



تأثیر فعالیت ریشه زعفران و سطوح کود حیوانی بر فراهمی عناصر غذایی در خاک

محمد حسن سیاری زهان^{۱*}، مجید جامی‌الاحمدی^۲ و یاسین هلال بیکی^۳

۱-دانشیار، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

۲- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

۳- کارشناس ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات و علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

*نویسنده مسئول: [Email:msayari@Birjand.ac.ir](mailto:msayari@Birjand.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۲/۱۳؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۳/۲۱

چکیده

فراهمی عناصر غذایی در محیط ریشه گیاه و بهبود وضعیت فیزیکی خاک با استفاده صحیح و مقدار کافی از کود حیوانی می‌تواند موجب بهبود عملکرد زعفران شود. این مطالعه در نهالستان دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در گلدان‌های ۲۵ کیلویی خاک در سال ۱۳۹۴-۱۳۹۳ اجرا شد. تیمارها شامل شاهد (عدم کاربرد کود)، ۴۰ و ۸۰ تن در هکتار، کاربرد تلفیقی ۴۰ تن کود دامی در هکتار + ۱۰۰ درصد کود شیمیایی و ۸۰ تن کود دامی در هکتار + ۱۰۰ درصد کود شیمیایی (بر اساس آزمون خاک)، کاربرد فقط کود شیمیایی و اعمال تیمارها در خاک با شرایط مشابه بدون کشت گیاه زعفران بود. نمونه‌برداری خاک در سال دوم پس از گلدهی و اندازه‌گیری عناصر انجام شد. نتایج نشان داد که اثر ساده کودهای دامی و شیمیایی بر میزان فسفر و پتاسیم قابل جذب خاک تحت کشت زعفران معنی‌دار بود و بیشترین میزان فسفر و پتاسیم قابل جذب (به ترتیب، ۹/۶۲ و ۷۶۳/۱۳ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) از مصرف ۸۰ تن کود دامی در هکتار بدست آمد. همچنین نتایج نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار اثر متقابل کودهای شیمیایی و دامی بر غلظت آهن قابل جذب در خاک تحت کشت زعفران بود. افزایش غلظت فسفر و پتاسیم و کاهش غلظت آهن در خاک تحت کشت زعفران بیانگر فعالیت ریشه گیاه زعفران می‌باشد که می‌تواند نقش مؤثری در فراهمی عناصر غذایی داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: پتاسیم قابل جذب، تغذیه، فسفر قابل جذب، کود، گیاه دارویی

مقدمه

کودهای دامی اغلب عناصر مورد نیاز گیاه را به نسبتی مناسب، دارا هستند. علاوه بر این، آن‌ها به جز عناصر پرمصرف به مقدار کمتر دارای عناصر کم‌مصرف نیز بوده و خاک را در درازمدت به سمت تعادل پیش خواهند برد و با بهبود ساختمان فیزیکی خاک، تا حدودی باعث ایجاد تعادل در بخش شیمیایی خاک خواهند شد (Chaudhry et al., 1999). البته عناصر غذایی موجود در این کودها بلافاصله بعد از مصرف توسط گیاه قابل جذب نیستند و باید به وسیله تجزیه میکروبی به شکل قابل دسترس تبدیل شوند (Fallah et al., 2004).

نتایج بررسی‌ها نشان داده است که بین محتوی ماده آلی خاک و عملکرد کلاله زعفران همبستگی مثبت و بالایی وجود دارد (Munshi, 1994) به نظر می‌رسد بهبود عملکرد زعفران احتمالاً به دلیل افزایش فراهمی و دسترسی به عناصر غذایی به ویژه فسفر و نیتروژن و همچنین بهبود ویژگی‌های بیولوژیکی و فیزیکی خاک باشد (Munshi, 1994). امیری (Amiri, 2008) با مشاهده افزایش سطح برگ، میزان عناصر غذایی در برگ و نیز عملکرد گل زعفران در نتیجه مصرف کود دامی، بیان نمود که کود دامی می‌تواند در بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مانند فراهمی ماده آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی و افزایش عناصر غذایی نقش موثری داشته باشد.

همچنین، محققین اظهار داشتند که استفاده از کودهای حیوانی، نه تنها بر اجزای عملکرد زعفران موثر بود، بلکه عملکرد و همچنین مواد مغذی موجود در برگ را بهبود داد، خصوصاً زمانی که با ۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار ترکیب شد (Mohammad Abadi et al., 2012). صادقی و همکاران (Sadeghi et al., 1992) اظهار داشتند که در خاک دارای ماده آلی کم، مصرف ۳۰ تن کود گاوی به همراه ۵۰ کیلوگرم فسفات آمونیوم باعث کسب حداکثر عملکرد گردید و استفاده تلفیقی از کود گاوی و شیمیایی باعث افزایش عملکرد کلاله زعفران شد. در تحقیقات مشابه دیگری نیز کاربرد منفرد کود شیمیایی نیتروژن و کاربرد تلفیقی نیتروژن با کود گاوی باعث افزایش عملکرد کلاله شد (Sadeghi et al., 1992; Unal & Cavusoglu, 2005). کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2015) گزارش کردند که میزان نیتروژن بنه‌های دختری و کل بوته مادری، در وزن‌های بنه مادری (بین ۴/۱ تا ۸ گرم و بیش از

زعفران (*Crocus sativus L.*) به عنوان گیاه ارزشمند دارویی از مهم‌ترین محصولات کشاورزی صادراتی کشور محسوب می‌شود (Koocheki, 2013) و جزء محصولات استراتژیک کشور به خصوص در استان‌های خراسان جنوبی و رضوی به شمار می‌آید (Koocheki & Jahan, 2009). حداکثر متوسط عملکرد زعفران در ایران ۳/۹۶ کیلوگرم در هکتار است که در مقایسه با کشورهایمانند اسپانیا با عملکرد حدود ۱۵ کیلوگرم در هکتار تفاوت قابل ملاحظه‌ای دارد (Behdani et al., 2008; Rezvani Moghaddam et al., 2007). این تفاوت عملکرد عمدتاً ناشی از عوامل مربوط به مدیریت زراعی می‌باشد.

زعفران به منظور بهره‌برداری از پتانسیل محیط، کسب حداکثر عملکرد و نیز افزایش طول دوره تولید، نیازمند شرایط آب و هوایی و خاک مناسب و مدیریت صحیح عملیات زراعی است (Naderi Darbaghshahi et al., 2009; Koocheki et al., 2011) که در این بین فراهمی عناصر غذایی از مؤثرترین راه‌کارهای بهبود عملکرد این گیاه محسوب می‌شود (Amiri, 2008; Behdani, 2004; Koocheki et al., 2009).

مدیریت صحیح کودی در زراعت زعفران بر اساس نتایج تجزیه خاک و با در نظر گرفتن میزان عناصر غذایی خاک اعمال می‌شود (Kafi et al., 2002). از آنجاکه ریشه مرکز ثقل گیاه در خاک محسوب می‌شود، بنابراین، تغییر مدیریت حاصلخیزی خاک بر مبنای مصرف نهاده‌های آلی نظیر کود دامی با بهبود خصوصیات خاک، علاوه بر افزایش رشد و عملکرد محصول، پایداری بوم‌نظام را نیز تحت تأثیر قرار داده و آن را در درازمدت تضمین می‌نماید (Letey et al., 1985).

استفاده از کود دامی به دلیل افزایش محتوی ماده آلی، بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک، کاهش فرسایش، افزایش قابلیت نگهداری آب، کاهش آبخیزی، افزایش عملکرد محصولات را نیز به دنبال دارد (Araji et al., 2001). در منابع متعدد به اثر مثبت کودهای دامی بر گسترش و ترکیب جوامع میکروبی، فون و فلور و نیز تشدید فرآیندهای متابولیکی خاک تأکید شده که این امر از طریق فراهمی عناصر غذایی و تحریک رشد، افزایش عملکرد را به دنبال دارد (Arabaci & Bayram, 2004; Vessey, 2003).

