نمونه‌های گیاهی با استفاده از روش خشک سوزانی هضم شده و سپس غلظت فسفر در آنها با استفاده از روش وانادو مولیبدات آمونیوم اندازه‌گیری شد (۲۶). برای محاسبه جذب کل فسفر در قسمتهای مختلف نیز از حاصلضرب وزن خشک در غلظت فسفر استفاده شد. همچنین در پایان آزمایش از تمامی تیمارهای آزمایشی، نمونه‌های خاک تهیه و میزان فسفر قابل استفاده با روش اولسن و pH در عصاره ۱:۱۰ خاک به آب اندازه‌گیری شد. برای بررسی تأثیر کاربرد بازدارنده نیترات‌سازی بر تغییرات نیترات و آمونیوم خاک از ابتدای کشت تا پایان آزمایش در فواصل یک ماهه از منطقه میانی

خاک گلدانها توسط یک لوله فلزی به قطر ۱/۵ و طول ۲۵ سانتیمتر نمونه‌برداری خاک صورت گرفته و میزان نیترات و آمونیوم محلول و تبادلی به روش رنگ‌سنجی (۶) در آنها اندازه‌گیری شد. شاخصهای کارایی مصرف فسفر که در این آزمایش محاسبه شدند، شامل کارایی زراعی[1] و کارایی بازیافت[2] برای اندام هوایی و دانه بودند که با استفاده از روابط زیر محاسبه شدند (۱۱).

$$AE_p = (Y_T - Y_0)/F_p = \Delta Y/\Delta P$$

در این رابطه AEp: کارایی زراعی فسفر، Y_T: وزن خشک اندام هوایی یا دانه در تیمار دارای فسفر کود، Y_0: وزن خشک اندام هوایی یا دانه در تیمار شاهد بدون مصرف کود فسفره و F_p: میزان فسفر مصرفی است.

$$RE_p = (U_T - U_0)/F_p = \Delta U/AP$$

در این رابطه RE_p: کارایی بازیافت فسفر، U_T: جذب فسفر در اندام هوایی یا دانه در تیمار دارای فسفر کود، U_0: جذب فسفر در اندام هوایی یا دانه در تیمار شاهد بدون مصرف کود فسفره و F_p: میزان فسفر مصرفی است. در نهایت نتایج حاصله با نرم افزار SAS نسخه‌ی ۸/۲ تجزیه و تحلیل شده و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

در جدول ۱ برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و همچنین میزان عناصر غذایی در خاک مورد مطالعه نشان شده است. بافت خاک مورد نظر رسی و فاقد مشکل شوری بوده و به دلیل دارا بودن ۲۹/۳ درصد کربنات کلسیم معادل دارای pH قلیایی بود. در این میان میزان کم کربن آلی در خاک مورد مطالعه احتمالا باعث پاسخ معنی‌دار آن نسبت به کاربرد نیتروژن می‌شود. بر اساس نتایج جدول ۱ میزان عناصر غذایی کم‌مصرف در خاک مورد استفاده کمتر از حد بحرانی آنها برای کشت گندم بود که نسبت به مصرف کودهای حاوی آنها در قبل از کشت اقدام شد.

تأثیر بازدارنده نیترات سازی DMPP و فسفر بر pH و فسفر قابل استفاده‌ی خاک

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد تأثیر منابع نیتروژن و سطوح مختلف فسفر و همچنین برهمکنش آنها بر pH خاک در ابتدا و انتهای کشت معنی‌دار نشد (نتایج ارائه نشده است). با این وجود اگرچه منابع نیتروژن و برهمکنش آنها با سطوح فسفر بر فسفر قابل استفاده خاک در ابتدای کشت تأثیر معنی‌داری نداشت اما کاربرد مقادیر مختلف فسفر منجر به افزایش معنی‌دار فسفر قابل استفاده خاک در ابتدای کشت شد. به طوری که مقادیر فسفر قابل استفاده خاک در ابتدای کشت در سطوح صفر، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم فسفر مصرفی به ترتیب ۳/۱، ۸/۴، ۱۲/۶ و ۱۸/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک بود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس مقادیر فسفر قابل استفاده خاک در انتهای کشت نشان داد تأثیر منابع نیتروژن و سطوح مختلف فسفر و همچنین برهمکنش آنها بر فسفر قابل استفاده در سطح یک درصد معنی‌دار شده است. بر اساس نتایج حاصله در تمامی سطوح فسفر کاربرد بازدارنده نیترات سازی DMPP به همراه هر دو کود سولفات آمونیوم و سولفات نیترات آمونیوم منجر به افزایش معنی‌دار فسفر قابل استفاده خاک در انتهای کشت در مقایسه با تیمارهای مشابه اما بدون بازدارنده شده است (جدول ۲). همچنین نتایج نشان داد در سطوح تیمار سولفات نیترات آمونیوم به همراه بازدارنده نیترات سازی مقدار فسفر بیشتری به صورت قابل استفاده برای گیاه نگه داشته شده است (جدول ۲). افزایش فسفر قابل استفاده خاک در نتیجه کاربرد بازدارنده نیترات سازی را می‌توان به تغذیه آمونیومی ریشه نسبت داد. با کاربرد آمونیوم، جذب آنیونها نسبت به کاتیونها افزایش یافته و بنابراین پروتون از ریشه برای موازنه بار آزاد می‌شود. این کاهش pH در نهایت منجر به افزایش قابلیت استفاده فسفر می شود (۱۳). افزایش فسفر قابل استفاده خاک در نتیجه کاربرد بازدارنده‌های نیترات سازی با پژوهشهای انجام شده در این زمینه همسو می‌باشد (۱۶، ۲۰ و ۲۴).

