نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 4، زمستان 1393، ص. 904-891

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 4, Winter 2015, p. 891-904

بررسی و تعیین مقدار عناصر کم‌مصرف (منگنز، آهن و روی) و عناصر سنگین (کبالت، کادمیم و کروم) موجود در خاک مزارع زعفران (*Crocus sativus* L.) استان خراسان جنوبی

محمدعلی بهدانی[1*]، محمدحسن سیاری[2]، علی اله رسانی[3] و علیرضا نخعی[3]

تاریخ دریافت: 1393/02/19
تاریخ پذیرش: 1393/04/29

چکیده

این مطالعه با هدف بررسی غلظت عناصر کم مصرف و سنگین خاک در چند منطقه کاشت زعفران در شهرستان بیرجند استان خراسان جنوبی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال 1392 به اجرا درآمد. تیمارها شامل سه سن یک، سه و پنج ساله مزرعه و پنج منطقه کاشت زعفران شامل آرین شهر، حسین آباد، خوسف، گل فریز و مهموئی در بیرجند بودند. غلظت عناصر کم مصرف و سنگین شامل آهن، روی، منگنز کبالت، کروم و کادمیوم خاک اندازه‌گیری و تعیین شدند. نتایج نشان داد که غلظت عناصر آهن، روی و منگنز و کروم خاک مزارع زعفران به طور معنی‌داری تحت تأثیر سن مزرعه قرار گرفت ($p\leq0/05$). اثر منطقه کاشت بر غلظت عناصر آهن، روی، منگنز، کبالت و کروم خاک معنی‌دار بود ($p\leq0/01$). اثر متقابل سن مزرعه و منطقه کاشت بر غلظت آهن، روی و کبالت خاک معنی‌دار ($p\leq0/01$) بود. با افزایش سن مزرعه زعفران، غلظت روی کاهش و غلظت عناصر سنگین شامل کبالت، کروم و کادمیوم افزایش یافت. میزان منگنز در مزارع پنج ساله به ترتیب 29 و 34 درصد بیشتر از مزارع یک و سه ساله بود. میزان کبالت در مزارع پنج ساله به ترتیب برابر با 53 و 46 بیشتر از مزارع یک ساله و سه ساله بود. مزارع خوسف و حسین‌آباد به ترتیب با 1/65 و 0/77 پی‌پی‌ام دارای بیشترین و کمترین غلظت آهن در خاک بودند. مزارع یک ساله خوسف و مهمویی با 2/436 و 0/77 پی‌پی‌ام به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار آهن بودند. مزارع حسین‌آباد و خوسف به ترتیب با 8/7 و 4/31 پی‌پی‌ام دارای بیشترین و کمترین میزان کبالت در خاک بودند. بدین ترتیب، توصیه می‌شود از روش‌های مدیریت اکولوژیک نظیر کاهش مصرف کودهای شیمیایی و کاربرد مقادیر مناسب کودهای آلی برای کاهش غلظت این عناصر در مزارع زعفران بهره‌گیری شود.

واژه‌های کلیدی: عنصر سنگین، عنصر کم‌مصرف، کود آلی، محیط زیست، مدیریت اکولوژیک

مقدمه

زعفران با نام علمی *Crocus sativus* L. گیاهی پایا از خانواده زنبق می‌باشد و در مناطق بسیار کم‌باران ایران که دارای زمستان سرد و تابستان گرم هستند، گسترش دارد. این گیاه به عنوان یکی از گونه‌های گران‌قیمت ادویه‌ای مطرح بوده و کاربردهای فراوانی در صنایع دارویی و غذایی دارد (Gresta et al., 2008). ارزش زعفران به علت وجود سه متابولیت ثانویه اصلی و مشتقات آن در کلاله شامل کروسین، پیکروکروسین و سافرانال می‌باشد (Hosseinzadeh & Younesi, 2002). کابالرو-ارتگا و همکاران (Caballero-Ortega et al., 2000) اظهار داشتند که زعفران ایران دارای بیشترین غلظت کروسین، پیکروکروسین و سافرانال می‌باشد. ایران بزرگترین تولیدکننده و صادرکننده زعفران در جهان است و بیش از 95 درصد تولید جهانی این محصول گران‌بها به ایران اختصاص دارد (Kafi et al., 2002). استان‌های خراسان رضوی و جنوبی، دو قطب عمده تولید زعفران در کشور محسوب می‌شوند (Mollafilabi & Shoorideh, 2009). سطح زیر کشت این گیاه در ایران در سال 1390 بالغ بر 72162 هکتار بود که بیش از 70000 هکتار آن به دو استان خراسان رضوی و جنوبی (57000 هکتار برای خراسان رضوی و 13000 هکتار برای خراسان جنوبی)

1، 2 و 3- دانشیار گروه پژوهشی زعفران دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند، استادیار گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند و کارشناس شیمی دانشکده علوم دانشگاه بیرجند
(*- نویسنده مسئول: Email: mabehdani@birjand.ac.ir)

اختصاص داشت (Jihad Keshavarzi Khorasan Razavi, 2012).

از آنجا که گیاهان برای رشد مناسب خود نیاز به تعدادی از عناصر غذایی دارند، همواره کمبود عناصر غذایی خاک از طریق مصرف کودهای مختلف جبران می‌شود. بررسی‌ها نشان داده است که افزایش رشد و بهبود عملکرد محصولات کشاورزی طی 50 سال گذشته عمدتاً بدلیل کاربرد کودهای شیمیایی بوده است. با این‌وجود، مصرف نهاده‌های شیمیایی اگرچه افزایش رشد و به تبع آن بهبود عملکرد را موجب شده است، ولی کاهش تولید پایدار محصولات کشاورزی سالم و بروز مشکلات زیست‌محیطی را به دنبال داشته است (Sharma, 2002). نتایج مطالعات ژان و همکاران (Jhan et al., 2005) نیز نشان داده است که مصرف زیاد کودهای شیمیایی علاوه بر افزایش هزینه‌های تولید، بروز مشکلات زیست‌محیطی فراوانی نظیر افزایش سطح نیترات خاک و آب‌های زیرزمینی، انتشار انواع گازهای گلخانه‌ای نظیر اکسید نیتروژن و آمونیاک و افزایش غلظت فلزات سنگین در خاک را موجب شده است. علاوه بر این، برخی شواهد مبتنی بر افزایش بروز مشکلات زیست‌محیطی مرتبط با مصرف انواع مواد شیمیایی کشاورزی و به ویژه کودها و عناصر سنگین در بوم‌نظام‌های زراعی وجود دارد که ناشی از ورود عناصر سمی به زنجیره‌های غذایی می‌باشد (Pingali & Roger, 1995; Rola & Pingali, 1993) که این امر نیز مشکلات زیست‌محیطی زیادی را ایجاد خواهد نمود.