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار به صورت گلدانی در فضای آزاد نهالستان دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند در سال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۴ اجرا شد. خاک مورد آزمایش از روستای بیدخت بیرجند تهیه و از الک ۴-۳ میلی‌متری عبور داده شد و مقداری برای انجام آزمایشات مورد نیاز به آزمایشگاه خاکشناسی انتقال یافت. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک شامل بافت، هدایت الکتریکی عصاره اشباع (EC_e)، واکنش (pH)، ماده آلی، عناصر فسفر، پتاسیم و آهن قابل جذب اندازه‌گیری و تعیین شد (جدول ۱). خاک مورد آزمایش قبلاً تحت هیچ کشت و کاری قرار نگرفته بود. خصوصیات شیمیایی کود حیوانی مورد استفاده نیز قبل از شروع آزمایش اندازه‌گیری و تعیین شد که در جدول ۲ ارائه شده است.

هشت گرم)، با مصرف کود دامی بیش از کود شیمیایی بود. تیموری و همکاران (*Teimori et al., 2013*) به این نتیجه رسیدند که بیشترین وزن کل بنه، وزن و تعداد بنه‌های بالای ۸ گرم، تعداد بنه‌های ۴ تا ۸ گرم، طول و عرض برگ-ها مربوط به تیمار کود گاوی بود. کوچکی و همکاران (*Koocheki et al., 2015*) در مطالعه‌ای دیگر نتیجه گرفتند که در بین منابع تغذیه آلی، کود گاوی بیشترین تأثیر را در افزایش معنی‌دار عملکرد بنه‌های دختری زعفران داشته است.

از آنجا که زعفران یکی از گیاهان ادویه‌ای و دارویی گران‌بها بوده و از کشت‌های متداول خراسان جنوبی است و سابقه استفاده از کود دامی بین کشاورزان وجود دارد و پس از چند سال کشت و کار عملکرد آن کاهش می‌یابد لذا هدف از اجرای این طرح، بررسی فعالیت ریشه گیاه زعفران همراه با اعمال کود حیوانی بر فراهمی عناصر غذایی فسفر، پتاسیم و آهن در خاک مزارع چندساله زعفران بود.

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1. Physical and chemical properties of soil

بافت <i>Texture</i>	ماده آلی <i>O.M.</i> (%)	فسفر قابل دسترس <i>P Ava.</i> (ppm)	SAR (%)	منیزیم <i>Mg</i>	کلسیم <i>Ca</i> (<i>meq.L⁻¹</i>)	سدیم <i>Na</i>	رطوبت اشباع خاک <i>SP</i> (%)	اسیدیته <i>pH</i>	هدایت الکتریکی عصاره اشباع <i>ECe</i> (<i>dS.m⁻¹</i>)
لومی <i>Loam</i>	0.4	3	10.98	7	6	28	35	7.97	4.1

جدول ۲. خصوصیات شیمیایی کود حیوانی

Table 2. Chemical properties of manure

ماده آلی <i>O.M.</i>	منیزیم <i>Mg</i>	کلسیم <i>Ca</i>	سدیم <i>Na</i> (%)	پتاسیم <i>K</i>	فسفر <i>P</i>	نیتروژن <i>N</i>	اسیدیته <i>pH</i>	هدایت الکتریکی <i>ECe</i> (<i>dS.m⁻¹</i>)
80	0.32	1.9	0.15	2	0.5	2.5	8.5	14

کیلوگرم در هکتار بود رطوبت ظرفیت زراعی خاک بر اساس ظرفیت نگهداری آب خاک^۱ تعیین شد (*Sayyari-Zahan et al., 2009*) و سپس کود شیمیایی تیمار مورد نظر به صورت محلول به خاک اضافه و کاملاً مخلوط گردید. بعد از اعمال تیمارها خاک‌ها به گلدن‌های ۲۵ کیلویی منتقل شد و

دو تیمار کودی شامل کود شیمیایی در دو سطح (عدم مصرف و مصرف ۱۰۰ درصد توصیه کودی) و کود دامی در سه سطح صفر (شاهد)، ۴۰ و ۸۰ تن در هکتار اعمال گردید. کود دامی از الک ۴-۳ میلی‌متری عبور داده شد و بطور کامل با خاک مخلوط گردید. ترکیب و نسبت کود شیمیایی برای تیمار ۱۰۰ درصد شامل اوره ۱۵۰ کیلوگرم، سوپر فسفات تریپل ۱۰۰ کیلوگرم و سولفات پتاسیم ۱۰۰

¹ Water holding capacity

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS ver. 9.1 و میانگین تیمارها به روش آماری LSD در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفتند. برای رسم نمودار از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

فسفر قابل جذب خاک

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که در شرایط کشت زعفران (فعالیت ریشه) اثر ساده کودهای شیمیایی و دامی در سطح احتمال یک درصد بر غلظت فسفر قابل جذب خاک معنی‌دار بود. اما، اثر متقابل این دو عامل بر میزان فسفر خاک معنی‌دار نبود و در شرایط عدم حضور گیاه زعفران اثر ساده کود دامی و اثر متقابل کودهای دامی و شیمیایی در سطح احتمال یک درصد بر غلظت این عنصر معنی‌دار گردید (جدول ۳).

در شهریور ماه ۱۳۹۳ تعداد ۲۵ بونه در هر گلدان در عمق ۱۵ سانتی‌متری خاک کاشته شدند.

آبیاری براساس رطوبت ظرفیت زراعی و همچنین وجین علف‌های هرز انجام شد. تیمارهای فوق در خاک با شرایط مشابه ولی بدون کشت گیاه زعفران نیز اعمال شدند (خاک بدون کشت). گلدان‌ها داخل چاله‌های خاک از قبل در محل اجرای طرح حفر شده قرار داده شدند تا کمتر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار گیرند. سطح گلدان‌ها برای جلوگیری از تداخل خاک اطراف، اندکی بالاتر از سطح زمین قرار داده شد.

در سال دوم بعد از اتمام دوره گلدهی، نمونه‌برداری از خاک تحت کشت زعفران و خاک بدون کشت صورت گرفت. نمونه‌ها هوا خشک و از الک دو میلی‌متری عبور داده شد و به آزمایشگاه منتقل شد. اندازه‌گیری عناصر فسفر، پتاسیم و آهن قابل جذب خاک بر اساس دستورالعمل ارائه شده توسط پیچ و همکاران (Page et al., 1992) انجام شد.

جدول ۳. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر کودهای شیمیایی و دامی بر غلظت عناصر غذایی خاک در شرایط کشت و عدم کشت گیاه زعفران

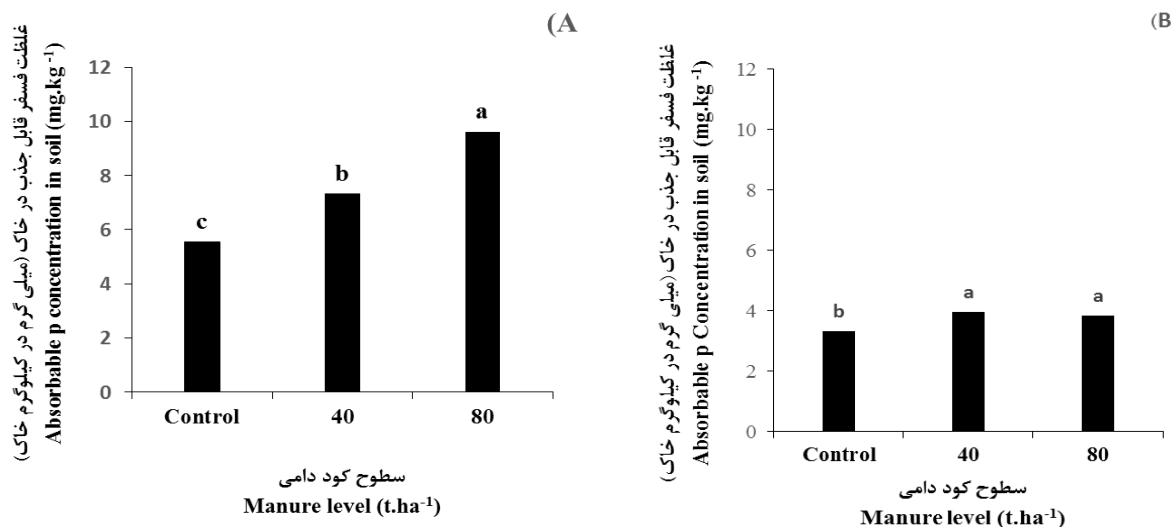
Table 3. Analysis of variance (mean of squares) for the effects of chemical and manure fertilizers on concentration of soil nutrients with cultivation and without cultivation of saffron

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares					
		با زعفران With saffron			بدون زعفران Without saffron		
		فسفر P	پتاسیم K	آهن Fe	فسفر P	پتاسیم K	آهن Fe
تکرار Replication	3	2.285 ^{ns}	2941.70 ^{ns}	0.575 ^{ns}	0.413 ^{ns}	77.77 ^{ns}	2.896 ^{ns}
کود شیمیایی (C) Chemical fertilizer (C)	1	26.88 ^{**}	127458.37 ^{**}	6.396 ^{**}	0.120 ^{ns}	236016.66 ^{**}	4.386 ^{ns}
کود دامی (M) Manure fertilizer (M)	2	33.18 ^{**}	158403.79 ^{**}	7.219 ^{**}	0.912 ^{**}	20379/16 ^{**}	45.024 ^{**}
C×M	2	3.06 ^{ns}	1132.12 ^{ns}	4.131 ^{**}	1.702 ^{**}	24179.16 ^{**}	14.167 ^{**}
خطا Error	15	2.14	1199.37	0.633	0.167	984.44	1.000
ضریب تغییرات (درصد) C.V. (%)	-	19.51	5.59	9.79	11.08	6.62	10.39

ns و ** به ترتیب عدم معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد
ns, * and **: non-significant, significant at 5% level and significant at 1% levels, respectively.