تأثیر بازدارنده نیترات سازی DMPP و فسفر بر غلظت آمونیوم و نیترات خاک

نتایج حاصل از آنالیز واریانس نشان داد تأثیر منابع نیتروژن و سطوح مختلف فسفر و همچنین برهمکنش آنها بر غلظت آمونیوم و نیترات خاک در نمونه‌برداریهای ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز پس از کشت در سطح ۱ درصد آماری معنی‌دار شده است.

مقایسه میانگین برهمکنش منابع نیتروژن و سطوح فسفر بر مقادیر غلظت آمونیوم خاک در طول دوره‌ی کشت نشان داد به استثنای غلظت آمونیوم در نمونه‌برداری ۶۰ و ۹۰ روز پس از کشت در تیمار سولفات نیترات آمونیوم به همراه بازدارنده در سطح ۶۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم فسفر که تحت تأثیر معنی‌دار بازدارنده قرار نگرفته است در هر سه نمونه‌برداری و در تمامی سطوح فسفر، کاربرد بازدارنده به همراه هر دو کود سولفات آمونیوم و سولفات نیترات آمونیوم منجر به افزایش معنی‌دار آمونیوم خاک در مقایسه با تیمارهای مشابه اما بدون بازدارنده شده است (جدول ۳). جلوگیری از اکسایش آمونیوم در نتیجه‌ی کاربرد بازدارنده نیترات سازی ۳ و ۴ دی متیل پیرازول فسفات می‌تواند دلیل افزایش میزان آمونیوم خاک در نتیجه‌ی کاربرد بازدارنده باشد.

1- Agronomic Efficiency
2- Recovery Efficiency

جدول ۱- برخی از ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی و غلظت عناصر غذایی در خاک مورد مطالعه

بافت خاک	Cu	Zn	Mn	Fe	K	P	CCE	OC	pH (1:10)	EC (1:10)
	ava (mg kg^{-1})						(%)			(µS cm^{-1})
Clay	۰/۵۸	۰/۳۷	۲/۱۰	۵/۶۳	۲۰۴	۳/۴	۲۹/۳	۰/۹۲	۸/۷	۸۳/۶

جدول ۲- مقایسه میانگین برهمکنش منابع نیتروژن و سطوح فسفر بر فسفر قابل استفاده‌ی خاک در انتهای کشت

فسفر	شاهد (بدون کود)	سولفات آمونیوم با بازدارنده DMPP	سولفات آمونیوم	سولفات نیترات آمونیوم با بازدارنده DMPP	سولفات نیترات آمونیوم	میانگین
(mg kg^{-1})	فسفر قابل استفاده خاک* (mg kg-1)					
۰	۱/۹^{o}	۲/۴^{n}	۲/۱^{o}	۲/۱^{o}	۲/۵^{n}	۲/۲^{D}
۳۰	۳/۳^{m}	۵/۹^{k}	۳/۴^{m}	۶/۶^{j}	۵/۴^{l}	۴/۹^{C}
۶۰	۷/۵^{h}	۸/۷^{f}	۶/۸^{i}	۹/۵^{e}	۸/۵^{g}	۸/۲^{B}
۹۰	۱۰/۲^{d}	۱۴/۲^{c}	۱۰/۲^{d}	۱۷/۴^{a}	۱۶/۷^{b}	۱۳/۷^{A}
میانگین	۵/۷^{D}	۷/۸^{C}	۵/۶^{D}	۸/۹^{A}	۸/۳^{B}	

*: میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون و ردیف فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد هستند. اثرات اصلی با حروف بزرگ نشان داده شده است (آزمون **LSD**).

