

تأثیر کودهای آلی و شیمیایی بر میزان جذب فسفر به وسیله گندم و فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز اسیدی و قلیایی در خاک

جعفر شهبابی^۱ فر^۲، ابراهیم پناه‌پور^{۳*}، فرهاد مشیری^۴، علی غلامی^۵ و مهرزاد مستشاری^۶

(دریافت: ۱۳۹۶/۰۱/۰۷ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۳/۰۶)

چکیده

کمبود فسفر و نیز کارایی جذب پایین این عنصر توسط گیاه در خاک‌های آهکی یکی از مشکلات مهم در سامانه‌های زراعی مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. به‌منظور بررسی میزان جذب فسفر و فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز اسیدی و قلیایی در سه نوع خاک با مقادیر متفاوت فسفر قابل جذب (Qazvin₁, Qazvin₂ و Dizan) و با کاربرد ۵۰ میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک از منابع کودهای گوسفندی، کمپوست زباله شهری و سوپرفسفات تریپل در شرایط گلخانه و تحت کشت گندم، تحقیقی در سال ۱۳۹۴ به‌صورت آزمایش‌های فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار به مرحله اجرا درآمد. نتایج نشان داد که میزان فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی بالاتر از اسیدی و در خاک Dizan نسبت به سایر خاک‌های مورد بررسی با افزایش معنی‌داری همراه شد. میزان فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی بیش از ۲/۷ برابر فسفاتاز اسیدی در خاک Dizan بود. میزان تأثیر کمپوست زباله شهری بر فعالیت آنزیم فسفاتاز اسیدی نسبت به گوسفندی و سوپرفسفات تریپل به ترتیب ۸۲/۳ و ۶۲/۱ و بر فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی به ترتیب ۵۲/۶ و ۸۷/۶ میکروگرم پارانیتروفنل بر گرم خاک خشک بر ساعت بیش‌تر بود. در برهم‌کنش خاک و کود، بیش‌ترین فعالیت آنزیم فسفاتاز اسیدی از خاک Dizan در تیمار با کمپوست زباله شهری و سوپرفسفات تریپل به‌دست آمد. در خاک Dizan با کاربرد سوپرفسفات تریپل، غلظت جذب فسفر توسط گیاه نسبت به کود گوسفندی، ۳۴/۳ درصد، کود کمپوست زباله شهری، ۲۰/۹ درصد و نسبت به شاهد، ۶۵/۷ درصد افزایش داشت. در این خاک میزان فسفر باقی‌مانده خاک پس از برداشت گیاه در تیمار با کود سوپرفسفات تریپل نسبت به تیمار با کود گوسفندی، ۳۳/۳ درصد، کود کمپوست زباله شهری، ۶۱/۷ درصد و شاهد ۷۲/۴ درصد افزایش نشان داد. با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق در خاک‌های آهکی با کاربرد کمپوست زباله شهری حداکثر فعالیت آنزیمی فسفاتاز حاصل می‌شود.

واژه‌های کلیدی: کمپوست، سوپرفسفات تریپل، کود گوسفندی، فسفاتاز

شهبابی فر ج.، پناه‌پور ا.، مشیری ف.، غلامی ع.، مستشاری م. ۱۳۹۸. تأثیر کودهای آلی و شیمیایی بر میزان جذب فسفر به‌وسیله گندم و فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز اسیدی و قلیایی در خاک. تحقیقات کاربردی خاک. جلد ۷، شماره ۳، صفحه: ۱۵۰-۱۶۳.

۱- دانشجوی دکتری خاکشناسی، پردیس علوم و تحقیقات خوزستان، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۲- گروه خاکشناسی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۳- گروه خاکشناسی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۴- استادیار موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۵- گروه خاکشناسی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۶- دانشیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، قزوین، ایران

*نویسنده مسئول: پست الکترونیک: e.panahpour@iauhvaz.ac.ir

مقدمه

چندین آنزیم در چرخه مواد غذایی شناخته شده‌اند که در تبدیل عناصر غذایی آلی به معدنی نقش دارند. یکی از آن‌ها آنزیم فسفاتاز قلیایی است که از طریق هیدرولیز کردن منو استرهای اسید فسفریک و تبدیل آن‌ها به یون فسفات و مولکولی با یک گروه هیدروکسیل آزاد، گروه فسفات را از پیش ماده جدا می‌سازد. از آنجا که ۹۰ درصد فسفر آلی به شکل منواستر بوده و مواد آلی نیز ترکیبات استری فسفات را به خاک اضافه می‌نمایند، نقش این آنزیم اهمیت پیدا می‌کند (Guimaraes *et al.*, 2006).

آنزیم‌های خاک نقش مهمی را در کاتالیز واکنش‌های موردنیاز برای تجزیه مواد آلی و چرخه‌های غذایی دارند (Johnson *et al.*, 2000). بنابراین تغییرات در آنزیم‌ها می‌تواند جذب مواد غذایی توسط گیاهان را کاهش داده و البته این تغییرات شاخص‌های حساسی برای کیفیت خاک هستند (Ali Ahma Korori, 2011). فسفاتازها از آنزیم‌های کلیدی در چرخه فسفر خاک‌ها و شاخصی خوب برای توان معدنی شدن فسفر آلی و فعالیت بیولوژیک هستند و توسط ریشه‌ی گیاهان و میکروارگانیسم‌ها ترشح می‌شوند (Dick, 1993 & Tabatabai). احمد پور سفیدکوهی و همکاران (Ahmadpoor- Sefidkoochi *et al.*, 2013) در بررسی و ارزیابی میزان فعالیت آنزیم‌های اوره آز و فسفاتاز قلیایی و تغییر بعضی ویژگی‌های شیمیایی در خاک تیمار شده با کمپوست و ورمی کمپوست تحت کشت ذرت گزارش کردند که با به‌کارگیری کمپوست زباله شهری و ورمی-کمپوست میزان فعالیت آنزیم اوره آز و فسفاتاز قلیایی افزایش و با افزایش مقدار مصرف، فعالیت آنزیم‌ها تشدید یافت. حجتی و همکاران (Hojjati *et al.*, 2006) در بررسی تأثیر لجن فاضلاب بر شاخص زیست‌توده میکروبی، فعالیت‌های آنزیمی خاک و عملکرد گیاه ذرت گزارش کردند جمعیت میکروبی خاک با افزایش ماده آلی (لجن فاضلاب) از سطح فعالیت بالاتری برخوردار شده و امکان ساخت و فراهمی آنزیم فسفاتاز قلیایی به وجود آمده است. گارگ و باهل (Garg, 2008 & Bahl) در یک آزمایش مزرعه‌ای اثر کود مرغی، کود دامی، کود سبز و بقایای محصولات را بر قابلیت دسترسی فسفر و فعالیت آلکالین فسفاتاز تحت کشت ذرت مورد بررسی

قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که مقدار فسفر قابل‌دسترس و فعالیت آلکالین فسفاتاز به ترتیب در تیمار کود مرغی، کود دامی، کود سبز و بقایای گیاهی بیش‌ترین مقدار را داشت. هم‌چنین باتاچاریا و همکاران (Bhattacharyya *et al.*, 2005) طی آزمایشی اثر کود گاوی تجزیه‌شده، کم‌پوست زباله‌های شهری، به‌تنهایی و همراه با کود اوره را بر ویژگی‌های میکروبی و فعالیت برخی آنزیم‌ها از جمله اوره‌آز در خاک مورد بررسی قرار دادند. نتایج این محققان نشان داد که فعالیت آنزیم اوره‌آز در حضور تیمار تلفیقی کود گاوی تجزیه‌شده و اوره بیش‌ترین مقدار را داشت. هرناندز و همکاران (Hernandez *et al.*, 2002) نشان دادند که فعالیت‌های زیستی خاک مانند زیست‌توده میکروبی و فعالیت آنزیمی با کاربرد لجن فاضلاب کاهش یافته است. در مقابل ساستر و همکاران (Sastre *et al.*, 1996) و نانی‌پیری (Nannipieri, 1994) نشان دادند که افزودن لجن فاضلاب موجب افزایش فعالیت میکروبی، تنفس و فعالیت آنزیمی خاک شده است. کیزیلکایا و همکاران (Kizilkaya *et al.*, 2004) فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی را پس از کاربرد لجن فاضلاب و غنی‌سازی آن با نیتروژن مطالعه نمودند و نتیجه گرفتند که اثر کاهش کود شیمیایی بر میزان فعالیت آنزیم فسفاتاز با افزایش کودهای آلی زیاد شد. هریسون (Harrison, 1987) در پژوهش‌های خود نشان داد که همبستگی بالای فعالیت آنزیمی و مواد آلی خاک با میزان فسفر قابل جذب خاک، با افزایش ماده آلی در خاک جمعیت زیستی و تنوع آن‌ها افزایش یافته و این عمل موجب تجزیه فسفر آلی خاک و تبدیل آن به فسفر معدنی و جذب آن برای گیاهان و میکروارگانیسم‌ها شد.