فلزات سنگین یکی از مهم‌ترین و شناخته شده‌ترین آلاینده‌ها هستند که ورود آن‌ها به محیط زیست سبب بروز صدمات و بیماری‌های مختلفی می‌شود. این عناصر در غلظت‌های مشخصی سمی و برای برخی موجودات زنده از جمله انسان مضر می‌باشند (Blake et al., 2001). پویایی این فلزات در خاک کم بوده و به لایه‌های زیرین خاک انتقال نمی‌یابند (Wong et al., 2002). فلزات سنگین برخلاف آلوده‌کننده‌های آلی تغییرناپذیر، غیر قابل تجزیه و پایدار در خاک هستند (Adriano et al., 2004). تغییرات مکانی این عناصر فلزات در خاک‌های سطحی کشاورزی ممکن است تحت تأثیر مواد مادری خاک و منابع انسانی باشد. به عبارت دیگر، این فلزات به طور طبیعی در خاک وجود دارند، اما در اثر فعالیت‌های انسانی هم به خاک افزوده می‌شوند (Adriano et al., 2004). در بسیاری از مناطق، ورودی عناصر سنگین با دخالت انسان به خاک، بسیار بیشتر از ورودی آن‌ها به طور طبیعی است (Liu et al., 2005). فعالیت‌های کشاورزی مانند استفاده از کودهای شیمیایی، کمپوست زباله شهری، لجن فاضلاب و فعالیت‌های شهری و صنعتی از مهمترین منابع غیرطبیعی ورود فلزات سنگین به خاک به شمار می‌روند (Doelsch et al., 2006). افزودن کودهای آلی نظیر لجن فاضلاب و کمپوست شهری به دلیل دارا بودن مقدار بسیار زیادی فلزات سنگین باعث افزایش غلظت این عناصر در خاک می‌گردد. در همین راستا، شهبازی و همکاران (Shahbazi et al., 2012) اظهار داشتند که فعالیت‌های کشاورزی و استفاده زیاد از کودهای شیمیایی در مزارع باعث افزایش غلظت عناصر سنگین شده است. آلودگی فلزات سنگین در خاک‌های کشاورزی ممکن است منجر به بی‌نظمی در ساختار خاک، دخالت در رشد گیاه و حتی آسیب به سلامت انسان از طریق ورود به زنجیره غذایی گردد (Lee et al., 2006). لیو و همکاران (Liu et al., 2005) با بررسی شاخص بار آلودگی کادمیوم، کروم، مس، روی و سرب بیان داشتند که غلظت این فلزات در مقایسه با سطوح اولیه آن‌ها افزایش یافته است که این امر آلودگی آن‌ها را طی 20 سال گذشته موجب گردیده است.

گیاهان بخش مهمی از زنجیره غذایی هستند و جذب عناصر سنگین توسط آن‌ها و تجمع این عناصر علاوه بر این‌که اثرات زیان‌باری را برای گیاهان به همراه دارد، موجب بروز انواع بیماری‌ها و مسمومیت برای انسان و دیگر موجودات می‌شود (Larbi et al., 2003). نتایج مطالعه بوداغی و همکاران (Boudaghi et al., 2012) نشان داد که بیشترین غلظت فلزات سنگین در کود سوپرفسفات تریپل در مقایسه با دو کود اوره و سولفات پتاسیم وجود داشت. بررسی وضعیت فلزات سنگین خاک‌های بخش‌هایی از شمال چین مؤید این مطلب است که تجمع فلزات سنگین از جمله مس، روی و کادمیوم بیش از حد مجاز بود که این محققان علت آن را به استفاده درازمدت و بیش از اندازه کودهای شیمیایی و آلی به ویژه فاضلاب‌های صنعتی مرتبط دانستند (Huang & Jin, 2008). به طور کلی، ویژگی‌های خاک از قبیل مقدار ماده آلی، نوع رس، واکنش اکسیداسیون و احیا، مقدار کلرید، اسیدیته و شوری خاک، گونه‌های گیاهی وکودها به عنوان فاکتورهای اصلی مؤثر بر غلظت فلزات سنگین در نظر گرفته می‌شوند (Weggler-Beaton et al., 2000; Laing et al., 2008; Zhong-qiu et al., 2004).

اگرچه عناصر کم مصرف شامل آهن، مس، روی، منگنز، بور و مولیبدن، در مقادیر بسیار کم مورد نیاز گیاه می‌باشند، ولی این عناصر

بیشتر در فعل و انفعالات آنزیمی داخل گیاه دخالت دارند و از اجزای اصلی آنزیم‌های فتوسنتزی، مؤثر در انتقال انرژی در سلول‌های گیاهی و سنتز ترکیبات ضروری محسوب می‌شوند (Kabala & Singh, 2001). عناصر مذکور با وجود این‌که از طریق مصرف کودهای مختلف مورد استفاده گیاه قرار می‌گیرند، اما مصرف بی‌رویه این نهاده‌ها گاهی منجر به مسمومیت برخی گیاهان می‌شود (Bhogal et al., 2003). نتایج مطالعه عناصر ریزمغذی در خاک‌های زیر کشت و بدون کشت زعفران نشان داد که بین عناصر کم‌مصرف در خاک بکر با خاک زیر کشت تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، هر چند غلظت بور بسیار بالا و در حد سمیت گزارش گردید (Rios et al., 1996). ریوس و همکاران (Rios et al., 1996) با بررسی روابط بین عناصر موجود در 20 نوع خاک و میزان سه آلکالوئیدهای بنه زعفران بیان کردند که بین ویژگی‌های خاک و نوع آلکالوئید ارتباط معنی‌داری وجود داشت (Ibhadon et al., 2004).

یکی از مهمترین مباحث در جنبه‌های مطالعات زیست‌محیطی تعیین غلظت عناصر کم‌مصرف و سنگین در خاک است (Eby, 2005). غلظت عناصر کم‌مصرف نظیر آهن و منگنز به عنوان مهمترین کلوئیدهای کنترل‌کننده تحرک فلزات سنگین در خاک حائز اهمیت بوده (Eby, 2005) و همچنین میزان و غلظت فلزات سنگین در خاک معیاری جهت اندازه‌گیری آلودگی مطرح می‌باشد (Tessier & Campbell, 1979; Petit & Rucandio, 1999; Ebdon et al., 2001). بدین ترتیب، با توجه به روش‌های مختلف مدیریت‌بوم-نظام‌های زعفران از طریق مصرف انواع نهاده‌ها به منظور حفظ و بهبود حاصلخیزی خاک و احتمال ورود عناصر کم‌مصرف و سنگین به سطوح مختلف زنجیره غذایی (Taghipour et al., 2010) و در نتیجه بکارگیری راهکارهای مدیریت اکولوژیک برای کاهش غلظت این عناصر در خاک و جلوگیری از ورود آن‌ها به سطوح تغذیه‌ای بالاتر به منظور کاهش آلودگی‌های زیست محیطی، این مطالعه با هدف ارزیابی و تعیین غلظت عناصر کم مصرف شامل منگنز، آهن و روی و سنگین شامل کبالت، کادمیوم و کروم در مراکز اصلی زعفران-کاری در شهرستان بیرجند به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در مراکز اصلی زعفران کاری چند شهر استان بیرجند شامل شمس آباد، حسین آباد، خوسف، گل، فریز و مهموئی که بر اساس آمار سازمان جهاد کشاورزی استان دارای بالاترین تولید و سطح زیر کشت زعفران را دارا هستند، در سال 1392 انجام شد (جدول 1).

از آنجا که دوره بهره‌برداری اقتصادی از مزارع زعفران به طور میانگین پنج سال می‌باشد (Behdani et al., 2005)، لذا نمونه-برداری‌ها از سه گروه مزارع یک، سه و پنج ساله انجام شد.