در این میان نتایج مقایسه میانگین برهمکنش منابع نیتروژن و سطوح فسفر بر مقادیر غلظت نیترات خاک در طول دوره‌ی کشت نشان داد در هر سه نوبت نمونه‌برداری و در تمامی سطوح فسفر، کاربرد بازدارنده به همراه هر دو کود سولفات آمونیوم و سولفات نیترات آمونیوم منجر به کاهش معنی‌دار نیترات خاک در مقایسه با تیمارهای مشابه اما بدون بازدارنده شده است (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین برهمکنش منابع نیتروژن و سطوح فسفر بر غلظت آمونیوم و نیترات خاک در فواصل ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز پس از کشت گندم

فسفر	منبع نیتروژن	غلظت آمونیوم خاک (mg kg^{-1})			غلظت نیترات خاک (mg kg^{-1})		
(mg kg^{-1})		۳۰ روز	۶۰ روز	۹۰ روز	۳۰ روز	۶۰ روز	۹۰ روز
۰	شاهد	۳/۹^{l}	۲/۲^{l}	۱/۴^{n}	۰/۱^{q}	۰/۱^{k}	۰/۲^{l}
	سولفات آمونیوم با DMPP	۲۴/۹^{a}	۴۵/۱^{e}	۳۶/۰^{b}	۲/۷^{n}	۲/۸^{j}	۲/۹^{k}
	سولفات آمونیوم	۲۲/۰^{c}	۳۵/۹^{g}	۲۰/۶^{fg}	۴/۱^{j}	۵/۰^{h}	۵/۳^{h}
	سولفات نیترات آمونیوم با DMPP	۲۳/۵^{b}	۴۷/۷^{d}	۲۶/۰^{d}	۶/۳^{f}	۶/۴^{d}	۶/۴^{f}
	سولفات نیترات آمونیوم	۱۴/۱^{h}	۴۱/۲^{f}	۱۱/۶^{j}	۸/۲^{c}	۸/۵^{b}	۸/۶^{c}
۳۰	شاهد	۳/۵^{lm}	۲/۰^{l}	۱/۲^{n}	۰/۱^{pq}	۰/۲^{k}	۰/۲^{l}
	سولفات آمونیوم با DMPP	۲۳/۷^{b}	۷۲/۳^{b}	۳۰/۲^{c}	۲/۹^{m}	۲/۹^{j}	۳/۰^{kj}
	سولفات آمونیوم	۱۶/۳^{g}	۲۶/۳^{i}	۸/۷^{k}	۴/۳^{i}	۵/۲^{g}	۶/۰^{g}
	سولفات نیترات آمونیوم با DMPP	۲۲/۰^{c}	۷۰/۸^{b}	۳۷/۰^{b}	۶/۴^{f}	۶/۵^{d}	۶/۷^{e}
	سولفات نیترات آمونیوم	۸/۱^{j}	۶۱/۱^{c}	۲۱/۲^{f}	۸/۴^{b}	۸/۷^{a}	۸/۹^{b}
۶۰	شاهد	۳/۳^{m}	۱/۹^{l}	۱/۰^{n}	۰/۲^{op}	۰/۲^{k}	۰/۳^{l}
	سولفات آمونیوم با DMPP	۲۲/۰^{c}	۸۷/۵^{a}	۴۴/۰^{a}	۳/۰^{l}	۳/۱^{i}	۳/۲^{ji}
	سولفات آمونیوم	۱۱/۷^{i}	۲۱/۰^{j}	۴/۳^{l}	۴/۷^{h}	۵/۶^{f}	۶/۱^{g}
	سولفات نیترات آمونیوم با DMPP	۲۰/۸^{d}	۸۶/۴^{a}	۲۰/۰^{gh}	۶/۸^{e}	۶/۹^{d}	۷/۱^{d}
	سولفات نیترات آمونیوم	۸/۰^{jk}	۸۶/۰^{a}	۱۹/۵^{h}	۸/۶^{a}	۸/۹^{a}	۹/۰^{ab}
۹۰	شاهد	۳/۱^{m}	۱/۸^{l}	۰/۷^{n}	۰/۳^{o}	۰/۳^{k}	۰/۳^{l}
	سولفات آمونیوم با DMPP	۱۹/۴^{e}	۴۶/۰^{e}	۱۷/۹^{i}	۳/۲^{k}	۳/۲^{i}	۳/۳^{i}
	سولفات آمونیوم	۷/۴^{k}	۱۷/۲^{k}	۲/۸^{m}	۴/۹^{g}	۶/۱^{e}	۷/۱^{d}
	سولفات نیترات آمونیوم با DMPP	۱۷/۸^{f}	۴۱/۸^{f}	۲۲/۶^{e}	۷/۰^{d}	۷/۱^{c}	۷/۲^{d}
	سولفات نیترات آمونیوم	۷/۸^{jk}	۳۲/۵^{h}	۱۹/۲^{h}	^{a}۸/۷	۸/۹^{a}	۹/۱^{a}

*: میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون و ردیف فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد هستند (آزمون LSD).