فیلیپ و همکاران (Philip *et al.*, 2008) گزارش کردند که پروسه معدنی شدن فسفر از ترکیبات فسفر آلی توسط آنزیم‌ها به‌خصوص فسفاتاز و فیتاز صورت می‌گیرد، که این سازوکارها می‌تواند در مدیریت حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه نقش مهمی داشته باشد. در یک خاک آهکی و اسیدیته قلیایی، با افزایش کاه برنج، فضولات خوک، کاه برنج به همراه فضولات خوک میزان فعالیت فسفاتاز قلیایی به ترتیب ۲۱۹، ۲۸۱ و ۲۷۴ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت (Liang *et al.*, 2003).

آزمایش در شرایط گلخانه انجام و از رقم گندم (*Triticum activum* Var. *Pishtaz*) برای کشت استفاده شد. ابتدا بذور اصلاح و ضدعفونی شده گندم را در رطوبت مناسب برای جوانه‌زنی قرار داده و پس از رؤیت جوانه‌ها به مدت ۷۲ ساعت در داخل یخچال برای بهاره کردن قرار داده سپس در ۱/۵ کیلوگرم خاک گلدان تیمار شده در عمق دو سانتی‌متری کشت شد. گلدان‌ها هر روز بر اساس رطوبت وزنی و رسیدن به نقطه ظرفیت زراعی با آب مقطر آبیاری شده و تا زمان پنجه‌زنی کامل به مدت ۶۰ روز تحت مراقبت و تیمار قرار داده شدند. پس از سپری شدن زمان مذکور، اقدام به نمونه‌برداری از خاک گلدان‌های تحت آزمایش در ناحیه توسعه ریشه و تعیین میزان فسفر شد. در همین مرحله مقادیر رطوبت وزنی خاک گلدان‌ها اندازه‌گیری و یادداشت شد (جدول ۳).

اندازه‌گیری فسفر خاک

اندازه‌گیری فسفر اولسن

ابتدا ۲/۵ گرم خاک را توزین نموده سپس ۵۰ سانتی‌متر مکعب بیکربنات سدیم ۰/۵ نرمال با $\text{pH}=8/5$ روی آن ریخته و به مدت ۰/۵ ساعت توسط شیکر دورانی تکان داده و بعد از آن با کاغذ صافی واتمن ۴۲ صاف شد. ۱۰ سانتی‌متر مکعب از محلول صاف‌شده با ۱۰ سانتی‌متر مکعب محلول مخلوط (شامل ۵۰ سانتی‌متر مکعب اسیدسولفوریک چهار مول، ۱۵ سانتی‌متر مکعب محلول آمونیم مولیبدات، ۳۰ سانتی‌متر مکعب محلول اسید اسکوربیک، پنج سانتی‌متر مکعب محلول پتاسیم آنتیموان تارتارات و ۲۰۰ سانتی‌متر مکعب آب مقطر) شده و به هر کدام از نمونه خاک‌ها اضافه شد. محلول تهیه شده به مدت ۴۵ دقیقه تکان داده شد، سپس با دستگاه اسپکتوفتومتر روی طول‌موج ۸۲۰ نانومتر میزان فسفر اولسن نمونه‌ها اندازه‌گیری شد (Olsen & Sommers, 1982).

اندازه‌گیری فسفر کل

دو گرم خاک هوا خشک که از الک ۰/۵ میلی‌متری عبور داده شده بود به همراه ۳۰ میلی‌لیتر HClO_4 ۷۰ درصد به یک ارلن ۲۵۰ میلی‌لیتری منتقل شد و سپس روی ظرف با یک قیف شیشه‌ای پوشانیده شد. به منظور انجام عملیات هضم، محلول را در روی حمام شن با حرارت

در رابطه با فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز با کاربرد کودهای آلی و شیمیایی پژوهش‌های زیادی توسط محققان صورت گرفته است، اما بررسی این نوع فعالیت‌های آنزیمی در خاک‌های با ویژگی‌های متفاوت کم‌تر توجه شده است. هدف از انجام این پژوهش بررسی تأثیر منابع کودهای آلی (گوسفندی و کمپوست زباله شهری) و شیمیایی (سوپرفسفات تریپل) در سه نوع خاک با مقادیر فسفر قابل جذب متفاوت بر فراهمی فسفر و جذب آن به وسیله گیاه گندم و فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز اسیدی و قلیایی در خاک بود.

مواد و روش‌ها

سه نوع خاک با مقادیر متفاوت فسفر خیلی کم (Qazvin_1) کم (Qazvin_2) و متوسط (Dizan) از نقاط مختلف دشت قزوین برای انجام آزمایش انتخاب شدند. در هر خاک، ۵۰ میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک از منابع کودهای گوسفندی، کمپوست زباله شهری و سوپرفسفات تریپل به‌کاربرده شد. برای تامین این میزان فسفر خالص ۱۰/۹۸ گرم کود گوسفندی، ۱۴/۴۲ گرم کمپوست زباله شهری و ۰/۲۶ گرم سوپرفسفات تریپل خشک به ۱/۵ کیلوگرم خاک گلدان اضافه شد.

شاهد نیز که در آن از کودهای آلی و شیمیایی استفاده نشده بود، در آزمایش منظور شد. آزمایش به‌صورت طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطوح یک و پنج درصد استفاده شد. خاک‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد بررسی شامل: pH خاک در واکنش گل اشباع، کربنات کلسیم معادل به روش خنثی‌سازی با اسید کلریدریک، کربن آلی به روش سوزاندن و مطابق با روش پیشنهادی والکلی و بلاک، فسفر قابل جذب به روش اولسن (Kuo, 1996)، فسفر کل به روش هضم با اسید پرکلریک (Kuo, 1996)، بافت خاک به روش هیدرومتری تعیین شدند (جدول ۱). کودهای آلی و سوپرفسفات تریپل پس از خشک شدن، آسیاب شده و از الک ۰/۵ میلی‌متری عبور داده شدند. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مورد نیاز کودهای مورد بررسی تعیین و در جدول ۲ نشان داده شده است.

رسانده و با آب مقطر به حجم ۲۵۰ میلی لیتر رسید. غلظت فسفر به روش اسید آسکوربیک قرائت شد (Kuo, 1996).

۱۳۰ درجه سلسیوس قرار داده تا رنگ تیره محو شود. به گرم کردن در حرارت ۲۰۳ درجه سلسیوس به مدت ۲۰ دقیقه ادامه داده شد. زمانی عملیات هضم پایان پذیرفت که دود سفید رنگی ظاهر شد. وقتی عملیات هضم به پایان رسید دمای ارلن را به دمای محیط

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های انتخاب شده

Table 1. Pphysical and chemical properties of the selected soils

Soil type	pH	Pava	Ptot.	EC	T.N.V	OC	sand	silt	clay	CEC
		mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹							
Qazvin ₁	7.5	4.4	241	0.80	82.0	5.8	600	320	80	16.22
Qazvin ₂	7.6	8.4	330	0.70	74.0	9.6	580	340	80	15.97
Dizan	7.9	13.2	677	1.22	283.0	8.7	300	520	180	22.79

pH: واکنش خاک؛ Pava: فسفر قابل جذب؛ Ptot: فسفر کل؛ Ece: هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک؛ T.N.V: کربنات کلسیم؛ OC: کربن آلی؛ CEC: ظرفیت تبادل کاتیونی خاک؛ Pava: Phosphorus available; Ptot: Phosphorus total; Ec_e: Electrical Conductivity of soil saturation extract; T.N.V: Calcium carbonate; OC: Organic Carbon; CEC: Cation Exchangeable Capacity

جدول ۲- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی کودهای آلی مورد آزمایش

Table 2. Physical and chemical characteristics of organic fertilizers tested

Fertilizer	OC	N-NH ₃	N.t	NO ₃ -t	P.t	K.t	Mn.t	Pb.t	Cd.t	Zn.t	Cu.t	Fe.t	pH (1:5)	EC
														dS m ⁻¹
S M	168.5	0.11	11.4	8.32	4.47	26.7	0.48	0.03	0.002	0.11	0.03	10.41	8.06	16.05
MSCW	218.2	0.23	16.7	0.02	5.08	10.0	0.47	0.02	0.004	1.37	0.39	13.12	7.13	12.16

Sheep manure (SM) کود گوسفندی، کمپوست زیاله شهری (MSCW) Municipal solid waste compost. کربن آلی OC، نیتروژن آمونیاکی N-NH₃، نیتروژن کل N.t، نترات کل NO₃-t، فسفر کل Pt، پتاسیم کل Kt، منگنز کل Mn.t، سرب کل Pb.t، کادمیم کل Cd.t، روی کل Zn.t، مس کل Cu.t، آهن کل Fe.t

جدول ۳- میانگین رطوبت وزنی خاک‌های تیمار شده در شرایط گلخانه

Table 3. Mean weight moisture of soil treatments after harvest in the greenhouse

Soil type	Fertilizer type	Weight moisture (%)
Qazvin ₁	Sheep manure	4.82
	Municipal solid waste compost	5.39
	Triple superphosphate	4.53
	Control	4.55
Qazvin ₂	Sheep manure	7.48
	Municipal solid waste compost	7.42
	Triple superphosphate	4.69
	Control	5.88
Dizan	Sheep manure	6.46
	Municipal solid waste compost	6.53
	Triple superphosphate	4.80
	Control	6.13