میانگین‌ها نشان داد که بالاترین میزان فسفر (۳/۹۵) میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) در تیمار ۴۰ تن کود دامی در هکتار حاصل شد که با تیمار مصرف ۸۰ تن کود دامی در هکتار تفاوت آماری نداشت و کمترین آن (۳/۳۱) میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) برای عدم مصرف کود دامی به دست آمد (شکل ۱- B).

در خاک تحت کشت زعفران، بیشترین میزان فسفر قابل جذب خاک (۹/۶۲ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) از مصرف ۸۰ تن کود دامی در هکتار به دست آمد و کمترین آن (۵/۵۶) میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) در شاهد مشاهده شد (شکل ۱- A). به عبارت دیگر، مصرف ۸۰ تن کود دامی سبب افزایش ۷۳ درصدی محتوی فسفر خاک شده است. در خاک بدون کشت زعفران، نتایج حاصل از مقایسه



شکل ۱. مقایسه میانگین غلظت فسفر قابل جذب خاک تحت تأثیر سطوح کود حیوانی در خاک (الف) با و (ب) بدون گیاه زعفران

Fig.1. Mean comparisons for available P concentration in soil affected as manure fertilizer levels in cultivation (A) and without cultivation (B) of saffron

آزادسازی آن‌ها می‌شوند (Kafkafi et al., 1988). از طرفی، مصرف کودهای آلی باعث افزایش جمعیت میکروبی خاک به ویژه در ریزوسفر شده که سبب افزایش حل شدن ترکیب‌های مختلف فسفر مانند فسفات‌های آهن، آلومینیوم و کلسیم و معدنی شدن ماده آلی شده و فراهمی عناصر از جمله فسفر را افزایش می‌دهد (Marschener, 1995; Pinton, 2007).

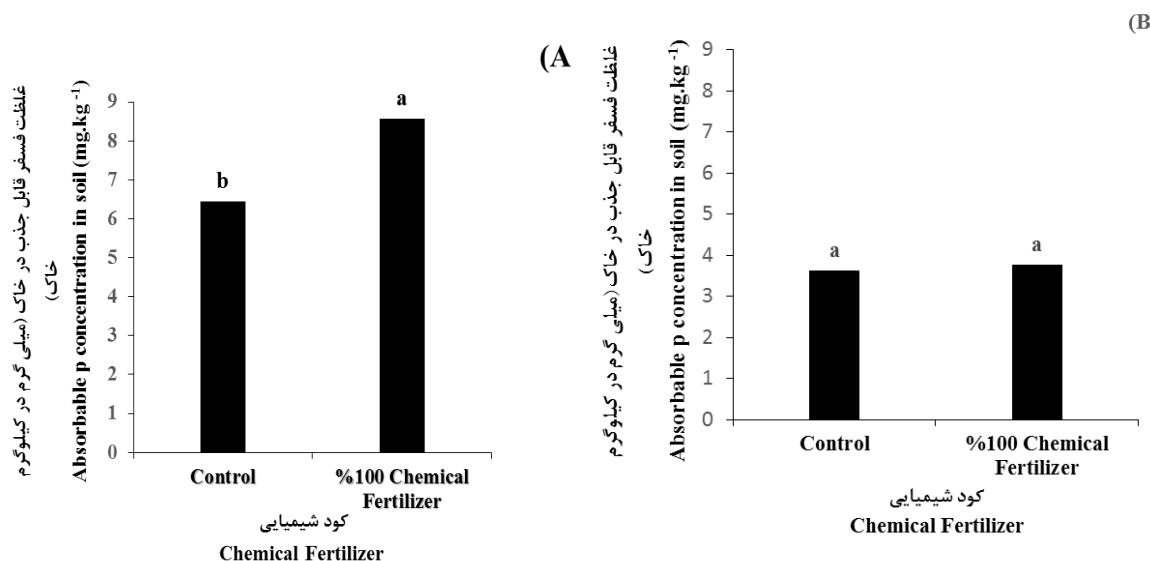
امیری (Amiri, 2008) با مشاهده افزایش سطح برگ، میزان عناصر غذایی در برگ و نیز عملکرد گل زعفران در نتیجه مصرف کود دامی، گزارش نمود که کاربرد کود دامی می‌تواند در بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مانند فراهمی ماده آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی و افزایش عناصر غذایی در خاک نقش موثری داشته باشد. مشابه نتایج این آزمایش، رضایی‌نژاد و افیونی (Rezaenejad &

به نظر می‌رسد با اضافه شدن کود آلی در یک سیستم کشت، هوموس موجود در خاک باعث پوشاندن سطح ذرات رس شده و مانع تثبیت فسفر می‌گردد (Malakoti, 1996). به علاوه، ماده آلی فسفر قابل دسترس گیاهان را افزایش می‌دهد و به طور غیرمستقیم از رسوب فسفات در pH های ۶ تا ۹ (غیرقابل جذب برای گیاه)، جلوگیری می‌کند (Baure & Black, 1992; Khan & Schnitzer, 1972). همچنین، محققین گزارش کردند که مصرف کودهای دامی نسبت به کود شیمیایی در تأمین فسفر تأثیر بیشتری داشته است (Zare Feizabadi et al., 2004).

افزایش میزان فسفر خاک در اثر افزودن کودهای دامی را می‌توان به تولید اسیدهای آلی متعدد که مانع از تثبیت فسفر می‌شوند، نسبت داد. این اسیدها قادر به جایگزینی فسفر پیوند شده با سطوح تثبیت‌کننده بوده و باعث

مشابه نتایج این آزمایش، میرلوحی و همکاران (Mirlohi et al., 2009) ذکر نمودند که کاربرد کود گاوی موجب افزایش فسفر قابل جذب خاک می‌شود. بر این اساس، به نظر می‌رسد که کود گاوی به علت داشتن درصد بالای ماده آلی سبب افزایش فسفر قابل دسترس برای گیاه زعفران شده باشد. مطابق مقایسه میانگین صفات در شکل ۲-۱، مصرف کود شیمیایی (۱۰۰ درصد توصیه کودی) سبب افزایش ۳۲/۷۱ درصدی فسفر قابل جذب خاک نسبت به عدم مصرف کود شیمیایی گردید.

(Afyuni, 2001) گزارش کردند که در بین تیمارهای آزمایشی، بیشترین فسفر قابل جذب در تیمار کود گاوی مشاهده شد. همچنین، در مطالعه دیگری در خصوص تأثیر کودهای گاوی، مرغی، کود شیمیایی و ترکیب آن‌ها با کود شیمیایی بر روی سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum L.*) گزارش شده است که میزان عنصر غذایی فسفر در غده و شاخ و برگ سیب‌زمینی تحت تأثیر تیمار کود گاوی بیشتر از دیگر تیمارها بود (Islam & Nahar, 2012).