بازدارنده‌های نیترات سازی ترکیباتی هستند که اکسیداسیون زیستی آمونیوم به نیتریت را بدون تأثیر بر اکسیداسیون نیتریت به نیترات به تأخیر می‌اندازند. این امر بواسطه‌ی جلوگیری و یا دخالت در سوخت و ساز باکتری‌های مؤثر در نیتریت‌سازی (از قبیل باکتری نیتروزوموناس) صورت می‌گیرد. بر اساس توصیه شرکت سازنده کاربرد مقدار ۰/۵ تا ۱/۵ کیلوگرم در هکتار بازدارنده نیترات سازی DMPP بر حسب میزان نیتروژن مصرفی می‌تواند فرایند نیترات‌سازی را به مدت ۲۸ تا ۷۰ روز بسته به ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک و شرایط آب و هوایی به تعویق بیاندازد (۱۷). وجود مقادیر بالای آمونیوم و بالعکس کاهش میزان نیترات خاک در نتیجه کاربرد بازدارنده‌های نیترات سازی در تحقیقات زرولا و همکاران (۲۷)، مارتینز – آلکانتارا و همکاران (۱۴)، رکو و بلو (۲۱) و کوئی‌نونس و همکاران (۱۸) نیز مشاهده شده است که نتایج این تحقیق با آنها مطابقت دارد.

تأثیر بازدارنده نیترات سازی DMPP و فسفر بر عملکرد

نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای آزمایشی بر وزن خشک اندام هوایی (عملکرد بیولوژیک) و عملکرد دانه گندم نشان داد تأثیر منابع نیتروژن و سطوح مختلف فسفر و همچنین برهمکنش آنها بر شاخصهای فوق در سطح یک درصد آماری معنی‌دار شده است. در این میان مقایسه میانگین برهمکنش منابع نیتروژن و سطوح فسفر نشان داد در سطح فسفر صفر میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک، کاربرد بازدارنده نیترات‌سازی DMPP، عملکرد بیولوژیک را در مقایسه با تیمارهای کودی فاقد بازدارنده کاهش داده است (جدول ۴).

محدودیت فسفر قابل استفاده خاک (۳/۳۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در این سطح فسفر می‌تواند دلیل احتمالی این مسئله باشد. نتایج نشان داد کاربرد بازدارنده نیترات سازی DMPP همراه با کود سولفات نیترات آمونیوم منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه‌ی گندم در مقایسه با مصرف بدون بازدارنده‌ی این کود شده است که این تأثیر در سطوح ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌گرم در کیلوگرم فسفر خاک به خوبی نمایان است (جدول ۴).

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 نیترات سازی 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 در مقایسه با نیترات است که در نهایت باعث ذخیره انرژی گیاه و افزایش عملکرد می‌شود (۱۳). افزایش عملکرد گندم در این تحقیق با نتایج تحقیقات پاسدا و همکاران (۱۷) و دوما و همکاران (۷) مبنی بر افزایش میانگین عملکرد گندم پاییزه و پنبه با کاربرد بازدارنده نیترات سازی DMPP مطابقت دارد. مرینو و همکاران (۱۵) نیز به این نتیجه رسیدند که کاربرد بازدارنده نیترات سازی DMPP منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد گیاه و جذب نیتروژن می‌شود. شارما و کومار (۲۳) نیز عنوان کردند کاربرد بازدارنده نیترات سازی "دی سیانو دی آمید" منجر به افزایش عملکرد کاه و دانه در گندم شده است.

جدول ٤- مقایسه میانگین برهمکنش منابع نیتروژن و سطوح فسفر بر عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه‌ی گندم

فسفر	شاهد (بدون کود)	سولفات آمونیوم با DMPP	سولفات آمونیوم	سولفات نیترات آمونیوم با DMPP	سولفات نیترات آمونیوم	میانگین
($mg\ kg^{-1}$)			عملکرد بیولوژیک* (گرم در گلدان)			
۰	۰/۷^{kl}	۰/۴^{m}	۱/۰^{k}	۰/۶^{lm}	۱/۰^{kl}	۰/۷^{D}
۳۰	۴/۴^{j}	۶/۷^{i}	۹/۳^{f}	۱۱/۶^{ab}	۱۰/۳^{d}	۸/۵^{C}
۶۰	۱۰/۱^{d}	۷/۲^{h}	۷/۴^{gh}	۱۱/۹^{a}	۱۱/۰^{c}	۹/۵^{B}
۹۰	۹/۷^{e}	۱۰/۸^{c}	۱۰/۰^{de}	۱۱/۵^{b}	۱۰/۴^{d}	۱۰/۵^{A}
میانگین	۶/۲^{D}	۶/۳^{D}	۶/۹^{C}	۸/۹^{A}	۸/۲^{B}	
			عملکرد دانه* (گرم در گلدان)			
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۳۰	۰/۹^{f}	۱/۶^{c}	۲/۳^{a}	۲/۲^{a}	۱/۹^{b}	۱/۸^{A}
۶۰	۱/۳^{de}	۱/۲^{e}	۱/۳^{d}	۲/۳^{a}	۲/۰^{b}	۱/۶^{B}
۹۰	۰/۷^{g}	۱/۲^{e}	۱/۲^{de}	۲/۲^{a}	۱/۹^{b}	۱/۴^{C}
میانگین	۰/۷^{E}	۱/۰^{D}	۱/۲^{C}	۱/۷^{A}	۱/۵^{B}	

*: میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون و ردیف فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد هستند. اثرات اصلی با حروف بزرگ نشان داده شده است (آزمون LSD).