محلول پارانیتروفنل فسفات ساخته شده در بافر مشابه به آن اضافه شد. بعد از پوشاندن درب ارلن‌ها، محتویات را کاملاً مخلوط کرده و برای یک ساعت در ۳۷ درجه سلسیوس قرار داده شد. بعد از گرما گذاری، یک میلی لیتر از ۰/۵ CaCl₂ مولار و چهار میلی لیتر از ۰/۵ NaOH مولار اضافه و محتویات به خوبی مخلوط و به وسیله کاغذ صافی دولایه صاف گردید. جذب نور را در طول موج ۴۰۰

برای اندازه گیری فعالیت فسفومونواستر از روش طباطبایی و برمنر (Tabatabai, 1969 & Bremner) و عیوضی و طباطبایی (Eivazi, 1977 & Tabatabai) استفاده شد به این صورت که یک گرم خاک را در یک ارلن مایر ۵۰ میلی لیتری ریخته و ۰/۲۵ میلی لیتر تولوئن، چهار میلی لیتر MUB (pH=۶/۵) برای سنجش فسفاتاز اسیدی و ۱۱ pH برای سنجش فسفاتاز قلیایی) و یک میلی لیتر از

نتایج و بحث

تجزیه واریانس

نتایج تجزیه واریانس نمونه خاک‌های تیمار شده با منابع کودهای آلی و شیمیایی در صفات مورد بررسی در جدول ۴ آمده است. اثر خاک و کود بر صفت میزان آزادسازی فسفر تحت تأثیر فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز اسیدی و قلیایی در سطح یک درصد معنی‌دار شد. تأثیر کود بر صفات میزان آزادسازی فسفر تحت تأثیر فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز اسیدی و قلیایی در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. اثرات متقابل خاک و کود بر صفت آزادسازی فسفر تحت تأثیر فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز اسیدی و قلیایی در سطح یک درصد معنی‌دار شد. اثر خاک بر صفات غلظت فسفر پس از برداشت گیاه در خاک، فسفر کل گیاه و غلظت جذب فسفر توسط گیاه در سطح یک درصد معنی‌دار شد. تأثیر کود نیز بر صفات غلظت فسفر پس از برداشت گیاه در خاک، فسفر کل گیاه و غلظت جذب فسفر توسط گیاه در سطح یک درصد معنی‌دار شد. برهم‌کنش خاک و کود بر فسفر کل گیاه و غلظت جذب فسفر توسط گیاه در سطح یک درصد معنی‌دار شد، اما بر صفت غلظت فسفر پس از برداشت گیاه در خاک معنی‌دار نشد.

نانومتر قرائت و برای آماده‌سازی کنترل‌ها یک میلی‌لیتر از محلول PNP را بعد از اضافه کردن 0.5 CaCl_2 مولار و چهار میلی‌لیتر از 0.5 NaOH مولار بلافاصله قبل از صاف کردن سوسپانسیون خاک به آن اضافه و تمام اندازه‌گیری‌ها با سه تکرار انجام شد. برای تعیین منحنی کالیبراسیون، یک میلی‌لیتر از محلول استاندارد پارانیتروفنل را در یک بالن ژوژه ۱۰۰ میلی‌لیتر ریخته و با آب مقطر به حجم رسانیده شد. سپس در شش ارلن مایر ۵۰ میلی‌لیتری (لوله آزمایش) به ترتیب صفر، یک، دو، سه، چهار و پنج میلی‌لیتر از محلول تهیه‌شده را ریخته و با افزودن آب مقطر به حجم پنج میلی‌لیتر رسید (به ترتیب پنج، چهار، سه، دو، یک و صفر). همان‌گونه که برای آنالیز پارانیتروفنل نمونه‌های خاک گرماگذاری شده شرح داده شد اقدام شد.

نتایج برای کنترل تصحیح و مقدار پارانیتروفنل در میلی‌لیتر صاف‌شده با مراجعه به منحنی کالیبراسیون محاسبه شد.

$$P - \text{Nitro phenol } (\mu\text{g/g}^{-1} \text{ dwt h}^{-1}) = \frac{C \times V}{\text{dwt} \times \text{SW} \times t}$$

که در آن C غلظت پارانیتروفنل اندازه‌گیری شده (میکروگرم در میلی‌لیتر صاف‌شده)، dwt وزن خشک یک گرم خاک مرطوب، V حجم کل سوسپانسیون خاک (میلی‌لیتر)، SW وزن نمونه خاک استفاده‌شده (۱ گرم) و t زمان گرما گذاری (ساعت) می‌باشد.

جدول ۴- میانگین مربعات ویژگی‌های مورد آزمایش

Table 4. Mean Squared of examined characteristics

Source of variation	Degree of freedom	Dry weight	Acidic phosphatase	Alkaline phosphatase	concentration of phosphorus in the soil after harvest	Plant total phosphorus	Amount of phosphorus uptake by plant
Soil effect	2	2.04 ^{ns}	129800.82**	974907.84**	40.027**	0.005**	0.114**
Fertilizer effect	3	0.99 ^{ns}	11053.79**	102490.21**	588.701**	0.053**	0.577**
Soil*Fertilizer	6	0.71 ^{ns}	15313.21**	171345.17**	4.089 ^{ns}	0.007**	0.047**
Error	24	0.80	1694.97	4342.855	2.357	0.001	0.003
CV (%)	-	13.22	12.20	7.28	10.98	10.48	9.49

*در سطح ۵ درصد معنی‌دار، **در سطح یک درصد معنی‌دار، ns معنی‌دار نیست.

Significant at the 5% level, ** significant at 1%, ns: not significant

میکروگرم پارانیتروفنل برگرم خاک خشک بر ساعت، بیش‌تر از Qazvin₁ بود. فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی در خاک Dizan، ۴۵۹/۳ میکروگرم پارانیتروفنل برگرم خاک خشک بر ساعت، بیش‌تر از Qazvin₂ و ۵۲۱/۷ میکروگرم پارانیتروفنل برگرم خاک خشک بر ساعت،

مقایسه میانگین

بررسی اثر خاک

اثر اصلی خاک Dizan بر میزان فعالیت آنزیم فسفاتاز اسیدی نشان داد که ۱۵۲ میکروگرم پارانیتروفنل برگرم خاک خشک بر ساعت، بیش‌تر از Qazvin₂ و ۱۹۹

معنی داری در غلظت فسفر کل گیاه در کلیه خاک‌های مورد بررسی دیده نشد. غلظت فسفر خاک پس از برداشت گیاه در خاک Qazvin₁ ۳/۱۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم کم‌تر از Qazvin₂ و ۳/۱۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم کم‌تر از Dizan بود. این ارقام برای میزان جذب فسفر توسط گیاه، به ترتیب: ۰/۱۰ و ۰/۱۴ گرم بر گلدان بود (جدول ۵).

بیش‌تر از Qazvin₁ بود (جدول ۵). مقادیر زیست‌توده‌زیست‌توده تولیدشده از کشت گندم در شرایط گلخانه نشان داد که در خاک‌های Qazvin₂ و Dizan وزن خشک گیاه بالاتر از Qazvin₁ بود (جدول ۵).

تأثیر خاک Qazvin₁ بر صفات فسفر پس از برداشت گیاه در خاک و میزان غلظت جذب فسفر توسط گیاه، تفاوت معنی‌داری با Qazvin₂ و Dizan داشت. اختلاف

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر خاک بر ویژگی‌های مورد آزمایش

Table 5. Means comparison of soil effect on the traits tested

Treatment	Acidic phosphatase	Alkaline phosphatase	Dry weight	concentration of phosphorus in the soil after harvest	Plant Total phosphorus	Amount of phosphorus uptake by plant
	$\mu\text{g g}^{-1} \text{dwt h}^{-1}$	$\mu\text{g g}^{-1} \text{dwt h}^{-1}$	g pot^{-1}	mg kg^{-1}	%	g pot^{-1}
Qazvin ₁	255.4 ^c	710.3 ^c	2.175 ^a	11.88 ^b	0.21 ^a	0.46 ^b
Qazvin ₂	302.4 ^b	772.7 ^b	2.950 ^a	15.01 ^a	0.24 ^a	0.56 ^a
Dizan	454.4 ^a	1232.0 ^a	2.317 ^a	15.07 ^a	0.24 ^a	0.60 ^a

* در هر ستون میانگین‌های با حروف غیرمشابه دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

In each column, means with dissimilar letters have significant difference.