جدول 1- مختصات جغرافیایی مناطق مورد مطالعه

Table 1- Geographical coordinates of the study regions

نام شهر/روستا Name of town/ village	طول جغرافیایی Longitude		عرض جغرافیایی Latitude		ارتفاع از سطح دریا (متر) Altitude (m)
	دقیقه Minute	درجه Degree	دقیقه Minute	درجه Degree	
آرین شهر Aryan shahr	09	59	87	32	1491
حسین‌آباد Hosseinabad	12	59	87	32	1491
خوسف Khosef	89	58	87	32	1570
گل فریز Golfriz	16	59	69	32	1755
مهموئی Mahmoei	34	59	33	33	1755

سه نمونه به طور تصادفی از قسمت‌های مختلف مزارع شهرستان‌های مختل پس از پایان مرحله گلدهی زعفران از عمق صفر تا 30 سانتی‌متر تهیه و به آزمایشگاه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند منتقل گردید. نمونه‌ها پس از خشک شدن در هوای آزاد، از الک دو میلی‌متری عبور داده و سپس برای اندازه-گیری شاخص‌های مورد مطالعه آماده شدند.

از روش عصاره‌گیری DTPA-TEA برای عصاره‌گیری و اندازه-گیری عناصر استفاده (Lindsay & Norvell, 1978). عناصر مورد نظر در عصاره‌های بدست آمده با دستگاه جذب اتمی (Shimadzu AA-670) اندازه‌گیری و تعیین گردیدند. داده‌های آزمایش با استفاده از نرم افزار Mstat-C به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار تجزیه و تحلیل شدند. بمنظور مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد. رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

اثر سن مزرعه و نوع منطقه بر غلظت عناصر کم مصرف خاک

آهن: نتایج تجزیه واریانس غلظت عناصر سنگین و کم‌مصرف در خاک‌های مزارع چند ساله زعفران در جدول 2 نشان داده شده است.

غلظت آهن به طور معنی‌داری تحت تأثیر سن مزرعه قرار گرفت ($p\leq0/01$) (جدول 2). غلظت آهن در مزارع یک ساله به طور معنی‌داری بیشتر از مزارع سه ساله بود. اگرچه مقدار آهن خاک در مزارع پنج ساله زعفران در مقایسه با مزارع سه ساله 26 درصد بالاتر بود، ولی تفاوت معنی‌داری با غلظت آهن خاک در مزارع یک ساله زعفران نداشت (شکل 1- الف).

نوع منطقه غلظت آهن خاک مزارع مناطق مختلف زعفران را در شهرستان‌های مختلف استان بیرجند به طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد ($p\leq0/01$) (جدول 2)؛ به طوری‌که مزارع شهر خوسف و حسین‌آباد به ترتیب با 1/65 و 0/77 پی‌پی‌ام دارای بیشترین و کمترین غلظت آهن بودند. هر چند مزارع مهمویی و آرین شهر از این نظر تفاوت معنی‌داری با حسین‌آباد نداشتند. مزارع زعفران گل فریز (1/12 پی‌پی‌ام) از این نظر در رتبه دوم قرار داشتند (شکل 1-ب).

اثر متقابل سن مزرعه و منطقه کاشت بر غلظت آهن خاک در مزارع زعفران معنی‌دار ($p\leq0/01$) بود (جدول 2). نتایج مقایسه میانگین غلظت آهن در مزارع با سنین مختلف شهرستان‌های استان بیرجند بیانگر آن بود که مزارع یک ساله خوسف و مهمویی با 2/436 و 0/77 پی‌پی‌ام به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار آهن بودند؛ به طور کلی، مزارع یک ساله با میانگین 1/196 پی‌پی‌ام دارای بیشترین و مزارع سه ساله با 0/875 پی‌پی‌ام دارای کمترین غلظت آهن بودند.

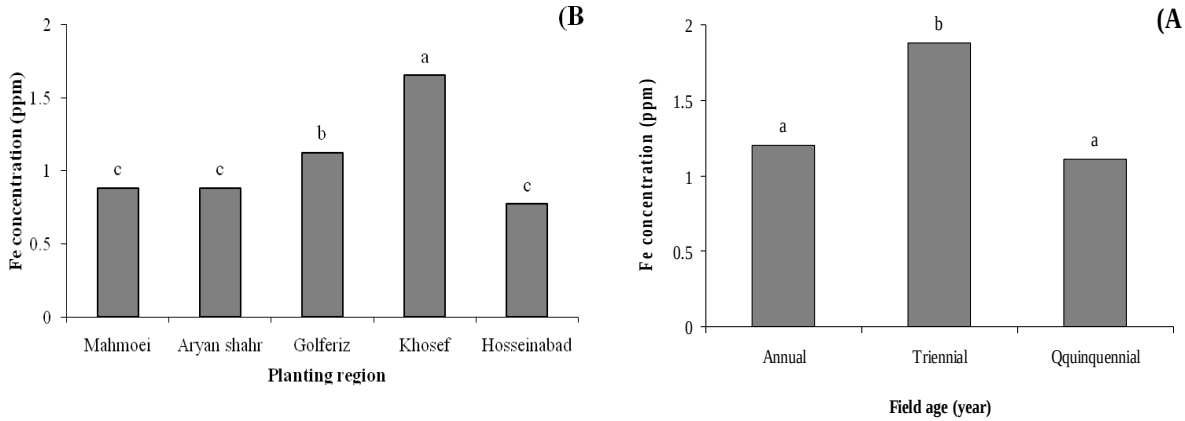
جدول 2- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) غلظت عناصر سنگین و کم‌مصرف خاک در مزارع زعفران

Table 2- Variance analysis (mean of squares) for concentrations of soil heavy metal and micro nutrient elements in saffron fields

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	عنصر کم‌مصرف Concentration of micro nutrient element			عنصر سنگین Concentration of heavy metal		
		آهن Fe	روی Zn	منگنز Mn	کبالت Co	کروم Cr	کادمیوم Cd
سن مزرعه (A) Field age (A)	2	0.416**	0.038**	0.445*	29.691**	12.497 ns	0.0026 ns
منطقه کاشت (R) Planting region (R)	4	1.118**	0.302**	0.423**	31.664**	34.820**	0.0031 ns
A×R	8	0.673**	0.133**	0.180 ns	15.395**	6.491 ns	0.0044 ns
خطا Error	30	0.026	0.003	0.091	1.049	6.097	0.0042

ns، * و **: به ترتیب نشان‌دهنده غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد می‌باشد.

ns, * and **: are non-significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively.



شکل 1- اثر سن مزرعه (الف) و منطقه کاشت (ب) بر غلظت آهن خاک مزرعه زعفران

Fig. 1- Effects of field age(A) and planting planting region (B) on Fe concentration of saffron field

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل و برای هر جزء، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند ($p\leq0/05$).

* Means with the same letter(s) in each figure and for each component have not significantly difference based on Duncan's test ($p\leq0.05$).

مزارع پنج ساله از این نظر در مرتبه دوم قرار داشتند. همچنین، بدون در نظر گرفتن نوع منطقه با افزایش سن مزرعه از یک به سه و پنج سال، غلظت آهن خاک به ترتیب 27 و 65 درصد کاهش یافت. بالاترین غلظت آهن خاک در مزارع یک، سه و پنج ساله به ترتیب مربوط به مناطق آرین شهر (1/25 پی‌پی‌ام)، خوسف (1/46 پی‌پی‌ام) و مهمویی (1/39 پی‌پی‌ام) بود (جدول 3).