بر اساس نتایج حاصله کاربرد بازدارنده بـه همـراه کـود سـولفات آمونیوم در سطح فـسفر ۳۰ میلـی‌گـرم در کیلـوگرم خـاک منجـر بـه کـاهش معنـی‌دار عملکـرد بیولوژیـک و همچنـین کـاهش معنـی‌دار عملکرد دانه گندم در سطوح فـسفر ۳۰ و ۶۰ میلـی‌گـرم در کیلـوگرم خاک شد. به نظر می‌رسد اثرات منفی سطوح بالای آمونیـوم بـر رشـد گیاه به خصوص در مراحل اولیه استقرار گیـاه در نتیجـه عـدم تبـدیل آمونیوم به نیترات و از طرف دیگـر توانـایی ضـعیف خـاک در تـامین نیتروژن مورد نیاز گیاه به دلیل میـزان کـم کـربن آلـی خـاک مـورد استفاده (۰/۹۲ درصد) دلیل احتمالی این مسئله باشد کـه ایـن امـر بـا تحقیقات ژنگ (۲۸) و جوزف و پراسـاد (۱۰) همخـوانی دارد. بـا ایـن وجود کاربرد بازدارنده بـه همـراه کـود سـولفات آمونیـوم تـاثیری بـر عملکرد بیولوژیک در سطح فسفر ۶۰ میلی‌گـرم در کیلـوگرم خـاک و همچنین عملکرد دانه گندم در سطح فسفر ۹۰ میلی‌گـرم در کیلـوگرم نداشته است.

تأثیر بازدارنده نیترات سازی DMPP و فـسفر بـر کـارایی مصرف فسفر

نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای آزمایشی بر کارایی زراعـی و بازیافت فسفر در اندام هوایی و دانه نشان داد تـأثیر منـابع نیتـروژن و سطوح مختلف فسفر و همچنین برهمکنش آنها بر شاخصهای فوق در سطح یک درصد آماری معنی‌دار شده است. نتایج نشان داد در تمـامی سطوح فسفر، کاربرد بازدارنده به همراه کود سولفات نیتـرات آمونیـوم منجر به افزایش معنی‌دار کارایی زراعی فسفر انـدام هـوایی و دانـه در مقایسه با تیمار مشابه اما فاقـد بازدارنـده شـد. در ایـن میـان کـاربرد بازدارنده به همراه کود سولفات آمونیـوم منجـر بـه کـاهش معنـی‌دار کارایی زراعی فسفر اندام هوایی و دانه در سطح فسفر ۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک در مقایسه با تیمار مشابه اما فاقد بازدارنده شد. ایـن در حالی بود که کاربرد بازدارنده به همـراه کـود سـولفات آمونیـوم تـأثیر معنی‌داری بر کارایی زراعی فـسفر انـدام هـوایی در سـطح فـسفر ۶۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک و کارایی زراعی فسفر دانه در سطوح ۶۰ و ۹۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک در مقایـسه بـا تیمـار مـشابه امـا فاقـد بازدارنده نداشت (جدول ۵).

جدول ۵- مقایسه میانگین برهمکنش منابع نیتروژن و سطوح مختلف فسفر بر کارایی زراعی و بازیافت فسفر در اندام هوایی و دانه‌ی گندم

فسفر	شاهد (بدون کود)	سولفات آمونیوم با DMPP	سولفات آمونیوم	سولفات نیترات آمونیوم با DMPP	سولفات نیترات آمونیوم	میانگین
($mg\ kg^{-1}$)	کارایی زراعی فسفر اندام هوایی* ($gr\ gr^{-1}\ P$)					
۳۰	۱۷/۷^{h}	۳۰/۴^{d}	۳۹/۶^{c}	۵۲/۴^{a}	۴۴/۶^{b}	۳۶/۹^{A}
۶۰	۲۲/۲^{g}	۱۶/۲^{ji}	۱۵/۲^{jk}	۲۶/۷^{e}	۲۳/۸^{f}	۲۰/۸^{B}
۹۰	۱۴/۳^{k}	۱۶/۶^{i}	۱۴/۳^{k}	۱۷/۲^{hi}	۱۵/۰^{jk}	۱۵/۵^{C}
میانگین	۱۸/۱^{E}	۲۱/۱^{D}	۲۳/۰^{C}	۳۲/۱^{A}	۲۷/۸^{A}	
	کارایی زراعی فسفر دانه ($gr\ gr^{-1}\ P$)					
۳۰	۴/۱^{f}	۷/۵^{c}	۱۰/۸^{a}	۱۰/۴^{a}	۹/۱^{b}	۸/۴^{A}
۶۰	۳/۱^{g}	۲/۸^{gh}	۳/۲^{g}	۵/۵^{d}	۴/۸^{e}	۳/۹^{B}
۹۰	۱/۱^{j}	۱/۹^{i}	۲/۰^{i}	۳/۱^{g}	۲/۷^{h}	۲/۲^{C}
میانگین	۲/۸^{D}	۴/۱^{C}	۵/۳^{B}	۶/۳^{A}	۵/۵^{B}	
	کارایی بازیافت فسفر اندام هوایی (٪)					
۳۰	۵/۵^{g}	۱۱/۲^{c}	۱۴/۳^{b}	۱۶/۵^{a}	۱۴/۳^{b}	۱۲/۴^{A}
۶۰	۶/۳^{f}	۶/۲^{f}	۵/۵^{g}	۹/۶^{d}	۱۱/۲^{c}	۷/۸^{B}
۹۰	۳/۸^{i}	۶/۰^{f}	۴/۸^{h}	۷/۸^{e}	۶/۵^{f}	۵/۸^{C}
میانگین	۵/۲^{E}	۷/۸^{D}	۸/۲^{C}	۱۱/۳^{A}	۱۰/۶^{B}	
	کارایی بازیافت فسفر دانه (٪)					
۳۰	۲/۸^{f}	۶/۱^{c}	۸/۵^{a}	۸/۶^{a}	۷/۳^{b}	۶/۷^{A}
۶۰	۲/۳^{g}	۲/۵^{fg}	۲/۶^{fg}	۴/۸^{d}	۴/۰^{e}	۳/۳^{B}
۹۰	۰/۸^{i}	۱/۷^{h}	۱/۸^{h}	۲/۴^{g}	۲/۷^{fg}	۱/۹^{C}
میانگین	۱/۹^{D}	۳/۴^{C}	۴/۳^{B}	۵/۳^{A}	۴/۶^{B}	