شاهد غلظت فسفر اندازه‌گیری شده توسط فعالیت هر دو آنزیم، بالا و قابل‌رقابت با کود دامی بود (جدول ۶). در بررسی تأثیر کود بر صفت فسفر خاک پس از برداشت گندم داده‌ها نشان داد که تیمار سوپرفسفات تریپل بالاترین میزان فسفر قابل‌جذب در خاک را با تفاوت معنی‌داری نسبت به سایر کودها داشت. این تیمار با اختلاف غلظت ۶/۲۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم نسبت به کود گوسفندی و ۱۴/۹۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم نسبت به کمپوست زباله شهری همراه بود (جدول ۶). در بررسی تأثیر کود، بر صفت وزن خشک گندم، داده‌ها نشان داد که تیمار کود گوسفندی با شاهد تفاوت معنی‌داری داشت، اما با کودهای کمپوست زباله شهری و سوپرفسفات تریپل اختلاف معنی‌داری نداشت. در بررسی این صفت، کودهای کمپوست زباله شهری و سوپرفسفات تریپل با شاهد تفاوت معنی‌داری را نشان ندادند. اختلاف غلظت فسفر برای کودهای گوسفندی، کمپوست زباله شهری و سوپرفسفات تریپل نسبت به شاهد به ترتیب: ۰/۶۳۳، ۰/۱۶۶ و ۰/۳۱۱ گرم بر گلدان بود (جدول ۶).

بیش‌ترین غلظت فسفر کل گیاه برای تیمار سوپرفسفات تریپل بود که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای کمپوست زباله شهری و شاهد داشت، اما با کود گوسفندی تفاوت

خاک Qazvin₂ در مقایسه با Qazvin₁ از فعالیت آنزیمی بالاتری برخوردار بود. Qazvin₂ از نظر میزان کربن آلی، مقادیر فسفر قابل‌جذب و کل بیش‌تر از Qazvin₁ بود، زیرا کربن آلی (نیتروژن کل) و فسفر بر فعالیت آنزیمی مؤثر هستند. در هر حال میزان فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی بالاتر از اسیدی و در خاک Dizan نسبت به سایر خاک‌های مورد بررسی افزایش معنی‌داری داشت (Juma & Tabatabai, 1977).

بررسی اثر کود

با کاربرد ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم فسفر از منابع کودهای مورد بررسی میزان فعالیت آنزیم فسفاتاز اسیدی در کمپوست زباله شهری، ۵۵/۳ میکروگرم پارانیتروفنل بر گرم خاک خشک بر ساعت، بیش‌تر از کود دامی و ۳۵/۱ میکروگرم پارانیتروفنل بر گرم خاک خشک بر ساعت بیش‌تر از سوپرفسفات تریپل بود (جدول ۶). در بررسی این اثر توسط آنزیم فسفاتاز قلیایی، کمپوست زباله شهری، مقادیر فسفر بالاتری را نشان داد. میزان فعالیت این آنزیم، در کاربرد ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم فسفر از کمپوست زباله شهری، ۵۲/۶ میکروگرم پارانیتروفنل بر گرم خاک خشک بر ساعت بیش‌تر از کود دامی و ۸۷/۶ میکروگرم پارانیتروفنل بر گرم خاک خشک بر ساعت بیش‌تر از سوپرفسفات تریپل بود. در شرایط

بود که تفاوت معنی‌داری با تیمار کمپوست زباله شهری و شاهد داشت، اما با کود گوسفندی نداشت. اختلاف در میزان جذب فسفر توسط گیاه برای کودهای گوسفندی، کمپوست زباله شهری و سوپرفسفات تریپل نسبت به شاهد به ترتیب: ۰/۴۶، ۰/۲۱ و ۰/۵۶ گرم بر گلدان بود. دلیل این امر غلظت بیش‌تر فسفر جذب‌شده گیاه و وزن زیست‌توده تولیدی بود (جدول ۶).

معنی‌داری نداشت. اختلاف غلظت فسفر کل گیاه برای کودهای گوسفندی، کمپوست زباله شهری و سوپرفسفات تریپل نسبت به شاهد به ترتیب: ۰/۱۲، ۰/۰۸ و ۰/۱۸ درصد بود. در این خصوص عرضه فسفر قابل جذب گیاه توسط کود سوپرفسفات تریپل با سهولت بیش‌تری صورت پذیرفت (جدول ۶). میزان بیش‌تر جذب فسفر توسط گیاه برای تیمار سوپرفسفات تریپل

جدول ۶- مقایسه میانگین کود بر ویژگی‌های مورد آزمایش

Table 6. Comparison Average main effect of fertilizers on traits tested

Fertilizer treatment	Acidic phosphatase	Alkaline phosphatase	Dry weight	concentration of phosphorus in the soil after harvest	Plant Total phosphorus	Amount of phosphorus uptake by plant
	$\mu\text{g g}^{-1} \text{dwt h}^{-1}$		g pot^{-1}	mg kg^{-1}	%	g pot^{-1}
Sheep manure	303.6 ^{b*}	913.0 ^b	2.700 ^a	17.47 ^b	0.26 ^{ab}	0.73 ^a
Municipal solid waste compost	358.9 ^a	965.6 ^a	2.233 ^{ab}	8.71 ^c	0.21 ^b	0.48 ^b
Triple superphosphate	323.8 ^b	878.0 ^c	2.378 ^{ab}	23.68 ^a	0.32 ^a	0.83 ^a
Control	333.6 ^b	863.6 ^c	2.067 ^b	6.09 ^c	0.14 ^c	0.27 ^c

* در هر ستون میانگین‌های با حروف غیرمشابه دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

* In each column, means with dissimilar letters have significant difference

در خاک‌های تیمار شده با کود گوسفندی مقادیر متفاوتی از فعالیت آنزیم فسفاتاز اسیدی به دست آمد. این مقدار در Dizan، ۱۴۲/۳ میکروگرم پارانیتروفنل بر گرم خاک خشک بر ساعت بیش‌تر از Qazvin₂ و ۱۷۴/۷ میکروگرم پارانیتروفنل بر گرم خاک خشک بر ساعت بیش‌تر از Qazvin₁ بود. چنین روندی در مورد فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی مشاهده شد، تحت تأثیر فعالیت آنزیم فسفاتاز در Dizan، ۳۳۰/۴ میکروگرم پارانیتروفنل بر گرم خاک خشک بر ساعت بیش‌تر از Qazvin₂ و ۳۸۷/۱ میکروگرم پارانیتروفنل بر گرم خاک خشک بر ساعت بیش‌تر از Qazvin₁ بود (جدول ۷).

در خاک Dizan با کاربرد کود گوسفندی مقدار وزن خشک گندم ۰/۰۶۷ گرم بر گلدان بیش‌تر از Qazvin₂ و ۰/۲۳۳ گرم بر گلدان بیش‌تر از Qazvin₁ بود. میزان فسفر خاک بعد از برداشت در Qazvin₂ با کود گوسفندی، ۴/۸۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم بیش‌تر از Qazvin₁ و ۲/۶۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم بیش‌تر از Dizan بود. فسفر کل گیاه در Qazvin₁ با کود گوسفندی ۰/۰۲۶۶ درصد بیش‌تر از Qazvin₂ و ۰/۰۵۳۳ درصد بیش‌تر از Dizan بود. میزان جذب فسفر توسط گیاه برای Qazvin₂ با کود گوسفندی ۰/۵۵ گرم بر گلدان

افزایش فعالیت آنزیم فسفاتاز در تأثیر اثر اصلی کود کمپوست زباله شهری می‌تواند به کربن آلی بالای این کود نسبت به گوسفندی و نیترژن کل بالاتر آن ارتباط داشته باشد (جدول ۲). زیرا فعالیت آنزیم فسفاتاز ارتباط مستقیم با ماده آلی و نیترژن کل در خاک دارد (Kiss *et al.*, 1974). بالدنی (Baldoni, 1996) در بررسی تأثیر کمپوست حاصل از بقایای کشاورزی، کود شیمیایی و بدون کمپوست (با ارزش تغذیه‌ای معادل کمپوست مصرفی) در یک تناوب شش‌ساله گندم، ذرت و چغندر قند نشان داد که تیمار کمپوست بهتر از بقیه تیمارها عمل کرده است. فرقانی (Forghani, 2003) با کاربرد کودهای دامی و کمپوست شهری فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز قلیایی و اوره‌آز را افزایش داد. زاهدی فر و همکاران (Zahedifar *et al.*, 2009) با کاربرد فسفر غلظت جذب فسفر را با کاربرد این عنصر در ذرت افزایش دادند. پتی‌پاس (Pettipas, 2004) همبستگی معنی‌داری بین غلظت فسفر در برگ‌های گندم گزارش کرد.

برهم‌کنش خاک و کود

خاک‌های تیمار شده با کود گوسفندی

۴۶۰/۹ میکروگرم پارانیتروفنل بر گرم خاک خشک بر ساعت در Dizan بیش تر از Qazvin₂ و ۶۴۳/۱ میکروگرم پارانیتروفنل بر گرم خاک خشک بر ساعت بیش تر از Qazvin₁ بود.