شکل ۲. مقایسه میانگین غلظت فسفر قابل جذب خاک تحت تأثیر کود شیمیایی در خاک (الف) با و (ب) بدون گیاه زعفران
 Fig. 2. Mean comparisons for available P concentration of soil affected as manure fertilizer levels with (A) and without (B) saffron

پتاسیم قابل جذب خاک

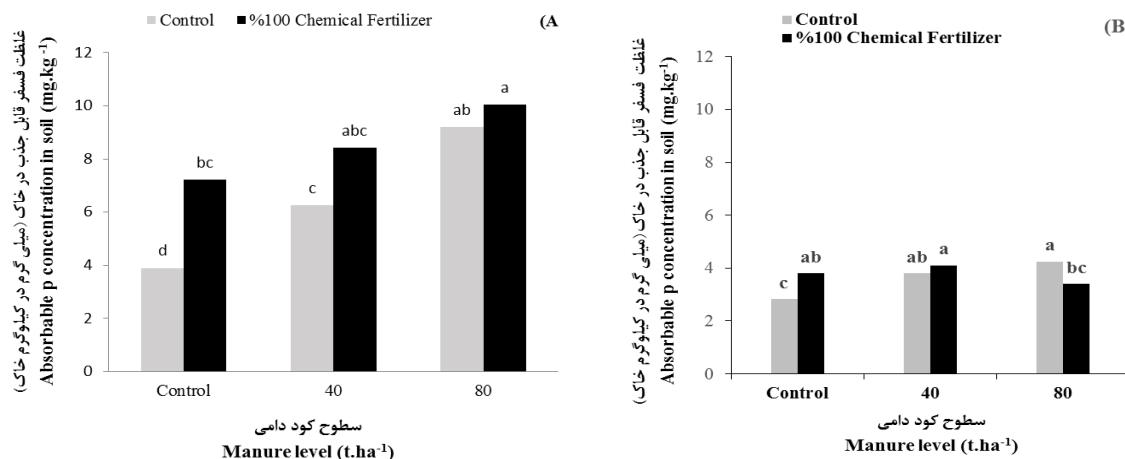
همانطور که در جدول ۳ ملاحظه می‌شود، اثر ساده کودهای شیمیایی و دامی بر غلظت پتاسیم قابل جذب خاک در شرایط کشت گیاه زعفران و فعالیت ریشه معنی‌دار ($p \leq 0.01$) بود اما، نتایج ارائه شده در خاک با عدم حضور گیاه زعفران حاکی از تأثیر معنی‌دار اثر ساده و متقابل کودهای دامی و شیمیایی در سطح احتمال یک درصد بر پتاسیم قابل جذب خاک می‌باشد (جدول ۳).

با توجه به نتایج مقایسه میانگین، مصرف کود دامی اثر مثبتی بر غلظت پتاسیم قابل جذب خاک در هر دو شرایط حضور و عدم حضور زعفران داشت. بطوری‌که بیشترین پتاسیم (۷۶۳/۱۳ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) در تیمار ۸۰ تن کود دامی در هکتار و کمترین آن (۴۸۲ میلی‌گرم در

نتایج اثر متقابل نشان داد که بیشترین فسفر خاک به میزان ۴/۲۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک با مصرف ۸۰ تن کود دامی در هکتار و عدم مصرف کود شیمیایی و کمترین با ۲/۸۲ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک در عدم مصرف کودهای دامی و شیمیایی در شرایط عدم کشت گیاه زعفران به دست آمد (شکل ۳-۲). نتایج نشان داده است که کاربرد توأم کود آلی با کودهای شیمیایی بیشترین عملکرد را در گیاهان در مقایسه با کاربرد آن‌ها به تنهایی باعث گردید (Roe, 1998). نجفی و محمدنژاد (Najafi & Mohammadnejad, 2016) نیز اظهار داشتند که مصرف کودهای آلی به تنهایی قادر به تأمین همه فسفر مورد نیاز گیاه نبوده و لازم بوده است مقداری کود شیمیایی فسفر نیز همراه کودهای آلی مصرف شود.

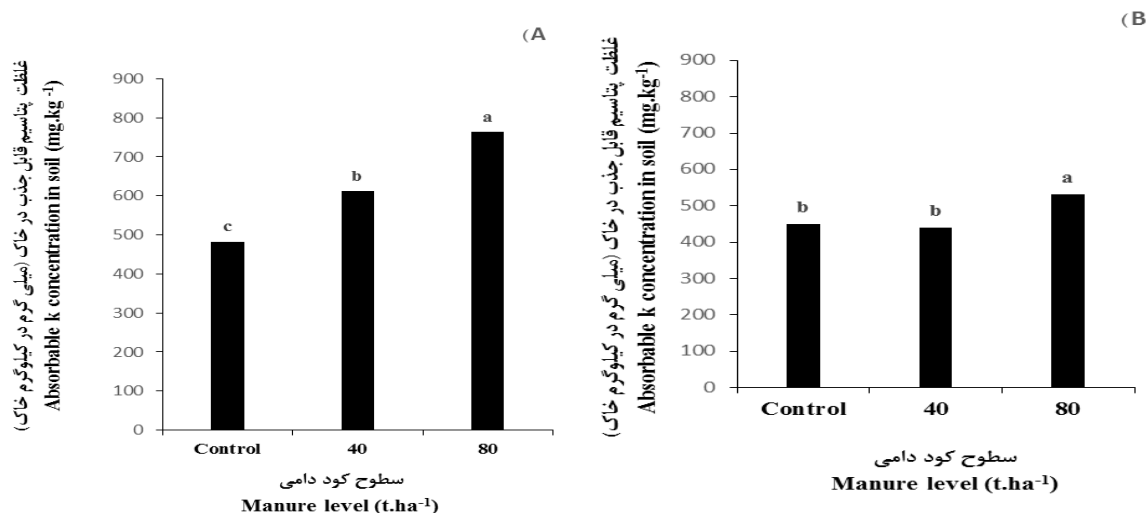
بالاترین پتاسیم قابل جذب (۵۳۱/۲۵ میلی گرم در کیلوگرم خاک) از تیمار مصرف ۸۰ تن کود دامی در هکتار و کمترین آن (۴۵۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک) از عدم مصرف کود دامی حاصل شد (شکل ۴-ب).

کیلوگرم خاک) در عدم مصرف کود دامی با زعفران به دست آمد (شکل ۴-ا) که نشان دهنده افزایش ۵۸/۳ درصدی با مصرف ۸۰ تن کود دامی در مقایسه با شرایط عدم مصرف آن است و به طور مشابه در شرایط عدم کشت گیاه زعفران،



شکل ۳. اثر متقابل کودهای دامی و شیمیایی بر غلظت فسفر قابل جذب خاک (الف) با و (ب) بدون گیاه زعفران

Fig. 3. Interaction of manure and chemical fertilizer on available P concentration of soil with cultivation (A) and without (B) saffron



شکل ۴. مقایسه میانگین غلظت پتاسیم قابل جذب خاک تحت تأثیر کود دامی در خاک (الف) با و (ب) بدون گیاه زعفران

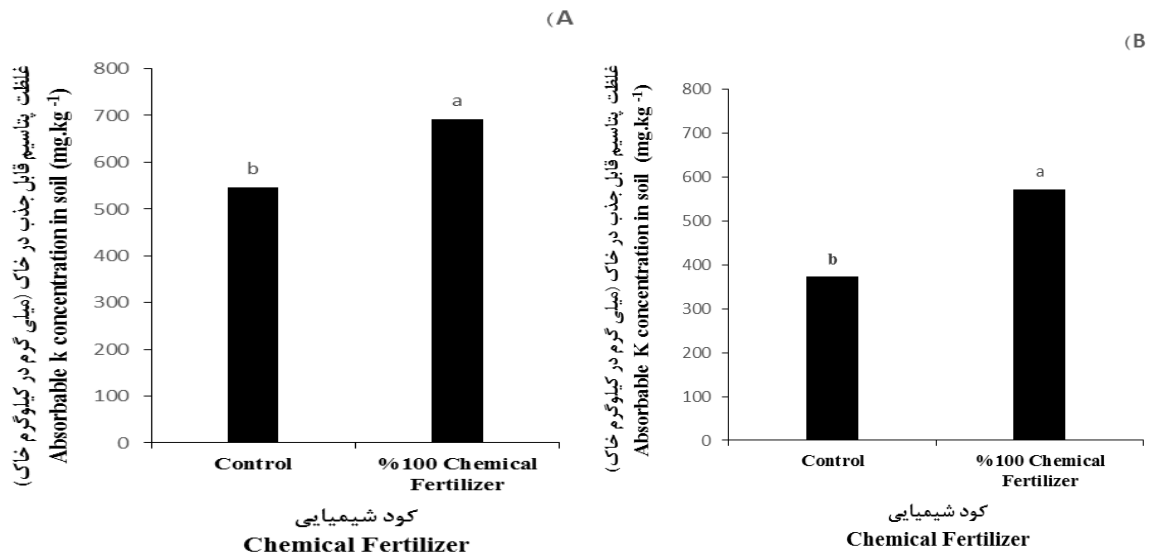
Fig. 4. Mean comparisons for available K concentration of soil affected as manure fertilizer cultivation (A) and non-cultivation (B) soil of saffron plant