*: میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون و ردیف فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد هستند. اثرات اصلی با حروف بزرگ نشان داده شده است (آزمون LSD).

براساس نتایج جدول ۵ کاربرد بازدارنده بـه همـراه کـود سـولفات نیترات آمونیوم منجر به افزایش معنی‌دار کارایی بازیافت فـسفر انـدام هوایی در سطوح فسفر ۳۰ و ۹۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک در مقایسه با تیمار مشابه اما فاقد بازدارنده شد. در این میان کاربرد بازدارنـده بـه همراه کود سولفات آمونیوم منجر به کاهش معنی‌دار کـارایی بازیافـت فسفر اندام هوایی و دانه در سطح فسفر ۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک شد. با این وجود کاربرد بازدارنده به همراه کود سولفات آمونیـوم تـأثیر معنی‌داری بر کارایی بازیافت فـسفر دانـه در سـطوح فـسفر ۶۰ و ۹۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خـاک نداشـت. بـر اسـاس نتـایج ایـن تحقیـق، افزایش کارایی مصرف فسفر در نتیجه کاربرد بازدارنده نیترات سـازی DMPP به همراه کود سولفات نیترات آمونیوم می‌تواند به دلیل تأمین نیترات مورد نیاز گیاه توسط این کود در اوایل دوره‌ی رشـد گیـاه و از طرف دیگر کاهش pH ریزوسفر بـه دلیـل ترشـح پروتـون در نتیجـه جذب یون آمونیوم باشد که منجر به افزایش حلالیت فسفر و در نتیجه افزایش جذب فسفر از خاک توسط گیاه شده است. به نظر می‌رسد بـا کاهش موضعی pH در خاکهای آهکی بخشی از فسفاتهای نـامحلول به ترکیباتی محلول‌تر مثل دی کلسیم فـسفات تبـدیل شـده و بـدین ترتیب قابلیت جذب فسفر توسط گیاه افزایش یافته است (۱ و ۳). این امر با نتایج پژوهشهای انجام شـده در ایـن زمینـه از قبیـل تحقیقـات ارتگا و همکـاران (۱۶) در شـیلی و رحمـت الـه و همکـاران (۲۰) در آلمان نیز همخوانی دارد. براساس نتایج این پژوهش کـاهش کـارایی مصرف فسفر در نتیجه کاربرد بازدارنـده نیتـرات سـازی DMPP بـه همراه کود سولفات آمونیوم در مقایسه با تیمار مشابه اما فاقد بازدارنده را می‌توان به محدودیت نیتـرات خـاک در ایـن تیمـار بـه دلیـل اثـر بازدارنده‌گی DMPP بر تبدیل آمونیوم به نیترات و اثرات سمی سطوح بالای آمونیوم بر رشد گیاه به خصوص در مراحل اولیه‌ی رشد نـسبت داد. موقعی که جذب آمونیوم از میزان جذب و ساخت (آسیمیلاسـیون) آن تجاوز کند، تجمع آمونیوم آزاد در بافت گیاهی رخ می‌دهـد. تجمـع آمونیوم جذب و ساخت نشده و انتقال آن به برگها می‌تواند بـسیاری از فرایندهای متابولیکی از قبیـل فتوسـنتز را مختـل کـرده و در نهایـت منجر به کاهش عملکرد شود (۱۳).