مقادیر وزن خشک گندم در Qazvin₂ با سوپرفسفات تریپل، ۰/۶۳۴ گرم بر گلدان بیش تر از Qazvin₁ و ۰/۵۳۴ گرم بر گلدان بیش تر از Dizan بود. میزان فسفر خاک بعد از برداشت در Dizan، با کاربرد سوپرفسفات تریپل، ۱/۸۹ میلی گرم بر کیلوگرم بیش تر از Qazvin₂ و ۴/۷۹ میلی گرم بر کیلوگرم بیش تر از Qazvin₁ بود. فسفر کل گیاه در Qazvin₂ با سوپرفسفات تریپل، ۰/۱۱ درصد بیش تر از Qazvin₁ و ۰/۰۱ درصد بیش تر از Dizan بود. میزان جذب فسفر توسط گیاه برای تیمار Qazvin₂ با سوپرفسفات تریپل، ۰/۴۵۳۳ گرم بر گلدان بیش تر از Qazvin₁ و ۰/۰۶۶۶ گرم بر گلدان بیش تر از Dizan بود (جدول ۷).

در نمونه های شاهد

فعالیت آنزیم فسفاتاز اسیدی در خاک Qazvin₂، ۱۵۹/۹ میکروگرم پارانیتروفنل بر گرم خاک خشک بر ساعت بیش تر از Qazvin₁ و ۴۰/۴ میکروگرم پارانیتروفنل بر گرم خاک خشک بر ساعت بیش تر از Dizan بود. در فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی، خاک Dizan، ۴۳۳/۲ میکروگرم پارانیتروفنل بر گرم خاک خشک بر ساعت بیش تر از Qazvin₂ و ۴۸۹/۱ میکروگرم پارانیتروفنل بر گرم خاک خشک بر ساعت بیش تر از Qazvin₁ بود (جدول ۷). مقایسه میانگین برهم کنش داده ها نشان داد که در بررسی فعالیت آنزیم فسفاتاز اسیدی، خاک Qazvin₁ با تیمارهای کودی، تنها با کمپوست زباله شهری مقادیر اندازه گیری شده بالاتری را نسبت به تیمار شاهد نشان داد (اختلاف ۸۱/۷ میکروگرم پارانیتروفنل بر گرم خاک خشک بر ساعت نسبت به شاهد). در خصوص فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی، Qazvin₁ با کود گوسفندی و کمپوست زباله شهری به ترتیب ۸۳/۰ و ۱۰۹/۶ میکروگرم پارانیتروفنل بر گرم خاک خشک بر ساعت نسبت به تیمار شاهد بیش تر بود، اما با کاربرد سوپرفسفات تریپل، ۷۹ میکروگرم پارانیتروفنل بر گرم خاک خشک بر ساعت، کم تر فسفر آزاد کرد (جدول ۷). به دلیل افزایش جمعیت میکروبی خاک با دریافت کود آلی (گوسفندی و کمپوست زباله شهری) از سطح

بیش تر از Dizan و ۰/۱۰۳۴ گرم بر گلدان بیش تر از Qazvin₁ بود (جدول ۷).

خاک های تیمار شده با کود کمپوست زباله شهری

در خاک های تیمار شده با کود کمپوست زباله شهری، تحت تأثیر فعالیت آنزیم فسفاتاز اسیدی میزان اندازه گیری شده در خاک Dizan ۲۶۳/۱ میکروگرم پارانیتروفنل بر گرم خاک خشک بر ساعت بیش تر از Qazvin₂ و ۲۲۴/۳ میکروگرم پارانیتروفنل بر گرم خاک خشک بر ساعت بیش تر از Qazvin₁ بود. فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی در خاک Dizan، ۶۱۳/۰ میکروگرم پارانیتروفنل بر گرم خاک خشک بر ساعت بیش تر از Qazvin₂ و ۵۶۷/۵ میکروگرم پارانیتروفنل بر گرم خاک خشک بر ساعت بیش تر از Qazvin₁ بود (جدول ۷).

مقادیر وزن خشک گندم برای Qazvin₂ با کمپوست زباله شهری، ۰/۱۶۷ گرم بر گلدان بیش تر از Qazvin₁ و ۰/۳۳۳ گرم بر گلدان بیش تر از Dizan بود. میزان فسفر خاک بعد از برداشت در Qazvin₂ با کمپوست زباله شهری، ۳/۷۵ میلی گرم بر کیلوگرم بیش تر از Qazvin₁ و ۰/۰۴ میلی گرم بر کیلوگرم بیش تر از Dizan بود. فسفر کل گیاه در Dizan با کاربرد کمپوست، ۰/۰۷ درصد بیش تر از Qazvin₂ و ۰/۰۳ درصد بیش تر از Qazvin₁ بود. میزان جذب فسفر توسط گیاه برای Dizan با کاربرد کمپوست، ۰/۱۳ گرم بر گلدان بیش تر از Qazvin₂ و ۰/۲۴۰ گرم بر گلدان بیش تر از Qazvin₁ بود (جدول ۷).

خاک های تیمار شده با کود سوپرفسفات تریپل

در خاک های تیمار شده با کود سوپرفسفات تریپل، تحت تأثیر فعالیت آنزیم فسفاتاز اسیدی بیش تر شد. پس از آن خاک های Qazvin₂ و Qazvin₁ قرار داشتند. میزان فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی در خاک Dizan بیش تر از خاک های Qazvin₁ و Qazvin₂ بود (جدول ۷).

در خاک های تیمار شده با کود سوپرفسفات تریپل، تحت تأثیر فعالیت آنزیم فسفاتاز اسیدی در خاک Dizan، ۲۴۳/۰ میکروگرم پارانیتروفنل بر گرم خاک خشک بر ساعت بیش تر از Qazvin₂ و ۲۷۷/۲ میکروگرم پارانیتروفنل بر گرم خاک خشک بر ساعت بیش تر از Qazvin₁ بود. فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی به میزان

خاک‌های تیمار شده با کود گاوی به‌وسیله حجتی و همکاران (Hojjati *et al.*, 2006) اعلام شد. ولی زاده و همکاران (Valizadeh *et al.*, 2007) در بررسی تأثیر لجن فاضلاب شهری غنی‌شده بر فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی گزارش کردند که با کاربرد فسفر، فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی کاهش یافت.

فعالیت زیستی بالاتری برخوردار شده است، بنابراین امکان ساخته‌شده مقادیر بیش‌تری از آنزیم‌های فسفاتاز فراهم‌شده است (Nannipieri, 1994; Saster *et al.*, 1996). این آنزیم‌ها خود مسئول انجام فرآیند هیدرولیز آنزیمی بخشی از ترکیبات آلی هستند افزایش فعالیت الکالین فسفاتاز، آریل سولفاتاز و بتاگلوکوسیداز را در

جدول ۷- مقایسه میانگین برهمکنش خاک و کودهای مورد آزمایش

Table 7 - comparing the traits mean the interaction of soil and manure tests

Soil type	Fertilizer treatment	Acidic phosphatase	Alkaline phosphatase	Concentration of phosphorus in the soil after harvest	Dry weight	Plant Total phosphorus	Amount of phosphorus uptake by plant
		$\mu\text{g g}^{-1} \text{dwt h}^{-1}$		mg kg^{-1}	g pot^{-1}	%	g pot^{-1}
Qazvin ₁	Sheep manure	234.6 ^{e *}	764.9 ^{ef}	15.12 ^e	2.57 ^{abc}	0.28 ^{bc}	0.71 ^d
	Municipal solid waste compost	324.1 ^{cd}	791.5 ^{de}	6.22 ^{fg}	2.23 ^{abcd}	0.16 ^{def}	0.36 ^{gh}
	Triple superphosphate	220.0 ^e	602.9 ^h	21.12 ^{bc}	2.13 ^{cd}	0.25 ^c	0.54 ^{ef}
	Control	243.2 ^e	681.9 ^g	5.04 ^g	1.77 ^d	0.14 ^{ef}	0.24 ^{hi}
Qazvin ₂	Sheep manure	267.0 ^{de}	821.6 ^d	19.96 ^{cd}	2.73 ^{ab}	0.26 ^c	0.82 ^{bc}
	Municipal solid waste compost	285.3 ^{de}	746.0 ^f	9.97 ^f	2.40 ^{abc}	0.20 ^{cde}	0.47 ^{fg}
	Triple superphosphate	254.2 ^{de}	785.1 ^{de}	24.02 ^{ab}	2.77 ^a	0.36 ^a	0.99 ^a
	Control	403.1 ^b	737.8 ^f	6.08 ^g	2.27 ^{abcd}	0.14 ^{ef}	0.33 ^{hi}
Dizan	Sheep manure	409.3 ^b	1152.0 ^c	17.29 ^{de}	2.80 ^a	0.23 ^{cd}	0.66 ^{de}
	Municipal solid waste compost	548.4 ^a	1359.0 ^a	9.93 ^f	2.07 ^{cd}	0.28 ^{bc}	0.60 ^{def}
	Triple superphosphate	497.2 ^a	1246.0 ^b	25.91 ^a	2.23 ^{abcd}	0.35 ^{ab}	0.93 ^{ab}
	Control	362.7 ^{bc}	1171.0 ^c	7.15 ^{fg}	2.17 ^{bcd}	0.12 ^f	0.21 ⁱ

* در هر ستون میانگین‌های با حروف غیرمشابه دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