از آنجا که زعفران به لحاظ فیزیولوژیکی بر اساس تکثیر بنه‌های مادری در خاک توسعه می‌یابد و اصولاً بنه‌های جدید دختری روی بنه مادری تشکیل می‌شوند (Kafi et al., 2002)، لذا هر ساله بنه‌ها به سطح خاک نزدیک‌تر می‌شوند که در نتیجه به جهت جلوگیری از وارد شدن هر نوع آسیبی از نظر گرما و سرما به بنه‌ها، کشاورزان معمولاً اقدام به خاک‌دهی مزارع و همچنین مصرف مقادیر مختلف کود دامی می‌نمایند که این کار معمولاً در مزارع با سنین بالاتر انجام می‌شود. بدین ترتیب، کاهش میزان آهن در خاک‌های سه ساله احتمالاً به دلیل مصرف این عنصر توسط گیاه بوده که در مزارع با سنین بالاتر به علت خاک‌دهی و کودپاشی، غلظت این عنصر مجدداً افزایش یافته است. بدین ترتیب، به نظر می‌رسد که مصرف کودهای دامی به منظور بهبود حاصلخیزی خاک و همچنین ایجاد پوشش روی سطح بنه‌ها باعث افزایش محتوی آهن شده است. مواد آلی اثرات متفاوتی بر تحرک و قابلیت دسترسی عناصر سنگین در خاک دارند که این امر عمدتاً بستگی به حلالیت مواد آلی دارد (Havlin et al., 1999).

هالوین و همکاران (Havlin et al., 1999) بیان داشتند که تحرک و قابلیت دسترسی به عناصر کم‌مصرف نظیر آهن به دلیل تشکیل کمپلکس‌های پایدار با ترکیبات آلی نامحلول کاهش یافت. ژو و وانگ (Zhou & Wang, 2001) دریافتند که افزودن مواد آلی محلول، ظرفیت جذب آهن بر کلوئیدهای خاک را کاهش و قابلیت محلولیت این عنصر را به ویژه در خاک‌های آهکی افزایش داد. والکر و همکاران (Walkar et al., 2003) گزارش نمودند که کاربرد کود گاوی باعث افزایش غلظت آهن گردید. بدین ترتیب، به نظر می‌رسد که به منظور کاهش غلظت این عنصر کم‌مصرف در خاک‌های مزارع مختلف زعفران در راستای مدیریت اکولوژیک محیط زیست، بایستی علاوه بر در نظر گرفتن نوع کود و شرایط تولید آن، مقادیر این عناصر در کودهای دامی نیز قبل از استفاده در خاک از طریق آنالیز خصوصیات شیمیایی تعیین شود.

روی: سن مزرعه اثر معنی‌داری بر میزان روی خاک مزارع زعفران داشت ($p\leq0/01$) (جدول 2). مقایسه غلظت روی مزارع یک، سه و پنج ساله بیانگر آن بود که میزان روی خاک در مزارع یک ساله به طور معنی‌داری بیشتر از مزارع سه ساله و پنج ساله بود، البته بین مزارع سه و پنج ساله از این نظر تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. غلظت روی در خاک مزارع سه ساله و پنج ساله 23 درصد پایین‌تر از غلظت این عنصر در مزارع یک ساله بود (شکل 2- الف).

جدول 3- مقایسه میانگین اثر سن مزرعه و منطقه کاشت بر غلظت عناصر کم‌مصرف و سنگین خاک در مزارع زعفران

Table 3- Mean comparisons of interaction between field age and planting region on concentrations of soil micro and heavy metal elements on saffron fields

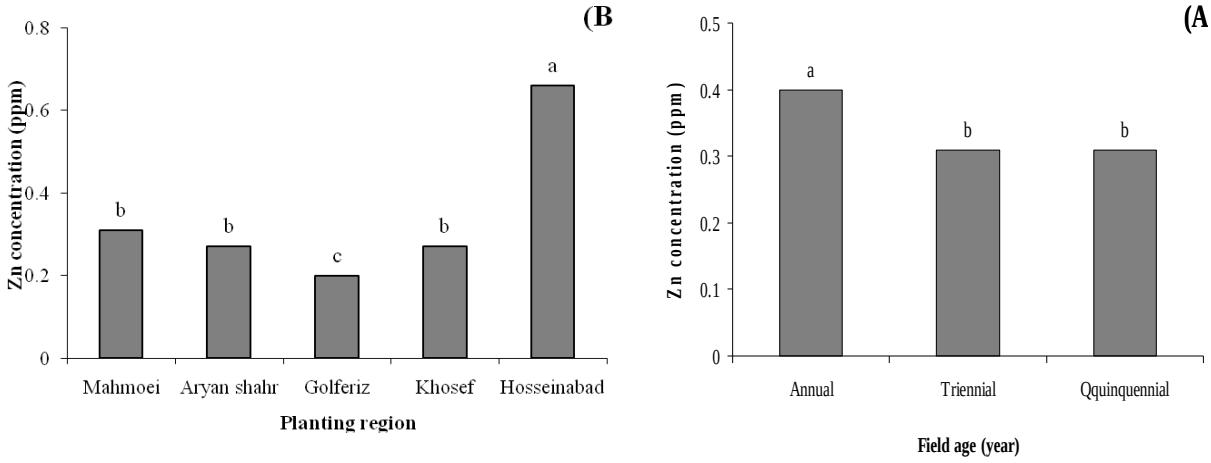
سن مزرعه (سال) Field age (year)	منطقه کاشت Planting region	غلظت عنصر کم مصرف (ppm) Concentration of micro nutrient element concentration (ppm)				غلظت عنصر سنگین (ppm) Concentration of heavy metal element concentration (ppm)	
		آهن Fe	روی Zn	منگنز Mn	کبالت Co	کروم Cr	کادمیوم Cd
یک The first	مهموئی Mahmoei	0.576 h*	fg 0.201	cd 0.863	de 5.65	bcd 12.45	0.02 b
	آرین شهر Aryan shahr	1.246 cd	efg 0.234	bc 1.075	fg 3.68	bcd 12.89	0.02 b
	گل فریز Golfriz	0.757 efgh	efg 0.206	bcd 0.999	defg 4.67	cd 11.31	0.02 b
	خوسف Khosef	2.436 a	efg 0.224	abc 1.173	efg 3.88	abcd 15.35	0.02 b
	حسین‌آباد Hosseinabad	0.969 defg	a 1.137	cd 0.800	cd 6.25	bcd 13.28	0.02 b
سه The third	مهموئی Mahmoei	0.679 gh	def 0.306	bcd 1.052	efg 3.09	cd 11.13	0.08 ab
	آرین شهر Aryan shahr	0.604 h	def 0.297	cd 0.849	def 5.52	d 10.54	0.02 b
	گل فریز Golfriz	0.983 def	g 0.172	d 0.477	h 1.41	abcd 14.91	0.023 b
	خوسف Khosef	1.463 bc	def 0.284	abc 1.303	gh 3.08	ab 16.81	0.02 b
	حسین‌آباد Hosseinabad	0.647 h	b 0.504	bcd 1.004	a 11.47	abc 15.90	0.043 ab
پنج The fifth	مهموئی Mahmoei	1.394 bc	c 0.411	ab 1.565	a 10.20	abcd 14.63	0.02 b
	آرین شهر Aryan shahr	0.792 efgh	defg 0.271	cd 0.931	defg 4.65	cd 11.32	0.02 b
	گل فریز Golfriz	1.069 b	efg 0.225	abc 1.250	bc 7.68	abcd 14.27	0.15 a
	خوسف Khosef	1.053 de	de 0.314	a 1.701	cd 5.98	a 18.37	0.02 b
	حسین‌آباد Hosseinabad	0.709 fgh	cd 0.347	cd 0.829	b 8.37	abc 15.71	0.02 b

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند ($p\leq0/05$).