نتیجه‌گیری

براساس نتایج حاصله کاربرد بازدارنده نیترات سـازی DMPP بـه همراه هر دو کود سولفات آمونیوم و سولفات نیترات آمونیوم منجر بـه افزایش معنی‌دار فسفر قابل استفاده خاک در انتهای کشت و همچنین افزایش معنی‌دار آمونیوم خـاک و بـه طـور عکـس کـاهش معنـی‌دار نیترات خاک در طول دوره کشت در مقایسه با تیمارهـای مـشابه امـا بدون بازدارنده شد. کاهش نیترات خـاک در نتیجـه کـاربرد بازدارنـده نیترات سازی دارای اهمیت زیادی بوده و منجر بـه کـاهش هـدررفت آن از طریق فرایند آبشویی و نیترات زدایی مـی‌شـود کـه ایـن امـر از لحاظ زیست محیطی بـسیار مهـم اسـت. همچنـین نتـایج نـشان داد کاربرد بازدارنده نیترات سازی DMPP به همراه کود سولفات نیتـرات آمونیوم به دلیـل تـأمین نیتـرات مـورد نیـاز گیـاه در اوایـل کـشت و اکسایش تدریجی آمونیوم به نیترات در طول دوره کـشت و همچنـین اسیدی شدن pH ریزوسفر به دلیـل ترشـح پروتـون در نتیجـه جـذب آمونیوم توسط ریشه، عملکـرد بیولوژیـک و عملکـرد دانـه‌ی گنـدم و همچنین کارایی زراعی فسفر را به طور معنی‌داری افزایش داده اسـت. با این حال استفاده از بازدارنده نیترات سازی DMPP به همـراه کـود سولفات آمونیوم به خصوص در خاکهای دارای میزان کم ماده آلی بـه دلیل عدم توانایی این خاکها در تامین نیتروژن مورد نیاز گندم و اثرات سمی آمونیوم بر رشد گیاه به خـصوص در مراحـل اولیـه رشـد قابـل کاربرد نمی‌باشد. اما کاربرد بازدارنده نیتـرات سـازی DMPP بـا کـود سولفات نیترات آمونیوم برای افزایش عملکرد و کارایی مصرف فـسفر در خاکهای زیر کشت گندم قابل توصیه است.

منابع

۱- حسین‌پور ع. ۱۳۸۷. شیمی و حاصلخیزی خاک (چاپ اول). انتشارات دانشگاه پیام نور، تهران.

۲- علی احیایی م. و بهبهانی زاده ع.ا. ۱۳۷۲. شرح روش‌های تجزیه شیمیایی خاک. نشریه فنی شماره ۸۹۳ ، انتشارات مؤسسه تحقیقـات خـاک و آب، تهران.

۳- ملکوتی م.ج. و ریاضی همدانی س.ع. ۱۳۷۰. کودها و حاصلخیزی خاک. مرکز نشر دانشگاهی، تهران.

۴- ملکوتی م. ج.، کشاورز پ. و کریمیان ن.ج. ۱۳۸۷. روش جامع تشخیص و توصیه بهینه کودی برای کشاورزی پایدار (چـاپ هفـتم). انتـشارات دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

۵- نورقلی‌پور ف.، خاورزی ک.، بشارتی ح. و فلاح ع.ر. ۱۳۸۵. بررسی تأثیر کاربرد خاک فسفات، گوگرد و باکتری تیوباسیلوس بر عملکرد کمـی و کیفی سویا و اثرات باقی مانده آن بر ذرت. مجله علوم خاک و آب ۲۰: ۱۳۲-۱۲۲.

6- Anderson J.M., and Ingram J.S.I. 1993. Tropical Soil Biology and Fertility. A Hand Book of Methods. 2nd ed. CAB International. Wallingford.