* In each column, means with dissimilar letters have significant difference

فسفات بر اثر ورود کود باشد. بلاگوداتسکی و ریچ‌تر (Blagodatsky, 1998 & Richter) نیز افزایش فعالیت آنزیم‌های اوره آز، الکالین فسفاتاز و بتاگلوکوسیداز را در حضور مواد آلی گزارش کردند. فرقانی (Forghani, 2003) تأثیر مواد آلی نظیر کود دامی و کمپوست زباله شهری را به مدت ۹۰ روز در آزمایش گلدانی که منجر به افزایش فعالیت آنزیم اوره آز و فسفاتاز قلیایی، در ۳۰ روز پس از آزمایش شد را گزارش کردند. فریدونی ناقانی و فلاح (Fereidooni-Naghani & Fallah, 2009) در کاربرد کود مرغی نشان دادند که در همه تیمارهای کودی در مقایسه با تیمار شاهد (بدون کود) افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم اوره آز، الکالین، فسفاتاز و ساکاراز دیده شد. در بررسی فعالیت آنزیم فسفاتاز اسیدی، خاک Dizan با تیمارهای کودی، میزان فعالیت آنزیم فسفاتاز اسیدی بیش‌تر از شاهد بود. فسفر آزادشده

در بررسی فعالیت آنزیم فسفاتاز اسیدی، خاک Qazvin₂ با کاربرد ۵۰ میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک از منابع کودهای گوسفندی، کمپوست زباله شهری و سوپرفسفات تربیل، میزان فعالیت آنزیم فسفاتاز اسیدی کم‌تر از شاهد بود. در خصوص فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی روند کاملاً متفاوتی مشاهده شد. میزان فسفر اندازه‌گیری شده در اثر فعالیت این آنزیم به ترتیب ۸۳/۸، ۸/۲ و ۴۷/۳ میکروگرم پارانیتروفنل بر گرم خاک خشک بر ساعت بیش‌تر از شاهد بود (جدول ۷). نتایج پژوهش‌های مندال و همکاران (Mandal *et al.*, 2007) کاربرد طولانی‌مدت کودهای آلی و غیر آلی را طی مرحله فیزیولوژیکی رشد گندم بر فعالیت آنزیم فسفاتاز بیش‌ترین فعالیت آنزیم الکالین فسفاتاز را مدیون تیمار حاوی کود دامی دانست. این اثر به دلیل افزایش فعالیت میکروبی و شاید تنوع باکتری‌های حل‌کننده

در این خاک با تیمارهای گوسفندی، کمپوست زباله شهری و سوپرفسفات تریپل به ترتیب ۴۶/۶، ۱۸۵/۷ و ۱۳۴/۵ میکروگرم پارانیتروفنل بر گرم خاک خشک بر ساعت بیش تر از شاهد بود. میزان فسفر اندازه گیری شده در اثر فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی در تیمار با کود گوسفندی ۱۹/۰ میکروگرم پارانیتروفنل بر گرم خاک خشک بر ساعت، فسفر کمتری را نسبت به شاهد آزاد کرد. با کاربرد ۵۰ میلی گرم فسفر بر کیلوگرم خاک از منابع کمپوست زباله شهری و سوپرفسفات تریپل در این خاک به ترتیب ۱۸۸/۰ و ۷۵/۰ میکروگرم پارانیتروفنل بر گرم خاک خشک بر ساعت بیش تر از شاهد آزاد شد. (جدول ۷). ساها و همکاران (Saha et al., 2008) اعلام نمودند که با اضافه کردن سه نوع کود آلی، فضولات دامی، کمپوست و ورمی کمپوست فعالیت فسفاتاز اسیدی افزایش یافت و افزایش فسفاتاز اسیدی در کاربرد کود ورمی کمپوست بیش تر شد. خاک Qazvin₁ در تیمار با کود گوسفندی میزان وزن خشک بیش تری را نسبت به سایر تیمارها نشان داد. به طوری که این میزان نسبت به تیمار با کود کمپوست زباله شهری، ۱۳/۲ درصد، سوپرفسفات تریپل، ۱۷/۱ درصد و نسبت به شاهد، ۳۱/۱ درصد افزایش نشان داد. با عرضه فسفر از منابع کودهای شیمیایی و آلی به دلیل جذب این عنصر توسط گیاه میزان زیست توده افزایش می یابد. افزایش عملکرد ماده خشک گیاهی، غلظت فسفر در اندام هوایی گیاه، توسط محققان گزارش شده است (Shahbazi & Davood, 2012). میزان فسفر باقی مانده خاک پس از برداشت گیاه در خاک Qazvin₁ در تیمار با کود سوپرفسفات تریپل بیش تر از سایر تیمارها شد، به طوری که این میزان نسبت به تیمار با کود گوسفندی، ۲۸/۴ درصد، کود کمپوست زباله شهری، ۷۰/۱ درصد و شاهد ۱ درصد افزایش نشان داد که به دلیل غلظت بالاتر فسفر قابل جذب در کود سوپرفسفات تریپل بود. در خاک Qazvin₁ با کاربرد کود گوسفندی، غلظت فسفر کل گیاه مقادیر بیش تری را نسبت به سایر تیمارها نشان داد. این میزان نسبت به تیمار با کود کمپوست زباله شهری، ۴۳/۵ درصد، سوپرفسفات تریپل، ۱۲/۹ درصد و نسبت به شاهد، ۴۹/۴ درصد افزایش نشان داد. در خصوص غلظت جذب فسفر توسط گیاه نیز روندی مشابه به ترتیب با افزایش ۴۹/۵ درصد، ۲۴/۳ درصد و

۳۳/۵ درصد مشاهده گردید. غلظت فسفر گیاه در خاک Qazvin₁ در تیمار با کود گوسفندی و سوپرفسفات تریپل تفاوت معنی داری باهم نشان ندادند، گرچه نسبت به سایر تیمارها معنی دار بودند. این مسئله بیان کننده این موضوع است که در عرضه فسفر در خاک و جذب آن توسط گیاه، در خاک Qazvin₁ فاکتورهای کود گوسفندی و سوپرفسفات تریپل مشابه هم عمل کردند. آزاد شدن فسفر قابل جذب در این خاک بالا بوده که شاید دلیل آن میزان آهک کم، و pH پایین آن باشد. البته دلیل احتمالی افزایش فعالیت های زیستی و در نتیجه آزادسازی فسفر در طول معدنی شدن مواد آلی نیز می تواند مطرح باشد (Mkhabela & Warman, 2005; Baure & Black, 1992; Mirzashahi & Kiani, 2008). حلاج نیا و همکاران (Hallajnia et al., 2006) گزارش کردند که استفاده از کود دامی به همراه فسفر معدنی مقدار بازیافت فسفر را افزایش می دهد. فسفر کود دامی در مقایسه با فسفر معدنی در طول زمان ممکن است برای گیاه بیش تر قابل استفاده باشد. هم چنین کونگ و مرک (Cong & Merckx, 2005) در خاکی با فسفر قابل استفاده ۶/۶ میلی گرم بر کیلوگرم نشان دادند که مصرف کودهای آلی می تواند قابلیت استفاده فسفر را در خاک های اسیدی از طریق افزایش pH خاک، افزایش بار منفی، کاهش بار مثبت در سطوح جذبی خاک و کاهش غلظت آلومینیوم در محلول خاک، افزایش دهد. خاک Qazvin₂ در تیمار با کود گوسفندی میزان وزن خشک تقریباً برابر با تیمار سوپرفسفات تریپل و بیش تر از تیمار با کود کمپوست زباله شهری نشان داد. این میزان نسبت به تیمار با کود کمپوست زباله شهری، ۱۲/۱ درصد و نسبت به شاهد، ۱۶/۸ درصد افزایش نشان داد. بدیهی است با عرضه فسفر توسط منابع کودهای شیمیایی و آلی نسبت به شرایط عدم عرضه این عنصر غذایی، به دلیل تأثیر فسفر بر رشد گیاه، میزان عملکرد وزن خشک و تر افزایش می یابد. میزان فسفر باقی مانده خاک پس از برداشت گیاه در خاک Qazvin₂ در تیمار با کود سوپرفسفات تریپل بیش تر از سایر تیمارها شد، به طوری که این میزان نسبت به تیمار با کود گوسفندی، ۱۶/۹ درصد، کود کمپوست زباله شهری، ۵۸/۵ درصد و شاهد ۷۴/۷ درصد افزایش نشان داد. مقایسه میانگین داده ها مقادیر بالاتر