سهرابی (Mohammadi & Sohrabi, 2014) نیز بیشترین پتاسیم قابل جذب خاک را از کاربرد همزمان کود دامی، کمپوست و کود شیمیایی گزارش کردند. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین پتاسیم قابل جذب به میزان ۶۹۱/۶۷ میلی گرم در کیلوگرم خاک در شرایط مصرف کود شیمیایی و کمترین آن (۵۴۵/۹۲ میلی گرم در

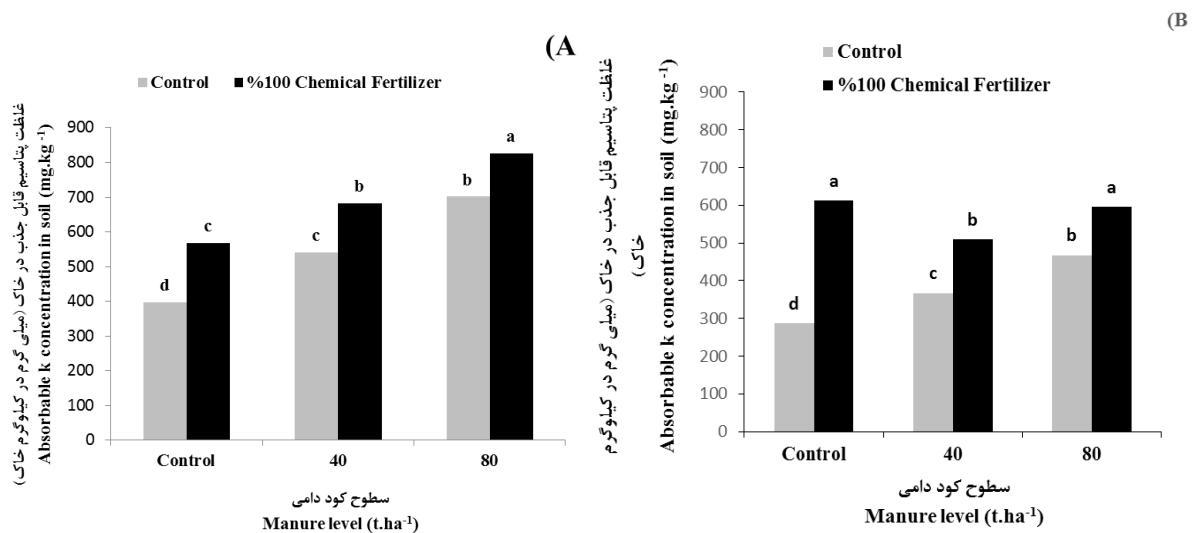
به احتمال زیاد، افزایش غلظت پتاسیم در نتیجه استفاده از کود دامی را می‌توان به بیشتر بودن غلظت پتاسیم در کود مورد استفاده، افزایش فراهمی پتاسیم در خاک، کاهش pH خاک و افزایش حل‌پذیری کانی‌های پتاسیم‌دار، معدنی شدن ماده آلی و آزادسازی پتاسیم نسبت داد (Halvin et al., 1999; Mahmoudi et al., 2015). محمدی و

نتایج اثر متقابل تیمارها، بیشترین پتاسیم قابل جذب از تیمار مصرف کود شیمیایی و عدم مصرف کود دامی به دست آمد که با تیمار مصرف کود شیمیایی و مصرف ۸۰ تن کود دامی در هکتار تفاوت آماری نداشت و کمترین آن در شاهد (عدم مصرف کود دامی و شیمیایی) به دست آمد (شکل ۶-ب).

کیلوگرم خاک) در عدم مصرف کود شیمیایی در شرایط کشت گیاه زعفران به دست آمد (شکل ۵-ا) و به طور مشابه در شرایط عدم وجود زعفران، مصرف کود شیمیایی سبب افزایش غلظت پتاسیم قابل جذب نسبت به عدم مصرف کود شیمیایی گردید (شکل ۵-ب) که این افزایش به علت پتاسیم موجود در کود شیمیایی می‌باشد. با توجه به



شکل ۵. مقایسه میانگین غلظت پتاسیم قابل جذب خاک تحت تأثیر کود شیمیایی در خاک (الف) با و (ب) بدون گیاه زعفران
 Fig. 5. Mean comparisons for available K concentration of soil affected as chemical fertilizer in cultivation (A) and non cultivation (B) soil of saffron plant



شکل ۶. مقایسه میانگین اثر متقابل کودهای دامی و شیمیایی بر غلظت پتاسیم قابل جذب خاک در خاک (الف) با و (ب) بدون گیاه زعفران

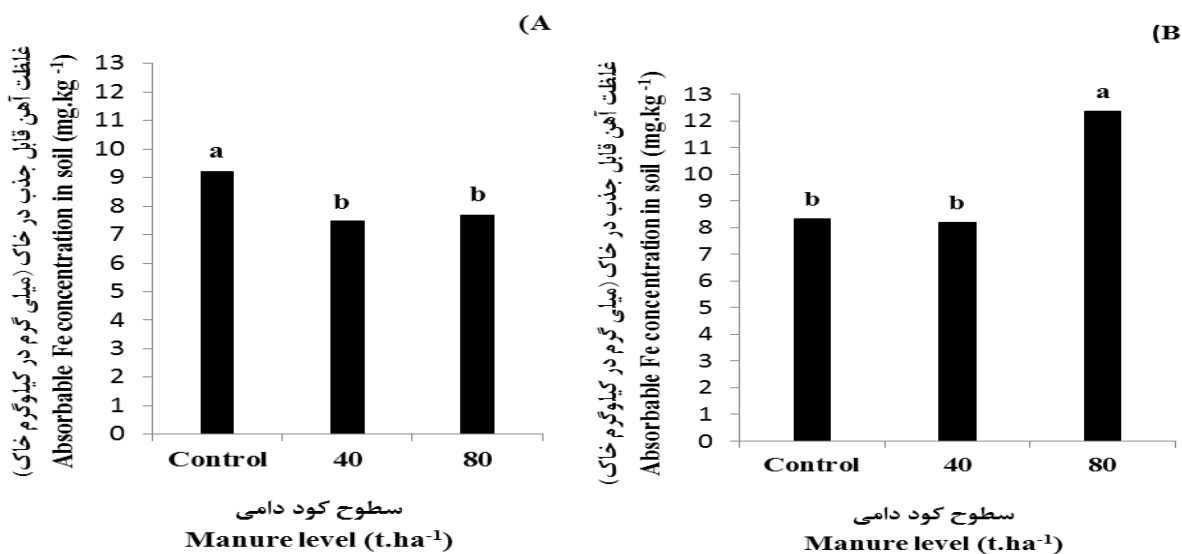
Fig. 6. Mean comparisons for the interaction effect of manure and chemical fertilizer on available K concentration in cultivation (A) and non-cultivation (B) soil of saffron plant

آهن قابل جذب خاک

نتایج مشخص کرد که اثر ساده و متقابل کودهای دامی و شیمیایی در سطح احتمال یک درصد در شرایط کشت گیاه زعفران و فعالیت ریشه آن بر غلظت آهن قابل جذب خاک معنی دار بودند. همچنین، نتایج ارائه شده از شرایط عدم وجود گیاه زعفران حاکی از تأثیر معنی دار اثر ساده کود دامی و اثر متقابل کودهای دامی و شیمیایی در سطح احتمال یک درصد بر غلظت آهن قابل جذب خاک است (جدول ۳).