* Means with the same letter(s) in each column are not significantly different based on Duncan's test ($p\leq0.05$).

غلظت روی خاک مزارع زعفران در شهرستان‌های مختلف بیرجند به طور معنی‌داری تحت تأثیر منطقه کاشت قرار گرفت ($p\leq0/01$) (جدول 2)؛ به طوری‌که مزارع زعفران حسین‌آباد و گل فریز به ترتیب با 0/66 و 0/2 پی‌پی‌ام بیشترین و کمترین غلظت روی خاک را به خود اختصاص دادند و بین مزارع مهمویی و آرین شهر و خوسف از این نظر اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید (شکل 2-ب).

اثر متقابل سن مزرعه و منطقه بر غلظت روی خاک در مزارع زعفران معنی‌دار ($p\leq0/01$) بود (جدول 2). نتایج مقایسه میانگین داده‌های مربوط به غلظت روی در مناطق و مزارع با سنین متفاوت، بیانگر آن بود که مزارع زعفران یک ساله حسین‌آباد و سه ساله گل فریز به ترتیب با 1/137 و 0/172 پی‌پی‌ام دارای بیشترین و کمترین غلظت روی بودند.



شکل 2- اثر سن مزرعه (الف) و منطقه کاشت (ب) بر غلظت روی خاک مزرعه زعفران

Fig. 2- Effects of field age(A) and planting region (B) on Zn concentration of saffron field

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل و برای هر جزء، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند ($p\leq0/05$).

Means with the same letter(s) in each figure and for each component have not significantly difference based on Duncan's test ($p\leq0.05$).

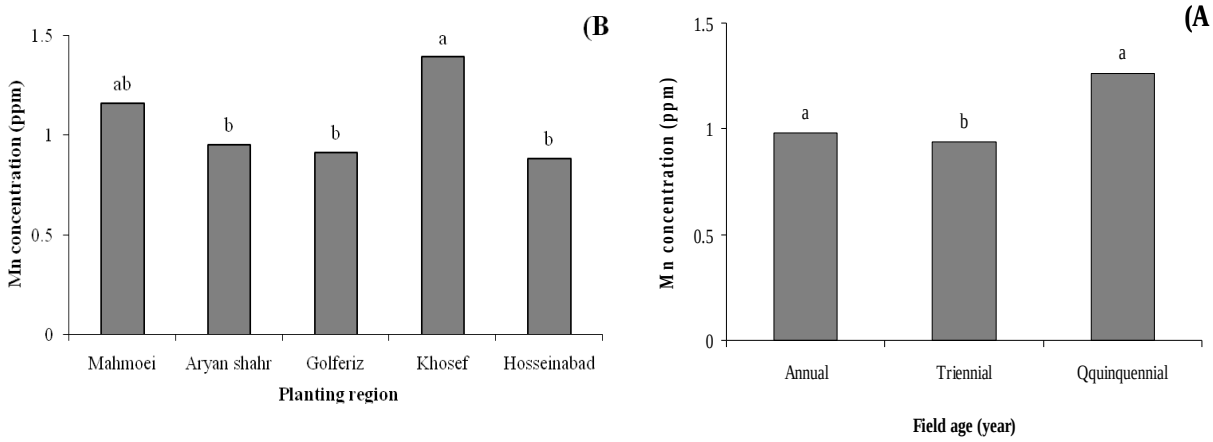
مقایسه میانگین مقادیر غلظت روی خاک در مزارع با سنین مختلف در مناطق مختلف کاشت این گیاه در استان بیرجند بیانگر آن بود که مناطق حسین‌آباد و گل فریز به ترتیب با 0/662 و 0/201 پی‌پی‌ام دارای بیشترین و کمترین غلظت روی بودند (جدول 3).

این موضوع نشان می‌دهد که غلظت روی در خاک منطقه حسین‌آباد تقریباً سه برابر گل فریز می‌باشد. بدین ترتیب، به منظور کاهش غلظت این عنصر در راستای کاهش آلودگی‌های زیست محیطی، توجه به سلامت اجزای زنده بوم‌نظام و حفظ تنوع زیستی بهره‌گیری از مدیریت اکولوژیک امری لازم و ضروری به نظر می‌رسد. با توجه به این‌که مزارع یک ساله زعفران در شروع دوره بهره‌برداری می‌باشند و همزمان با کاشت معمولاً کود دامی زیادی به خاک داده می‌شود، لذا غلظت عناصر کم مصرف در مزارع با سنین کمتر نسبتاً بالاتر بوده و با افزایش برداشت سالیانه زعفران و سن مزرعه، میزان این عناصر کاهش یافت. همچنین به نظر می‌رسد که تنها بخش کمی از روی در خاک‌های مورد مطالعه برای گیاه قابل جذب بوده و مابقی آن عملاً به فرم غیرقابل دسترس است. اسیدیته نسبتاً بالا و آهکی بودن خاک‌ها از جمله دلایل عمده تثبیت بخش عمده برخی عناصر از جمله روی در خاک‌ها می‌باشد (Taghipour et al., 2010). مطالعه میکو و همکاران (Mico et al., 2006) بیانگر آن بود که غلظت سرب، مس و کادمیوم خاک عمدتاً به وسیله فعالیت‌های بشری کنترل می‌شود و ارتباط کمتری بین غلظت آن‌ها با سایر خصوصیات خاک وجود داشت.

منگنز: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر اثر معنی‌دار سن مزرعه زعفران بر میزان منگنز خاک بود ($p\leq0/01$) (جدول1). مقایسه غلظت منگنز در خاک مزارع یک، سه و پنج ساله بیانگر آن بود که میزان منگنز خاک در مزارع پنج ساله به ترتیب 29 و 34 درصد بیشتر از مزارع یک و سه ساله بود (شکل 3- الف).

غلظت منگنز خاک مزرعه زعفران به طور معنی‌داری تحت تأثیر نوع منطقه کاشت قرار گرفت ($p\leq0/05$) (جدول 1). مزارع زعفران خوسف و حسین‌آباد به ترتیب با 1/39 و 0/88 پی‌پی‌ام دارای بیشترین و کمترین غلظت منگنز در خاک بودند. مهمویی از این نظر، با غلظت 1/16 پی‌پی‌ام در مرتبه دوم قرار داشت و مناطق آرین شهر و گل فریز (به ترتیب با 0/95 و 0/91 پی‌پی‌ام) نیز در مرتبه‌های بعدی بودند، البته به لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با محتوی منگنز خاک در منطقه حسین‌آباد نشان ندادند (شکل 3-ب).

اثر متقابل سن مزرعه و نوع منطقه به طور معنی‌داری غلظت منگنز خاک مزارع زعفران را تحت تأثیر قرار داد ($p\leq0/01$) (جدول 2).



شکل 3- اثر سن مزرعه (الف) و منطقه کاشت (ب) بر غلظت منگنز خاک مزرعه زعفران

Fig. 3- Effects of field age(A) and planting region (B) on Mn concentration of saffron field

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل و برای هر جزء، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند ($p\leq0/05$).