مقادیر بیش‌تری را نسبت به سایر تیمارها نشان داد. این میزان نسبت به تیمار با کود گوسفندی، ۳۴/۳ درصد، کود کمپوست زباله شهری، ۲۰/۹ درصد و نسبت به شاهد، ۶۵/۷ درصد افزایش داشت. در خصوص غلظت جذب فسفر توسط گیاه نیز روندی مشابه به ترتیب با افزایش ۲۸/۸ درصد، ۳۵/۲ درصد و ۷۷/۷ درصد مشاهده گردید. لی‌تم و وسترمین (Leytem & Westermann, 2005) در بررسی قابلیت دسترسی فسفر برای گیاه جو در خاک‌هایی که کود حیوانی و شیمیایی دریافت کرده بودند، عملکرد، غلظت فسفر در گیاه و فسفر محلول و عصاره‌گیری شده خاک توسط بی‌کربنات سدیم را افزایش دادند. خاک Dizan در تیمار با کود سوپرفسفات تریپل، وزن تر بیش‌تری را نسبت به سایر تیمارها نشان داد. به‌طوری‌که این میزان نسبت به تیمار با کود گوسفندی، ۲۶/۶ درصد، کمپوست زباله شهری، ۳۱/۵ درصد و نسبت به شاهد، ۴۵/۵ درصد افزایش نشان داد. وزن خشک گیاه در خاک ۳ با کاربرد ۵۰ میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک از منبع کود گوسفندی افزایش بیشتری را نسبت به سایر تیمارها نشان داد. به‌طوری‌که نسبت به تیمار با کود کمپوست زباله شهری، ۲۶/۲ درصد، سوپرفسفات تریپل، ۲۰/۱ درصد و نسبت به شاهد، ۲۲/۶ درصد افزایش نشان داد. فسفاتاز اسیدی، برخلاف فسفاتاز قلیایی، فعالیت کاتالیتیک بهینه خود را در مقادیر pH اسیدی تا خنثی نشان می‌دهد. تولید اسید فسفاتازها و فسفاتازهای قلیایی به‌منظور افزایش انحلال و دسترسی فسفر و غلبه بر مشکل کمبود فسفر، راهکار زیستی میکروفلور خاک و گیاهان می‌باشد. فسفاتاز اسیدی نقش اصلی را در معدنی‌سازی فسفر آلی در خاک دارد. از آنجایی‌که گیاهان عالی فاقد فعالیت فسفاتاز قلیایی هستند، عمده فسفاتاز قلیایی خاک به ریزجانداران نسبت داده می‌شود (Tabatabai et al., 1994)

نتیجه‌گیری کلی

خاک‌های مورد مطالعه از نظر ویژگی‌های رس، آهک، میزان فسفر قابل جذب، اسیدیته باهم متفاوت بودند. فعالیت هر دو آنزیم فسفاتازهای اسیدی و قلیایی بستگی به میزان اسیدیته خاک داشت. در خاک Dizan pH بالاتر نسبت به سایر خاک‌ها فعالیت آنزیم فسفاتاز به‌طور

فسفر قابل جذب خاک (اولسن) را در خاک Qazvin₂ نسبت به Qazvin₁ در تیمار با کود سوپرفسفات تریپل نشان داد که به دلیل میزان فسفر قابل جذب اولیه بالاتر و نوع کود به‌کاربرده شده در این خاک بود. در خاک Qazvin₂ با تیمار کود سوپرفسفات تریپل، غلظت فسفر کل گیاه، مقادیر بیش‌تری را نسبت به سایر تیمارها نشان داد. به‌طوری‌که این میزان نسبت به تیمار با کود دامی، ۲۸/۷ درصد، کود کمپوست زباله شهری، ۱۵/۷ درصد و نسبت به شاهد، ۲۱/۲ درصد افزایش نشان داد. در خصوص غلظت جذب فسفر توسط گیاه نیز روندی مشابه به ترتیب با افزایش ۱۷/۸ درصد، ۵۲/۷ درصد و ۶۵/۶ درصد مشاهده شد. به دلیل سهولت آزادسازی فسفر قابل جذب در کود سوپرفسفات تریپل، نسبت به سایر کودهای آلی به‌کاربرده شده، غلظت فسفر گیاه افزایش یافت. آزادسازی فسفر با کاربرد کودهای آلی و شیمیایی شامل کود دامی و سوپرفسفات تریپل و تلفیق آن‌ها در حدی که میزان فسفر قابل جذب را بری گیاه در یک‌فاصله زمانی مشخص تأمین نماید به‌وسیله محمدزاده و میوه‌چی لنگرودی (Mohammadzadeh & Mivechi Langaroodi, 1988) گزارش شد. اسمیت (Smith, 1996) شکل‌های فسفر را در خاک‌های زیر کشت تعیین و مشاهده کردند که با افزودن مقادیر زیاد کود فسفوری مقدار فسفر معدنی قابل‌استخراج با بی‌کربنات سدیم افزایش و در مقادیر کم کود فسفوری کاهش یافت، هم‌چنین گوئو و همکاران (Guo et al., 2000) اثر کشت را بر شکل‌های فسفر معدنی بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که فسفر معدنی قابل‌استخراج با بی‌کربنات سدیم بر اثر جذب فسفر توسط گیاه به مقدار زیادی کاهش یافت. در خاک Dizan میزان فسفر باقی‌مانده خاک پس از برداشت گیاه در تیمار با کود سوپرفسفات تریپل بیش‌تر از سایر تیمارها شد. این میزان نسبت به تیمار با کود گوسفندی، ۳۳/۳ درصد، کود کمپوست زباله شهری، ۶۱/۷ درصد و شاهد ۷۲/۴ درصد افزایش نشان داد. دلیل مقادیر بالاتر فسفر قابل جذب خاک (اولسن) را در خاک Dizan نسبت به Qazvin₁ و Qazvin₂ در تیمار با کود سوپرفسفات تریپل و نیز سایر منابع کودی، میزان فسفر اولسن اولیه بالاتر این خاک و نوع کود به‌کاربرده شده بود. در خاک Dizan با کاربرد سوپرفسفات تریپل، غلظت فسفر کل گیاه،

تریپل بود که احتمالاً دلایل آن وجود مقادیر کربن آلی، نیتروژن کل و فسفر کل بالاتر این کود نسبت به گوسفندی بود. با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق در خاک‌های آهکی با کاربرد کمپوست زباله شهری حداکثر فعالیت آنزیمی فسفاتاز حاصل می‌شود. بدیهی است این نکته از نظر تأمین فسفر مورد نیاز به‌عنوان یک ماده غذایی ضروری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

معنی‌داری بالاتر از سایر خاک‌ها بود. این خاک از نظر میزان رس در مرتبه بالاتری از سایر خاک‌ها قرار داشت و از آنجا که میزان فعالیت آنزیم فسفاتاز در خاک‌های رسی بیش‌تر است، از این نظر نیز فعالیت بیش‌تر آنزیم-های فسفاتاز در خاک Dizan قابل توجه است. فعالیت هر دو آنزیم فسفاتازهای اسیدی و قلیایی با کمپوست زباله شهری بالاتر از کودهای گوسفندی و سوپرفسفات

Reference

- Ahmadpoor- Sefidkoochi A., Ghajar-Sepanlu M., and Bahmaiayr M.A. 2013. Effects of several consecutive period of organic and chemical fertilizers on nitrogen, phosphorus and potassium, and some growth characteristics of wheat. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 22 (4):72-86. (In Persian)
- Ali Ahmad Korori S., Khoshnevis M., Shirvany A., and Matinizadeh M. 2011. Pollution effects of the Persian Gulf War on the southern regions of Iran. *Jahad Publication of Tarbait Moalem*, 380 p.
- Baldoni G. 1996. The influence of compost and sewage sludge on agriculture crops in: De Bertoldi et al. (Ed.). *The Science of Composting*. Blackie Press, London. pp. 430-438.
- Baure A., and Black A.L. 1992. Organic carbon effects on available water. *Soil Science Amerhca Journal*, 56: 248-254.
- Bhattacharyya P., Chakrabarti K., and Chakraborty A. 2005. Microbial biomass and enzyme activities in submerged rice soil amended with municipal solid waste compost and decomposed cow manure. *Chemosphere*.60: 310-318. *Biochemistry*, 39: 1294-1302.
- Blagodatsky S.A., and Richter O. 1998. Microbial growth in soil and nitrogen turnover: A theoretical model considering the activity state of microorganisms. *Soil Biology and Biochemistry*, 30: 1743-1755.
- Cong P.T., and Merckx R. 2005. Improving phosphorus availability in two upland soils of Vietnam using *Tithonia diversifolia* H. *Plant and Soil*, 269: 11-23.
- Dick W.A., and Tabatabai, M.A. 1993. Significance and potential uses of soil enzymes. In: Metting, F.B. (Ed.), *Soil Microbial Ecology: Application in Agricultural and Environmental Management*. Marcel Dekker, New York: 95- 125.
- Eivazi F., and Tabatabai M.A. 1977. Phosphatases in soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 9: 167-172.
- Fereidooni-Naghani M., Raeisi F., and Fallah S. 2009. The effect of nitrogen source and amount on the calcareous soil enzyme activity under cultivation of maize. *Journal of Water and Soil*. 23(4): 127-136. (In Persian)
- Forghani A. 2003. Study on biochemical and fulvic and humic acid characteristics of different soils amended with various organic matters. *Eighth Soil Science Congress of Iran, Rasht. 12-9-September*, Page 15. (In Persian)
- Garg S., and Bahl G.S. 2008. Phosphorus availability to maize as influenced by organic manures and fertilizer P associated phosphatase activity in soils. *Bioresource Technology*. 99 (13): 5261-5996.
- Guimaraes L.H.S., Simone C.P.N., and Michele M. 2006. Screening of filamentous fungi for production of enzymes of biotechnological interest. *Brazilian Journal of Microbiolog*, 37: 474-480.
- Guo F., Yost R.S., Hue N., Evensen C.I., and Silva J.A. 2000. Changes in phosphorus fractions in soils under intensive plant growth. *Soil Science Society of America*, 64: 1681-1689.
- Hallajnia A., Haghnia Gh., Photovva A., and Khorasani R. 2006. The impact of organic matter on soil P availability in calcareous soils. *Scientific and Research Journal of Agriculture and Natural Resources Science and Technology*, 10, (4a): 121-132. (In Persian)
- Harrison A. F. 1987. *Soil Organic Phosphorus*. C.A.B. International United Kingdom. 257p.
- Hojjati S., Noorbakhsh F., Khavazi K. 2006. The effect of sewage sludge on microbial biomass index, soil enzyme activity and corn yield. *Journal of Soil Research (Soil and Water Sciences)*, 25(1): 12-21. (In Persian)
- Johansson E., Krantz-Rülcker C., Zhang B.X., and Öberg G. 2000. Chlorination and biodegradation of lignin. *Soil Biology and Biochemistry*, 32: 1029-1032.