در شرایط کشت گیاه زعفران و فعالیت ریشه، بیشترین غلظت آهن (۹/۲۱ میلی گرم در کیلوگرم خاک) در شرایط عدم مصرف کود دامی حاصل شد و کمترین آن (۷/۴۷ میلی گرم در کیلوگرم خاک) با مصرف ۴۰ تن کود دامی در هکتار به دست آمد که از لحاظ آماری تفاوتی با مصرف ۸۰ تن کود دامی در هکتار نداشت (شکل ۷-۱). اما نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها در شرایط عدم کشت گیاه زعفران نشان داد که بیشترین غلظت عنصر آهن در خاک با مصرف ۸۰ تن کود دامی در هکتار و کمترین آن با مصرف ۴۰ تن کود دامی در هکتار به دست آمد که از این حیث با شاهد اختلاف معنی داری نداشت (شکل ۷-۲).

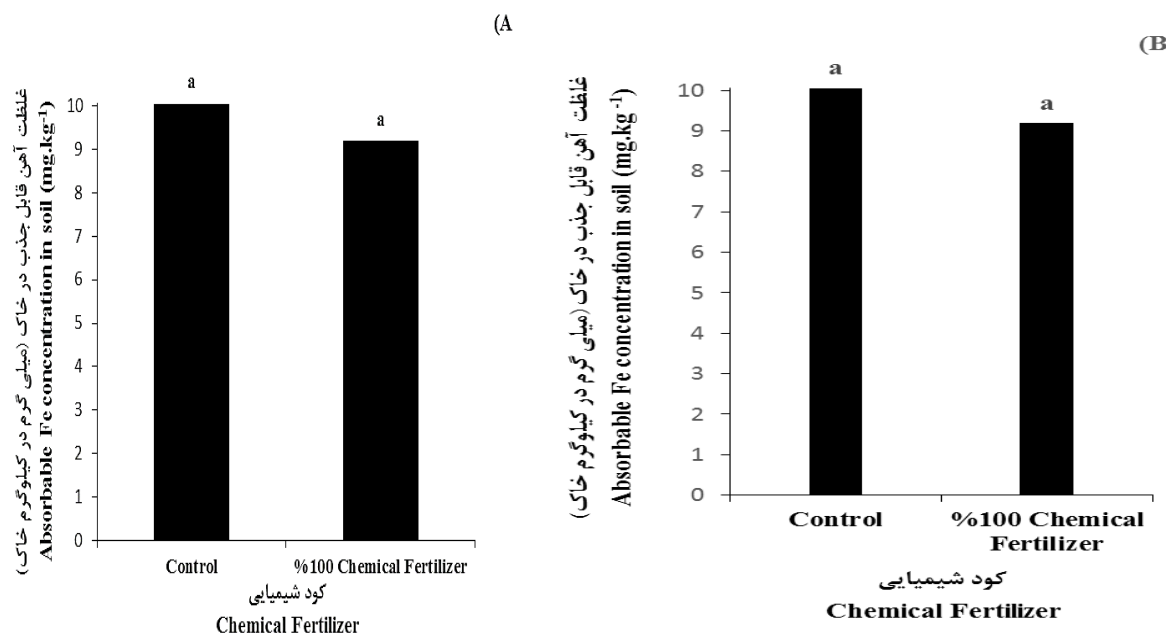
به نظر می‌رسد کود دامی با در اختیار قرار دادن تدریجی عناصر غذایی خود برای گیاه، بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک و ایجاد شرایط بهتر در تسهیل و بهبود جذب عناصر غذایی (Mandal et al., 2008)، در تلفیق با کودهای شیمیایی با کارایی بالاتری نسبت به کاربرد جداگانه کودها توانسته سبب افزایش پتاسیم قابل جذب در خاک گردد. کودهای دامی در تلفیق با کود شیمیایی می‌توانند به حاصلخیزی خاک و افزایش تولید محصول منجر شوند؛ زیرا این سیستم اکثر نیازهای غذایی مورد نیاز گیاه را تأمین کرده و بازده جذب مواد غذایی توسط محصول را افزایش می‌دهد (Majidian et al., 2008). محققین اظهار داشتند که با کاربرد کود دامی به همراه کود شیمیایی خواص فیزیکی خاک اصلاح شده و میزان عناصر NPK قابل دسترس افزایش می‌یابد (Hasanzadeh Ghourtappeh et al., 2001). همچنین برخی محققین گزارش کردند که کود دامی میزان فسفر قابل جذب و پتاسیم قابل تبادل خاک را نیز افزایش می‌دهد (Sabahi et al., 2008) که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.



شکل ۷. مقایسه میانگین غلظت آهن قابل جذب خاک تحت تأثیر کود دامی در خاک (الف) و (ب) بدون گیاه زعفران
 Fig. 7. Mean comparisons for available Fe concentration in soil affected as manure fertilizer with (A) and without (B) of saffron plant

به دست آمد (شکل ۸-۱). محققین گزارش کردند که کاربرد کود شیمیایی اوره با تغییر در اسیدیته خاک باعث کاهش کمبود آهن در خاک می‌شود (Moez Ardalan & Savaghebi, 2002) که با نتایج این آزمایش همخوانی دارد.

نتایج نشان داد که در شرایط کشت گیاه زعفران (فعالیت ریشه) بیشترین غلظت آهن (۸/۶۳ میلی گرم در کیلوگرم خاک) در شرایط عدم مصرف کود شیمیایی و کمترین آن (۷/۶۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک) با مصرف کود شیمیایی



شکل ۸. مقایسه میانگین غلظت آهن قابل جذب خاک تحت تأثیر کود شیمیایی در خاک (الف) با و (ب) بدون گیاه زعفران
Fig. 8. Mean comparisons for the available Fe concentration in soil affected as chemical fertilizer with (A) and without (B) of saffron plant

دامی در هکتار و مصرف کود شیمیایی (۱۰۰ درصد توصیه کودی) به دست آمد که با شاهد اختلاف معنی داری نداشت. تأثیر کودهای آلی بر فراهمی عناصر روی، آهن و دیگر عناصر را می‌توان به دو صورت مستقیم همچون افزایش غلظت یک عنصر در خاک به علت مقدار زیاد آن عنصر در کود و غیرمستقیم نظیر تأثیر بر pH شوری غلظت‌های یونی، فعالیت‌های میکروبی و رشد ریشه در خاک بیان کرد (Penny, 2002). اضافه کردن ماده آلی از جمله کودهای دامی ضمن در دسترس قرار دادن بسیاری از عنصرهای ریز مغذی و پرمصرف، باعث بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، زیستی خاک و ایجاد محیطی مناسب برای فراهمی عنصرهای ریز مغذی و به دنبال آن رشد بهتر و کیفیت بالاتر گیاهان می‌شود (Zeidan, 2007). علاوه بر این، افزودن کودهای دامی به علت وجود کربنات و ماده آلی و همچنین تولید اسیدهای آلی و دی‌اکسید کربن در فرآیند تجزیه باعث بافری شدن خاک و کاهش تغییرات pH می‌شوند (Schoenau, 2006).

کودهای دامی همچنین با دارا بودن نسبت مناسبی از عنصرهای ریزمغذی غذایی می‌تواند در افزایش میزان این عنصرها موثر باشد (Upreti et al., 2009) و با افزودن کودهای دامی و تجزیه آن در خاک، عناصر کم‌مصرف موجود در این کودها آزاد شده و در دسترس گیاهان قرار

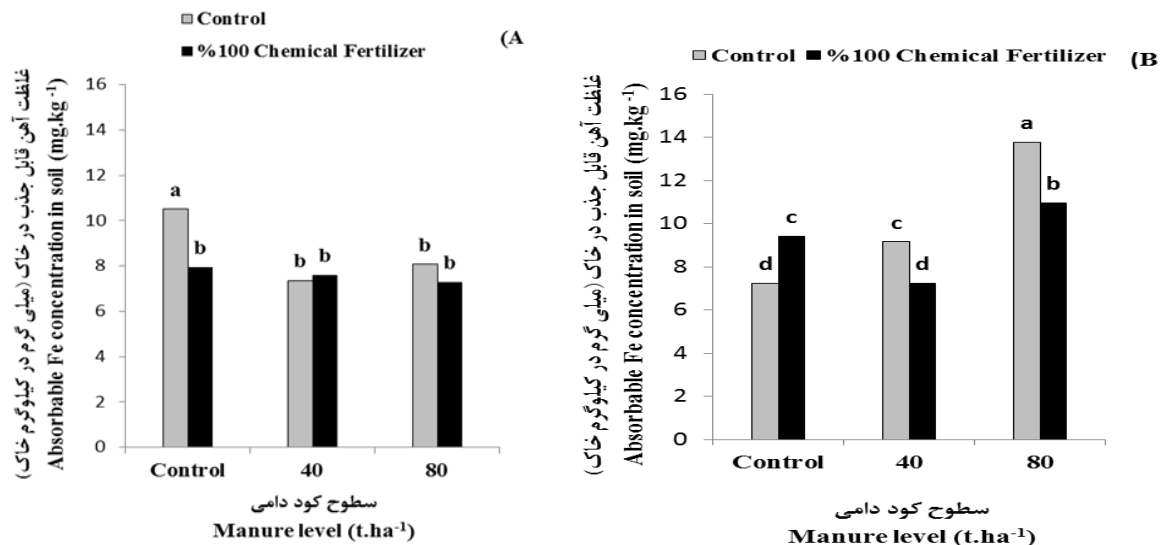
با توجه به نتایج اثر متقابل تیمارها در شرایط کشت گیاه زعفران، بیشترین غلظت آهن قابل جذب در خاک به میزان ۱۰/۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک در شاهد (عدم مصرف کود دامی و شیمیایی) و کمترین مقدار آن (۷/۲۸ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) با مصرف ۸۰ تن کود دامی در هکتار و کود شیمیایی (۱۰۰ درصد توصیه کودی) به دست آمد (شکل ۹-۸).