Means with the same letter(s) in each figure and for each component have not significantly difference based on Duncan's test ($p\leq0.05$).

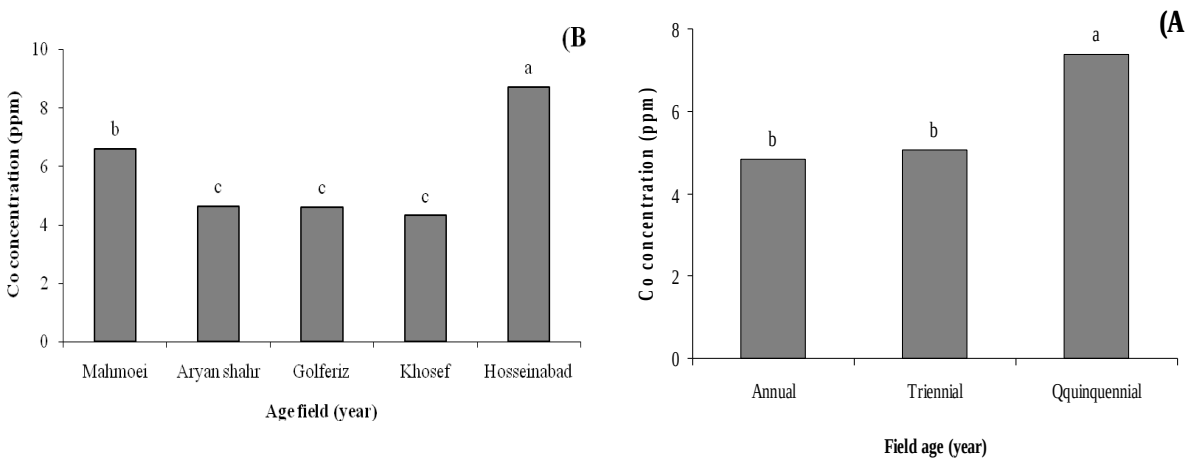
مقایسه غلظت منگنز مزارع یک، سه و پنج در مناطق مورد بررسی کاشت زعفران در مزارع مختلف بیرجند نشان داد که مزارع پنج ساله خوسف و یک دادند. به طور کلی، مزارع یک ساله زعفران از نظر غلظت منگنز در مرتبه دوم قرار داشتند، هر چند که تفاوت معنی‌داری با مزارع سه ساله نداشتند. مزرعه پنج ساله خوسف و پنج ساله حسین‌آباد به ترتیب با 1/701 و 0/8 پی‌پی‌ام دارای بیشترین و کمترین میزان منگنز بودند. همچنین مزارع پنج ساله با میانگین غلظت 1/255 پی‌پی‌ام دارای بیشترین و مزارع سه ساله با 0/937 پی‌پی‌ام دارای کمترین غلظت منگنز در خاک را به خود اختصاص (جدول 3).

اثر سن مزرعه و نوع منطقه کاشت بر غلظت عناصر سنگین خاک

کبالت: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر اثر معنی‌دار سن مزرعه زعفران بر میزان کبالت خاک بود (جدول 1)؛ به طوری‌که میزان کبالت مزارع پنج ساله به ترتیب برابر با 53 و 46 بیشتر از مزارع یک ساله و سه ساله بود (شکل 4-الف).

مقایسه غلظت کبالت خاک مزارع زعفران در مناطق مورد بررسی نشان داد که خاک مزارع زعفران حسین‌آباد و خوسف به ترتیب با 8/7 و 4/31 پی‌پی‌ام دارای بیشترین و کمترین میزان کبالت بودند. مزرعه منطقه مهمویی از این نظر با 6/58 پی‌پی‌ام در مرتبه دوم قرار داشت و مناطق آرین شهر و گل فریز (به ترتیب با 4/62 و 4/59 پی‌پی‌ام غلظت کبالت) نیز در مرتبه بعدی قرار گرفتند؛ هر چند به لحاظ مقدار، تفاوت معنی‌داری با محتوی کبالت خاک در مزرعه خوسف (4/31 پی‌پی‌ام) مشاهده نگردید (شکل 4-ب).

اثر متقابل سن مزرعه و منطقه کاشت زعفران، غلظت کبالت خاک را به طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد ($p\leq0/01$) (جدول 2). مزارع سه ساله حسین‌آباد و سه ساله گل فریز به ترتیب با 11/47 و 1/41 پی‌پی‌ام بیشترین و کمترین مقدار کبالت را به خود اختصاص دادند. همچنین مناطق حسین‌آباد و آرین شهر به ترتیب با 8/69 و 3/98 پی‌پی‌ام دارای بیشترین و کمترین غلظت روی بودند. این موضوع بیانگر غلظت بیش از دو برابری کبالت در خاک‌های منطقه حسین‌آباد نسبت به آرین شهر می‌باشد (جدول 3). رودریگوز و همکاران (Rodríguez et al., 2008) در مطالعه‌ای افزایش فعالیت-های صنعتی را عامل افزایش غلظت سرب، کبالت و روی در خاک-های بوم‌نظام‌های کشاورزی اسپانیا معرفی نمودند.



شکل 4- اثر سن مزرعه (الف) و منطقه (ب) بر غلظت کبالت خاک مزرعه زعفران

Fig. 4- Effects of field age(A) and planting region (B) on Co concentration of saffron field

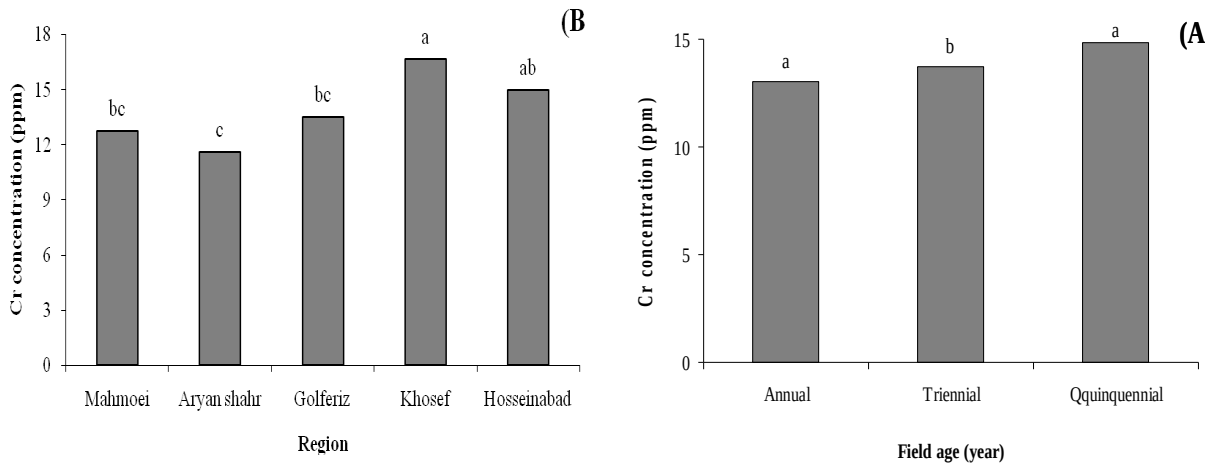
میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل و برای هر جزء، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند ($p\leq0/05$).

Means with the same letter(s) in each figure and for each component have not significantly difference based on Duncan's test ($p\leq0.05$).