- Juma N.G., and Tabatabaei M.A. 1977. Effects of trace elements on phosphatase activity in soils. *Soil Science Society of America Journal*, 41: 343-346.
- Khan A., Jilani G., Akhtar M.S., Saqlan Naqvi S.M., and Rasheed M. 2009. Phosphorus solubilizing bacteria: Occurrence, Mechanisms and their role in crop production. *Journal of Agricultural and Biological Science*, 1(11): 48-58.
- Kiss S., Stefanic G., and Dragan-Bularda M. 1974. Soil enzymology in Romania (Part I). *Contrib. Bot Cluj*, pp. 207-219.
- Kizilkaya R., Askin T., Bayarkli B., and Saglam M. 2004. Microbiological characteristics of soils contaminated with heavy metals. *European Journal of Soil Biology*, 40: 95-102.
- Kuo S. 1996. Phosphorus. In: Sparks D.L. (Ed.), *Methods of Soil Analysis-Part 3. Chemical Methods No. 5. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy*, Madison, pp. 869-919.
- Leytem A.B., and Westermann D. T. 2005. Phosphorus availability to barley from manures and fertilizers on a calcareous Soil. *Soil Science*, 170: 401-408.
- Liang Y., Yang Y., Yang Ch., Shen Q., Zhou J., and Yang L. 2003. Soil enzymatic activity and growth rice and barley as influenced by organic manure in an anthropogenic soil. *Geoderma*, 115: 149-160.
- Mandal A., Patra A.K., Singh D., Swarup A., and Masto R.E. 2007. Effect of long-term application of manure and fertilizer on biological and biochemical activities in soil during crop development stage. *Bioresource Technology*, 98: 3585-3592.
- Mirzashahi K., and Kiani Sh. 2008. Effects of sheep manure on amounts of chemical fertilizer consumption in corn. *Journal of Investigative in Agricultural Science*, 4(20): 174-186. (In Persian)
- Mkhabela M. S., and Warman P.R. 2005. The influence of municipal solid waste compost on yield, soil phosphorus availability and uptake by two vegetable crops grown in a Pugwash sandy loam soil in Nova Scotia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 106: 57-67.
- Mohammadzadeh A.R., and Mivechi Langaroodi H. 1998. The method of manure and phosphorus fertilizers for decrease phosphorus fertilizers in Bushehr province soils. *Journal of Soil and Water*, 12(1): 20-27. (In Persian).
- Nannipieri P. 1994. The potential use of soil enzymes as indicators of productivity, sustainability and pollution. In: Pankhurst in Sustainable Farming Systems. CSIRO, East Melbourne, pp. 238-244.
- Olsen S.R., and Sommers L.E. 1982. Phosphorus. In A. L. page etal (Ed.) *Methods of Soil analysis. Part 2. Agronomy 9:403-430. Am. Soc. Agro. Inc., Madison, WI.*
- Pettipas F.C. 2004. Soil and plant nutrient relationships in processing carrots. MSc. Thesis, Nova Scotia Agricultural College, Truro, Nova Scotia.
- Philip A., Thomas J., and Xiaodun He. 2008. Bioavailability of Organically-Bound Soil Phosphorous. College of Agricultural and Life Sciences, University of Wisconsin- Madison, USDA, National Research Initiative Competitive, Grant 94-37107-0356, and Hatch Project 3940.
- Saha S., Mina B.L., Gopinath K.A., Kundu S., and Gupta H. S. 2008. Relative changes in phosphatase activities as influenced by source and application rate of organic composts in field crops. *Bioresource Technology Journal*, 99: 1750-1757.
- Sastre I., Vicente M.A., and Lobo M.C. 1996. Influence of the application of sewage sludges on soil microbial activity. *Bioresearch Technology*, 57: 19-23.
- Shahbazi K., and Davoodi M.H. 2013. Evaluation of wheat phosphorous necessity with phosphorous absorption isotherm in calcareous soils. *Journal of Soil and Water Science*, 26: 1-17. (In Persian)
- Smith A.N. 1996. The supply of soluble phosphorus to wheat plant from inorganic soil phosphorus. *Plant and Soil*, 22: 314-316.
- Tabatabai M.A., Weave R.W., Angle S., Bottomley P., Bezdicek D., Smith S., Tabatabai A., and Wollum A. 1994. Soil enzyme, In: Weaver RW *et al.*, (Ed.) *Methods in soil Analysis, Part 2: Microbiological and Biochemical properties*, pp. 775-834.
- Tabatabai M.A., and Bremner J.M. 1969. Use of p-nitrophenylphosphate for assay of soil phosphatase activity. *Soil Biology Biochemistry*, 1: 301-307.
- Zahedifar M., Karimian N., Ronaghi A.M., Yasrebi J., and Emam Y. 2011. Phosphorus and zinc distribution in different parts and various growth stages of wheat under field conditions. *Jornal of Water and Soil*, 25(3): 436-445. (In Persian)

The Effect of Organic and Chemical Fertilizers on Phosphorus Uptake by Wheat (*Triticum*) and Soil Acidic and Alkaline Phosphatase Enzymes Activity

Jafar Shahabifar^{1, 2}, Ebrahim Panahpour^{3*}, Farhad Moshiri⁴, Ali Gholami⁵ and Mehrzad Mostashari⁶

(Received: March 2017

Accepted: May 2018)

Abstract

Phosphorus deficiency is one of the most important problems in calcareous agricultural soils of arid and semi-arid regions. This study was conducted to investigate the phosphorus uptake and activity of acidic and alkaline phosphatase enzymes in three types of soils with different levels of available phosphorus (Qazvin₁, Qazvin₂ and Dizan) treated with 50 mg/kg phosphorus by using sheep manure, municipal solid waste compost and triple superphosphate under greenhouse conditions in 2015 as a completely randomized design with three replications. The results showed that the acidic and alkaline phosphatase activity in Dizan were significantly higher than other studied soils. The alkaline phosphatase activity was more 2.7 times than acidic phosphatase in the soil. The influence of municipal solid waste compost on acidic and alkaline phosphatase enzymes activity were 82.3 and 62.1 p- Nitro phenol ($\mu\text{g/g}^{-1}\text{dwt h}^{-1}$) and 52.6 and 87.6 p- Nitro phenol ($\mu\text{g/g}^{-1}\text{dwt h}^{-1}$) higher than sheep manure and triple superphosphate treatments respectively. The results of soil and fertilizers interaction showed that, acidic phosphatase enzyme activity in municipal solid waste compost and triple superphosphate were more than sheep manure in Dizan soil sample. The phosphorus uptake by plant was 34.3, 20.9 and 65.7 % in Dizan treated soil sample with sheep manure, municipal solid waste and control respectively. In Dizan soil residual phosphorus after harvest of wheat in triple superphosphate treatment was 33.3, 61.7 and 72.4 % compared to sheep manure, municipal solid waste compost and control, respectively. According to the results the maximum phosphatase enzyme activity was obtained in treated calcareous soil with municipal waste compost.

Keywords: Alkaline phosphatase, Compost, Sheep manure, Triple super phosphate, Wheat

Shahabifar J. Panahpour E., Moshiri F., Gholami A. and Mostashari M. 2019. The Effect of Organic and Chemical Fertilizers on the Uptake of Phosphorus and Activity of Acidic and Alkaline Phosphatase Enzymes in Wheat. *Applied Soil Research*, 7(3):150-163.

1. PhD student of Soil Science, Khuzestan Science and Research Branch, Islamic Azad University, Khuzestan, Iran

2. Department of Soil Science, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

*3. Department of Soil Science, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

4. Assistant Professor of Soil and Water Research Institute, Agricultural and Natural Resources Research Center, (AREEO), Karaj, Iran

5. Department of Soil Science, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

6. Associate Professor of Soil and Water Research Department, Qazvin Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural and Natural Resources Research Center, (AREEO), Qazvin, Iran

* Corresponding Author Email: e.panahpour@iauahvaz.ac.ir