علت کاهش غلظت آهن در نتیجه مصرف کود دامی (کود گاوی) را می‌توان به تشکیل کمپلکس‌های آلی آهن با ماده آلی موجود در کود گاوی ربط داد. کود گاوی استفاده شده در این آزمایش از نوع پوسیده بوده و احتمال تشکیل کلات‌های آلی نامحلول فلزات، با شکل‌های پوسیده ماده آلی بیشتر است (Adriano, 2001). آهن توسط بخش آلی هوموسی شده کود گاوی در خاک با پیوند قوی جذب شده و سبب کاهش آهن قابل جذب شده است. از طرفی برخی مطالعات نشان داد که ماده آلی توسط کود آلی با تشکیل کمپلکس با آهن، از رسوب آن جلوگیری کرده و حلالیت آن را در خاک بالا می‌برد (Razavi Toosi, 2000).

با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها (شرایط عدم کشت گیاه زعفران) در شکل ۹-B، بیشترین غلظت آهن در خاک در تیمار مصرف ۸۰ تن کود دامی در هکتار و عدم مصرف کود شیمیایی و کمترین آن در تیمار مصرف ۴۰ تن کود

می‌گیرد. در ضمن، ماده آلی با کلات عناصر کم‌مصرف می‌تواند قابلیت دسترسی این عنصر را افزایش دهد (Finck, 1982). در نتایج مشابه، بررسی که در گیاه جو (*Hordeum vulgare L.*) صورت گرفت مشخص کرد که مصرف کود دامی نسبت به کود شیمیایی افزایش معنی‌دار آهن را به دنبال داشت (Babaeian et al., 2011).

می‌گیرد. در ضمن، ماده آلی با کلات عناصر کم‌مصرف می‌تواند قابلیت دسترسی این عنصر را افزایش دهد (Finck, 1982). در نتایج مشابه، بررسی که در گیاه جو



شکل ۹. مقایسه میانگین اثر متقابل کودهای دامی و شیمیایی بر غلظت آهن قابل جذب در خاک (الف) با و (ب) بدون گیاه زعفران

Fig. 9. Mean comparisons for the interaction effect of manure and chemical fertilizers on available Fe concentration with (A) and without (B) of saffron

نتیجه‌گیری
با توجه به نتایج می‌توان دریافت که فعالیت ریشه گیاه زعفران سبب افزایش غلظت عناصر فسفر و پتاسیم و کاهش غلظت آهن قابل جذب خاک نسبت به خاک بدون گیاه

زعفران شده است. همچنین کود دامی تأثیر بیشتری نسبت به کود شیمیایی بر فراهمی عناصر مورد اندازه‌گیری داشته است.

منابع

- Adriano, D.C., 2001. Trace Elements in Terrestrial Environments: Biogeochemistry, Bioavailability and Risks of Metals. 2nd Edition, Springer, New York. 867 pp.
- Amiri, M.E., 2008. Impact of animal manures and chemical fertilizers on yield components of saffron (*Crocus sativus L.*). American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci. 4, 274-279.
- Arabaci, O., and Bayram, E., 2004. The effect of nitrogen fertilization at different plant densities on some agronomic and technologic characteristic of basil (*Ocimum basilicum L.*). J. Agron. 3(4), 225-256.
- Araji, A.A., Abdo, Z.O., and Joyce, P., 2001. Efficient use of animal manure on cropland-economic analysis. Bioresour. Technol. 79, 179-191.
- Babaeian, M., Esmaeilian, Y., Tavasoli, A., and Javaheri, M., 2011. Interaction of micro and macro element with manure on barley feed yield and soil nutrient content in Sistan. Afr. J. Biotechnol. 10(75), 17175-17179.
- Bauer, A., and Black, A.L., 1992. Organic carbon effects on available water capacity of three soil textural groups. Soil Sci. Soc. Am. J. 24, 527-534.
- Behdani, M.A., Nassiri Mahallati, M., and Koocheki, A., 2004. Modeling saffron flowering time across a temperature gradient. Acta Hort. 650, 215-218.
- Chaudhry, M.A., Rehman, A., Naemand, M.A., and Mushtaq, N., 1999. Effect of organic and inorganic fertilizers on nutrient contents and some properties of eroded loess soils. Pak. J. Soc. Sci. 16(1), 63-68.

- Fallah, S., Qalavand, A., and Khwaja Pour, M.R., 2004. Study of soil chemical properties and corn yield using organic, chemical and combined fertilizers. *J. Environ. Sci.* 2(5),69-78. [in Persian with English Summary].
- Finck, A., 1982. *Fertilizers and fertilization: Introduction and practical guide to crop fertilization.* Verlag Chemie, Weinheim. 438 pp.
- HasanzadehGhourtappah, A., Ghalavand, A., Mirza, K., and Ahmadi, M.R., 2001. The effect of different nutrition systems on energy efficiency of sunflower cultivars. *J. Sci. Tech. Agric. Nat. Resour.* 8(2),67-78. [in Persian with English Summary].
- Havlin, J.L., Beaton, J.D., Tisdale, S.L., and Nelson, W.L., 1999. *Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management.* 6th Edition. Prentice Hall, New Jersey. USA.
- Islam, M.R., and Nahar, B.S., 2012. Effect of organic farming on nutrient uptake and quality of potato. *Environ. Nat. Resour. J.* 5(2),219-224.
- Kafi, M., Rashed Mohassel, M.H., Koocheki, A., and Filabi, A., 2002. *Saffron, Production and Processing.* Zaban va Adab Press, Mashhad, Iran. [in Persian].
- Khan, S.V., and Schnitzer, M., 1972. Permanganate oxidation of humic acids, fulvic acids, and humins, extracted at horizons of black chernozem and black solonchok and black solonchok soil. *Can. J. Soil Sci.* 52(1), 43-57.
- Koocheki, A., Tabrizi, L., Jahani, M., and Mohammad Abadi, A.A., 2011. An evaluation of the effect of saffron (*Crocus sativus* L.) corm planting rate and pattern on the crop's yield. *Iran. J. Hortic. Sci.* 42,379-391. [in Persian with English Summary].
- Koocheki, A., 2013. Research on production of Saffron in Iran: Past trend and future prospects. *J. Saffron Agron. & Technol.* 1(1),3-21. [in Persian with English Summary].
- Koocheki, A., Najibnia, S., and Lalehgani, B., 2009. Evaluation of saffron yield (*Crocus sativus* L.) in intercropping with cereals, pulses and medicinal plants. *Iran. J. Field Crop Res.* 7,173-182. [in Persian with English Summary].
- Koocheki, A., and Jahan, M., 2009. Effect of bio fertilizer and inorganic fertilizer on generative growth and yield of saffron under high corn density. 3rd International Symposium on Saffron Forthcoming Challenges in cultivation Research and Economics. 20-24 May. Krokos, Kozani, Greece.
- Koocheki, A., Jamshid Eyni, M., and Seyyedi, S.M., 2015. The effects of mother corm size and type of fertilizer on nitrogen use efficiency in saffron. *J. Saffron Agron. & Tech.* 2(4),243-254. [in Persian with English Summary].
- Letey, J., Dinar, A., and Knapp, K.C., 1985. Crop-water production function model for saline irrigation waters. *Soil Sci. Soc Am. J.* 49,1005-1009.
- Mahmoudi, S., Najafi, N., and Reyhanitabar, A., 2015. Effect of soil moisture and sewage sludge compost on some soil chemical properties and alfalfa forage macronutrients concentrations in greenhouse conditions. *J. Sci. Tech. Greenhouse Cult.* 6(22),37-55. [in Persian with English Summary].
- Majidian, M., Ghalavand, A., Karimian, N., and Kamkar Haghighi, A.A., 2008. Effects of nitrogen different amounts, manure and irrigation water on yield and yield components of corn. *J. Crop Prod.* 1(2),67-85. [in Persian with English Summary].
- Malakuti, M.G., 1996. Resistant agriculture and yield increase with optimization use fertilizer in Iran. First Press, Instruction Agriculture Publication. Tehran, Iran. [in Persian].
- Mandal, K., Saravanan, R., and Maiti, S., 2008. Effect of different levels of N, P and K on downy mildew (*Peronospora plantaginis*) and seed yield of *Plantago ovata*. *Crop Prot.* 27(6), 988-995.
- Marschner, H., 1995. *Mineral nutrition of higher plants.* Academic Press. New York. 890 pp.
- Mirlohi, A.F., Mohammadi, R., Razavi, S.J., Majidi, M.M., and Nourbakhsh, F., 2009. Effect of organic fertilizers and split application of nitrogen on yield and yield components of rice. *J. Plant Prod.* 16(1),29-43. [in Persian with English Summary].
- Moez Ardalan, M., and Savaghebi, G., 2002. *Soil fertility management for sustainable agriculture,* Tehran University Press. Tehran, Iran. [in Persian].