این محققان همچنین خاطر نشان ساختند که غلظت این عناصر در خاک همبستگی ضعیفی با سایر خصوصیات خاک مانند درصد شن، سیلت و رس، آهک، هدایت الکتریکی و اسیدیته نشان داد. چن و همکاران (Chen et al., 2009) نشان دادند که غلظت عناصر سنگین در خاک به وسیله نوع مواد مادری و فعالیت‌های انسانی کنترل می‌شود. این محققان تأکید کردند که این عناصر همبستگی خوبی با مقدار ماده آلی نشان داد. شای و همکاران (Shi et al., 2008) نیز گزارش کردند که استفاده طولانی‌مدت و بیش از حد کودهای شیمیایی و آلی در زمین‌های کشاورزی در تجمع فلزات سنگین در خاک نقش بسزایی داشته است. بنابراین، از آنجا که نوع مدیریت بکارگرفته شده در مزارع زعفران، عامل اصلی تغییر غلظت این عناصر در خاک می‌باشد و همچنین با در نظر گرفتن روند تجمعی غلظت کبالت در خاک تحت تأثیر گذشت زمان، لازم است به منظور جلوگیری از تجمع کبالت و بزرگنمایی زیستی آن در زنجیره غذایی به میزان این عنصر در کودهای آلی و شیمیایی مورد استفاده به منظور بهبود حاصلخیزی خاک توجه بیشتری گردد. همچنین از آنجا که ترکیب عناصر سنگین با مواد آلی یکی از شکل‌های عناصر سنگین در خاک می‌باشد (Alloway, 1990)، می‌توان از مصرف کودهای آلی مناسب برای کاهش غلظت این عناصر در خاک به منظور جلوگیری از ورود آن‌ها به محصولات کشاورزی و سطوح بالاتر زنجیره غذایی بهره‌گیری شود. آلووی (Alloway, 1990) دلیل ترکیب عناصر سنگین با مواد آلی یکی از شکل‌های عناصر سنگین در خاک را به دارا بودن گروه‌های عاملی نظیر هیدروکسیل، فنول و کربوکسیل در کنترل فعالیت، جذب و کمپلکس عناصر سنگین نسبت داد.

کروم: اگرچه اثر سن مزرعه بر میزان عنصر سنگین کروم در خاک مزرعه زعفران معنی‌دار نبود (جدول1)، ولی با افزایش سن مزرعه بر میزان کروم خاک افزوده شد؛ به طوری‌که خاک مزارع پنج ساله زعفران با 14/86 پی‌پی‌ام بیشترین میزان کروم را دارا بودند. محتوی کروم خاک مزارع پنج ساله زعفران با 14 و 8 درصد بالاتر از غلظت این عنصر به ترتیب برای مزارع یک و سه ساله بود (شکل 5-الف).

بررسی غلظت کروم خاک در پنج منطقه کاشت زعفران در استان بیرجند نشان داد که خاک مزارع خوسف و آرین شهر به ترتیب با 16/63 و 11/59 پی‌پی‌ام دارای بیشترین و کمترین غلظت کروم بودند. همچنین مزارع حسین‌آباد (14/96 پی‌پی‌ام) از این نظر در مرتبه دوم و گل فریز و مهمویی (به ترتیب با 13/49 و 12/74 پی‌پی‌ام) در رتبه‌های بعدی قرار داشتند (شکل 5-ب).



شکل 5- اثر سن مزرعه (الف) و منطقه (ب) بر غلظت کروم خاک مزرعه زعفران

Fig. 5- Effects of field age(A) and planting region (B) on Cr concentration of saffron field

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل و برای هر جزء، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند (p≤0/05).

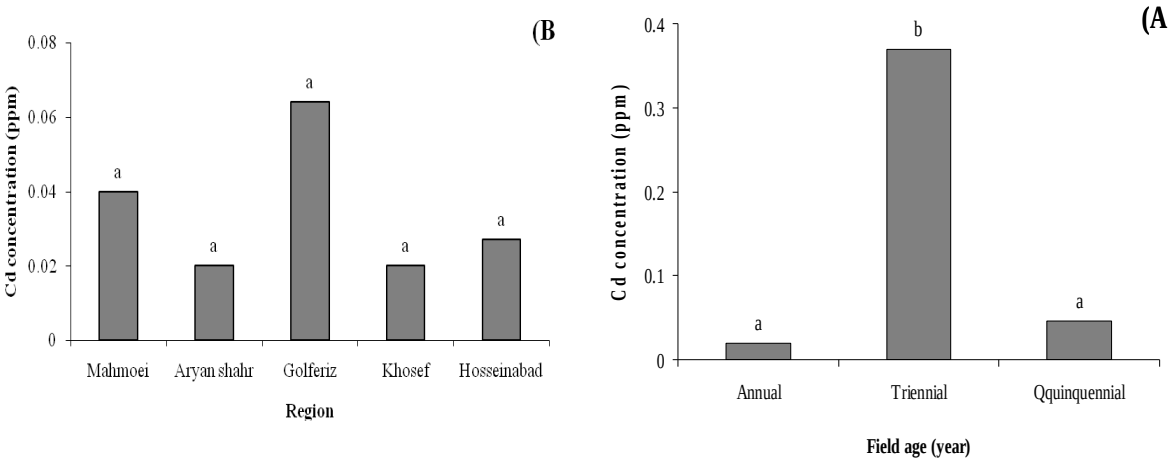
Means with the same letter(s) in each figure and for each component have not significantly difference based on Duncan's test (p≤0.05).

مقایسه مقادیر میانگین غلظت کروم مزارع یک ساله، سه ساله و پنج ساله در مناطق مورد بررسی نشان داد که خاک مزارع زعفران پنج ساله در خوسف و خاک مزارع زعفران سه ساله در آرین شهر با 18/37 پی‌پی‌ام و 10/54 پی‌پی‌ام دارای بیشترین و کمترین غلظت کروم بودند (جدول 3). مقایسه مقادیر میانگین غلظت کروم در مزارع یک ساله، سه ساله و پنج ساله در کل مناطق مورد بررسی نشان داد که با افزایش سن مزارع زعفران میزان کروم خاک نیز افزایش یافت؛ به طوری‌که غلظت کروم در مزارع یک ساله از 13/05 پی‌پی‌ام به 14/86 پی‌پی‌ام در مزارع پنج ساله افزایش یافت که 14 درصد افزایش را نشان می‌دهد. نتایج میکو و همکاران (Mico et al., 2006) نشان داد که مواد مادری نقش مهمی در کنترل غلظت برخی عناصر نظیر کبالت، کروم، نیکل و روی داشتند. این محققان همچنین خاطر نشان ساختند که همبستگی مثبتی بین غلظت این عناصر در خاک و سایر خصوصیات خاک از نظر میزان رس، کربنات و مواد آلی مشاهده گردید. بدین ترتیب، می‌توان از راهکارهای اکولوژیک نظیر مصرف مواد آلی همچون کود دامی پوسیده برای جلوگیری از تجمع این عنصر سنگین در زنجیره غذایی بهره‌گیری گردد.

کادمیوم: سن مزرعه، منطقه و اثر متقابل آن‌ها بر غلظت کادمیوم خاک مزارع زعفران معنی‌دار نبود (جدول 1). با این‌وجود، با افزایش سن مزرعه از یک به سه و پنج سال غلظت کادمیوم خاک در مزارع زعفران به ترتیب برابر با 85 و 130 درصد افزایش یافت (شکل 6-الف).