7- Douma A.C., Polychronaki E.A., Giourga C., and Loumou A. 2005. Effects of fertilizers with the nitrification inhibitor DMPP (3,4-Dimethylpyrazole Phosphate) on yield and soil quality. p. 340-345. In: T.D. Lekkas (ed.) Proceedings of the 9th International Conference on Environmental Science and Technology, 1–3 Sep. 2005. The Department of Environmental Studies of the University of the Aegean, Rhodes Island, Greece.
8- Eghball B., and Sander D.H. 2001. Does variable distribution affect liquid P-use efficiency. Journal of Fluid Engineering, 9:18-21.
9- Johnston A.E., and Syers J.K. 2009. A new approach for assessing P use efficiency in Agriculture. Better Crops, 93:14-16.
10- Joseph P.A., and Prasad R. 1993. The effect of dicyandiamide and neem cake on the nitrification of ureaderived ammonium under field conditions. Biology and Fertility of Soils, 15:149–152.
11- Ladha J.K., Pathak H., Krupnik T.J., Six J., and Kessel C.V. 2005. Efficiency of fertilizer nitrogen in cereal production: retrospects and prospects. Advances in Agronomy, 87:85-156.
12- Manske G.G.B., Ortiz-Monasterio J.I., Van Ginkel M., Gonzalez R.M., Rajaram S., Molina E., and Vlek P.L.G. 2000. Traits associated with improved P-uptake efficiency in CIMMYT's semidwarf spring bread wheat grown on an acid andisol in Mexico. Plant and Soil, 221:189-204.
13- Marschner H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd ed. Academic Press, San Diego.
14- Martínez-Alcántara B., Pazzaglia L., Ricarte B., Bañuls J., Tagliavini M., Primomillo E., and Legaz F. 2006. Improvement of the ecoefficiency of the N fertilization by using the nitrification inhibitor (DMPP) in citrus under drip irrigation system. p. 583-586. Proceedings of the 10th International Citrus Congress, 15–20 Feb. 2006. International Society of Citriculture, Agadir, Morocco.
15- Merino P., Menéndez S., Pinto M., Estavillo J.M., 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.
16- 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. p. 155-156. Proceedings of the 18th World Congress of Soil Science, 9–15 Jul. 2006. Philadelphia, USA.
17- 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.
18- Quiñones A., Martínez-Alcántara B., Chi-Bacab U., and Legaz F. 2009. Improvement of N fertilization by using the nitrification inhibitor DMPP in drip-irrigated citrus trees. Spanish Journal of Agricultural Research, 7:190-199.
19- Raghothama K.G. 1999. Phosphate acquisition. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 50:665-693.
20- Rahmatullah G.M.A., Wissemeier A.H., 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.
21- Roco M.M., and Blu R.O. 2006. Evaluation of the nitrification inhibitor 3,4-dimethylpyrazole phosphate in two Chilean soils. Journal of Plant Nutrition, 29:521-534.
22- Sepehr E., Malakouti M.J., 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.
23- Sharma S.N., 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.
24- Thomson C.J., Marschner H., and Römheld V. 1993. Effect of nitrogen fertilizer form on the pH of the bulk soil and the rhizosphere, and on the growth, phosphorus and micronutrient uptake of bean. Journal of Plant Nutrition, 16:493-506.
25- Weiske A., Benckiser G., and Ottow J.C.G. 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.
26- Westerman R.L. 1990. Soil Testing and plant Analysis. 3rd ed. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.

27- Zerulla W., Barth T., Dressel J., Von Locquenghien K.E.K.H., Pasda G., Rädle M., and Wissemeier A.H. 2001. 3,4-Dimethylpyrazole phosphate (DMPP), a new nitrification inhibitor for agriculture and horticulture. Biology and Fertility of Soils, 34:79-84.
28- Zheng W.H. 1981. Effect of dicyandiamide on wheat. Fujian Agricultural Science and Technology, 1:27–28.

Journal of Water and Soil
Vol. 26, No. 6, Jan.-Feb. 2013, p. 1473-1482

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۶، بهمن - اسفند ۱۳۹۱، ص. ۱۴۸۲-۱۴۷۳

Effects of Nitrification Inhibitor 3,4-Dimethylpyrazole Phosphate (DMPP) and Phosphorus (P) on the Yield and P Use Efficiency of Wheat

F. Ehsanpour[1]- Sh. Kiani[2*]- A. Hosseinpour[3]

Received: 14-3-2012
Accepted: 21-10-2012

Abstract

Low phosphorus use efficiency in calcareous soils is one of the problems of wheat production in the fields, all over the world. This experiment was conducted to elucidate the effects of nitrification inhibitor (NI) 3,4-dimethylpyrazole phosphate (DMPP) and phosphorus (P) levels on the yield and P use efficiency of wheat (Triticum aestivum L.). A factorial experiment in randomized complete block design was carried out with two factors of type of nitrogen fertilizer (1- control: with no added N fertilizer, 2 and 3- ammonium sulfate fertilizer (ASF) with and without nitrification inhibitor DMPP, 4 and 5- ammonium sulphate nitrate fertilizer (ASNF) with and without nitrification inhibitor DMPP with rate of 100 mg N Kg-1 soil) and different levels of P (0, 30, 60 and 90 mg P kg-1 soil) on spring wheat cv. Pishtaz during 2010 at ShahreKord University with three replicates. According to results, application of nitrification inhibitor DMPP with both of ASF and ASNF resulted to meaningful increase of soil available P at the end of experiment as well as significant increase of NH4+ and also significant decrease of NO3- in the soil during experiment as compared to similar treatments but without NI. The results indicated that application of nitrification inhibitor DMPP with ASNF at all P applied led to significant increase ($P<0.05$) of biological yield and grain yield of wheat and also P agronomic efficiency of aerial part and grain of wheat compared to ASNF but without NI. In conclusion: application of nitrification inhibitor DMPP with ammonium sulfate nitrate fertilizer is recommendable to improve yield and P use efficiency of wheat.

Keywords: Nitrification inhibitor, Yield, Phosphorus use efficiency, Wheat (Triticum aestivum L.), 3, 4-dimethylpyrazole phosphate (DMPP)

1,2,3- Former MSc Student, Assistant Professor and Professor of Soil Science Department, College of Agriculture, Shahrekord University, Respectively
(*- Corresponding Author Email: shkiani2002@yahoo.com)