- Mohammad-Abadi, M., Amiri, M.E., and Sharghi, Y., 2012. Respond of saffron (*Crocus sativus* L.) to animal manure application. *J. Med. Plant Res.* 6(7),1323-1326.
- Mohammadi, K., and Sohrabi, Y., 2014. Effect of integrated fertilization methods on nitrogen, phosphorus and soil biological properties and canola traits. *Soil Res. (Soil Water Sci.)*. 28(1),27-38.
- Munshi, A.M., 1994. Effect of N and K on the floral yield and corm production in saffron under rainfed condition. *Indian J. Arecanut Spices.* 18, 24-44.
- Naderi Darbaghshahi, M.R., Khajebashi, S.M., Banitaba, S.A., and Dehdashti, S.M., 2009. Effects of planting method, density and depth on yield and production period of saffron (*Crocus sativus* L.) in Isfahan region. *Seed Plant J.* 24, 643-657. [in Persian with English Summary].
- Najafi, N., and Mohammadnejad, A., 2016. Differential concentrations of some nutrient in forage of corn (*Zea mays* L.) as affected by organic fertilizers and soil compaction. *J. Crop Ecophysiol.* 9(4),561-582. [in Persian with English Summary].
- Page, A.L., Miller, R.H., and Keeney, D.R., 1992. Method of soil analysis. Part I and II, American Soc. Agronomy. Madison WI. USA. (USDA Methods).
- Penney, D., 2002. Micronutrients, Agriculture, Food and Rural Development. ASEA. Soil Quality Benchmark Sites.
- Pinton, R., Varanini, Z., and Nannipieri, P., 2007. The Rhizosphere: biochemistry and organic substances at the soil-plant interface. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL.
- Razavi Toosi, A., 2000. Interaction effects of compost, compost leachate and Mn on growth and chemical composition of spinach and rice seedling. MSc Thesis, College of Agriculture, Shiraz University, Iran. [in Persian with English Summary].
- Rezaenejad, Y., and Afyuni, M., 2001. Effect of organic matter on soil chemical properties and corn yield and elemental uptake. *J. Sci Tech. Agri Natur. Resour.* 4(4),19-29. [in Persian with English Summary].
- Roe, N.E., 1998. Compost utilization for vegetable and fruit crops. *Hortscience.* 33(6),934-937.
- Sabahi, H., Ghalavand, A., Modarres Sanavy, A., and Asgharzadeh, M., 2008. Comparing the effects of integrated and conventional fertilization systems on canola (*Brassica napus*) yield and chemical properties of soil. *J. Soil Res.* 22(2),1-15. [in Persian with English Summary].
- Sadeghi, B., Razavi, M., and Mahajeri, M., 1992. The effect of mineral nutrients (NPK) on saffron production. *Acta Hort.* 306,426-430.
- Sayyari-Zahan M., Sadana, U., Steingrobe, B., and Claassen, N., 2009. Manganese efficiency and Mn uptake kinetics of raya (*Brassica juncea* L.), wheat (*Triticum aestivum* L.) and oat (*Avena sativa* L.) grown in nutrient solution and soil. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 172, 425-434.
- Schoenau, J.J., 2006. Benefits of long-term application of manure. *Adv. Pork Prod.* 17, 153-158.
- Teimori, S., Behdani, M.A., Ghaderi, M.G., and Sadeghi, B., 2013. Investigation on the effect of organic and chemical fertilizers on morphological and agronomic of saffron (*Crocus sativus* L.) corm criteria. *J. Saffron Res.* 1,36-47. [in Persian with English Summary].
- Ünal, M., and Çavuşoğlu, A., 2005. The effect of various nitrogen fertilizers on saffron (*Crocus sativus* L.) yield. *Akdeniz Univ. Ziraat Fak Derg.* 18(2), 257-260.
- Uprety, D., Hejzman, M., Szkov, J., Kunzov, E., and Tlustos, P., 2009. Concentration of trace elements in arable soil after long-term application of organic fertilizers. *Nutr. Cycl. Agroecosys.* 85, 241-252.
- Vessey, J.K., 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant Soil.* 255, 571-586.
- Zare Feizabadi, A., Koocheki, A., and Alimoradi, L., 2004. Study of changes in nitrogen, phosphorus and potassium residual in soil in response to conventional and ecological alternatives and agronomic regimes. *New Methods of Plant Nutrition (Proceedings)*. First Edition. Senate publications. Tehran Iran. p. 103-116. [in Persian].
- Zeidan, M.S., 2007. Effect of organic manure and phosphorus fertilizers on growth, yield and quality of lentil plants in sandy soil. *Res. J. Agric. & Biol. Sci.* 3,748-752.



Root Activity Effects of Saffron and Manure Levels on Availability of Soil Nutrients

Mohammad Hassan Sayyari Zahan^{1*}, Majid Jami Al-Ahmadi² and Yasin Helalbayki³

1- Associate Professor, Department of Soil Science and Engineering, Agriculture Faculty, University of Birjand, Iran.

2- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Agriculture Faculty, University of Birjand, Iran.

3- MSc Graduated, Department of Agronomy and Plant Breeding, Agriculture Faculty, University of Birjand, Iran.

**Corresponding author E-mail: msayari@birjand.ac.ir*

Received 4 March 2018; Accepted 11 June 2018

Abstract

Nutrients availability near to plant root system and the improvement of soil physical conditions with the correct use of sufficient amount of animal manure can improve saffron yield. The effects of animal manure on availability of phosphorus (P), potassium (K), and iron (Fe) elements in soil of saffronfields were evaluated. This study was carried out in nursery unit of Agriculture Faculty, University of Birjand based on a randomized complete block design with four replications in pots with 25 kg soil during 2014. Treatments were manure levels including 0 (as control), 40 and 80 t.ha⁻¹, 40 tons manure per ha + 100% chemical fertilizer and 80 tons manure per ha + 100% chemical fertilizer (based on soil analysis), only chemical fertilizer without manure and application of the same above treatments in unplanted soil with similar conditions. Soil samples were taken after flowering in the second year and nutrients determined in laboratory. The results showed that the simple effects of manure and chemical fertilizers were significant on available phosphorus and potassium in planted soil of saffron and the highest amount of available phosphorus and potassium (with 9.62 and 763.7 mg.kg⁻¹ soil, respectively) were obtained from 80 tons manure per ha. Also, there was a significant effect between the interaction of chemical and animal fertilizers on Fe concentration in the planted soil. Therefore, increasing in P and K concentrations and decreasing in Fe concentration in planted soil indicated the root activity of saffron, which could play an effective role in the availability of nutrients.

Keywords: Available phosphorus, Available potassium, Fertilizer, Medicinal plant, Nutrition