بالاترین غلظت کادمیوم خاک مزارع زعفران برای گل فریز با 0/064 پی‌پی‌ام و پایین‌ترین میزان برای آرین شهر و خوسف برابر با 0/02 پی‌پی‌ام حاصل گردید (شکل 6-ب).

بیشترین غلظت کادمیوم برای مزارع پنج ساله گل فریز (0/15پی‌پی‌ام) مشاهده شد (جدول 3). بر اساس بررسی میکو و همکاران (Mico et al., 2006)، مقدار سرب، مس و کادمیوم خاک مزارع، عمدتاً توسط فعالیت‌های بشری کنترل می‌گردد و غلظت این عناصر ارتباط کمتری با سایر خصوصیات خاک دارند. به عبارت بهتر، مدیریت زراعی و از جمله کود دهی عامل موثر در افزایش غلظت این عناصر به حساب می‌آید. غلظت کادمیوم در خاک مزارع کشاورزی در درازمدت تحت تأثیر مصرف کودهای فسفاته افزایش می‌یابد (Rui et al., 2008). برخی بررسی‌ها نشان داده است که سالانه یک گرم در هکتار کادمیوم تحت تأثیر مصرف کودهای فسفاته به خاک اضافه می‌شود (Molina et al., 2009; Mc Bride & Spiers, 2001). غلظت کادمیوم در سوپرفسفات ساده، ترپیل و اوره به ترتیب 3/1، 8/1 و در حدود 0/1 میلی‌گرم بر کیلوگرم تعیین شده است (Mirnia & Mohammadian, 2005).



شکل 6- اثر سن مزرعه (الف) و منطقه (ب) بر غلظت کادمیوم خاک مزرعه زعفران

Fig. 6- Effects of field age(A) and planting region (B) on Cr concentration of saffron field

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل و برای هر جزء، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند ($p\leq0/05$).

Means with the same letter(s) in each figure and for each component have not significantly difference based on Duncan's test ($p\leq0.05$).

میزان کادمیوم کود اوره 0/001 میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شده است (Molina et al., 2009). ژیائو و همکاران (Jiao et al., 2004) نیز اظهار داشت که کادمیوم به عنوان آلاینده در کودهای فسفاته مطرح می‌باشد، لذا کاربرد بیش از حد کودهای فسفره نه تنها باعث افزایش هزینه‌های تولید، افزایش تجمع فسفر در خاک و در نتیجه کاهش کارآیی آن می‌شود، بلکه تجمع فلزات سنگین به ویژه کادمیوم را نیز موجب می‌گردد (Ju et al., 2007). اصولاً بوم-نظام‌های تولیدی زعفران، متکی به نهاده‌های درون مزرعه‌ای و از جمله بقایای گیاهی و کودهای دامی می‌باشد و به جهت تأثیر بسیار مطلوب انواع کودهای دامی در رشد و نمو زعفران، کشاورزان بیشتر از این نوع کودها جهت تأمین عناصر غذایی مورد نیاز مزارع زعفران استفاده می‌کنند، از این‌رو، پایین بودن غلظت کادمیوم خاک مزارع به دلیل استفاده کمتر از کودهای شیمیایی رایج بوده و این موضوع به لحاظ سلامت زعفران تولیدی و به عبارت بهتر ارگانیک بودن آن حائز اهمیت فراوان است. بدین ترتیب، از آنجا که غلظت کادمیوم خاک عمدتاً به وسیله فعالیت‌های بشری کنترل می‌شود و ارتباط کمتری با سایر خصوصیات خاک دارد (Mico et al., 2006) و در نظر گرفتن حضور این عنصر در کودهای شیمیایی نیتروژنه، فسفره و پتاسه (Mc Bride & Spiers, 2001; Rui et al., 2008; Molina et al., 2009; Jiao et al., 2004; Zhao et al., 2009)، لذا توصیه می‌شود از روش‌های مدیریتی نظیر کاهش مصرف کودهای شیمیایی و استفاده از کودهای سازگار با محیط زیست برای کاهش غلظت این عناصر آلاینده در مزارع زعفران بهره‌گیری شود.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که اثر ساده سن مزرعه و نوع منطقه غلظت عناصر کم‌مصرف و عناصر سنگین خاک مزارع زعفران را به طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد. با افزایش سن مزرعه غلظت روی خاک کاهش و غلظت عناصر سنگین خاک شامل کبالت، کروم و کادمیوم افزایش یافت. مزارع شهر خوسف و حسین‌آباد دارای بیشترین و کمترین غلظت آهن در خاک به ترتیب با 1/65 و 0/77 پی‌پی‌ام بودند. میزان کبالت مزارع پنج ساله به ترتیب برابر با 53 و 46 بیشتر از مزارع یک‌ساله و سه‌ساله بود. بدین ترتیب، با توجه به روش‌های مختلف مدیریت‌بوم‌نظام‌های زعفران و احتمال ورود انواع عناصر کم-مصرف و سنگین به سطوح مختلف زنجیره غذایی توصیه می‌شود از روش‌های مدیریت اکولوژیک نظیر کاهش مصرف کودهای شیمیایی و استفاده از کودهای آلی و سازگار با محیط زیست دارای مقادیر کمتر

از حد مجاز این عناصر برای کاهش غلظت آن‌ها در مزارع زعفـران و جلوگیری از ورود آن‌ها به سطوح تغذیه‌ای بالاتر بـه منظـور کـاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی، حفظ تنوع زیستی و تأمین سلامت جامعه بهره‌گیری شود.

منابع

Shahbazi, A., Soffianian, A.R., Mirghaffari, N., and Einghalaei, M.R. 2012. Contamination factor and comprehensive pollution index (A case study in Nahavand city). Environment and Development Journal 3(5): 31-38. (In Persian with English Summary)

Adriano, D.C., Wenzel, W.W., Vangronsveld, J., and Bolan, N.S. 2004. Role of assisted natural remediation in environmental cleanup. Geoderma 122: 121-142.

Alloway, B.J. 1990. Heavy Metals in Soils. Blackie and Son, Ltd. Glasgow and London. p. 339.

Behdani, M.A., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Rezvani Moghaddam, P. 2005. Evaluation of quantitative relationships between saffron yield and nutrition (on farm trial). Iranian Journal of Field Crops Research 3(1): 1-14. (In Persian with English Summary)

Bhogal, A., Nicholson, F.A., Chambers, B.J., and Shepherd, M.A. 2003. Effects of past sewage sludge addition on heavy metal availability in light textured soils: Implications for crop yields and metal uptakes. Environmental Pollution 121: 413-423.

Blake, A.D., Jones, R.M., Blake, R.C., Pavalov, A.R., Darwish, I.A., and Yu, H. 2001. Antibody-based sensors for heavy metal ions. Biosensors and Bioelectronics 16: 799-809.

Boudaghi, H., Yunesian, M., Mahvi, A.H., Mohammadi, M.A., Dehghani, M.H., and Nazmara, S. 2012. Cadmium, lead and arsenic concentration in soil and underground water and its relationship with chemical fertilizer in paddy soil. Journal of Mazandaran University of Medicinal Sciences 22(Supple 1): 20-28 (In Persian with English Summary)

Caballero-Ortega, H., Pereda-Miranda, R., Riverón-Negrete, L., Hernández, J.M., Medécigo-Ríos, M., Castillo-Villanueva, A., and Abdullaev, F.I. 2000. Chemical composition of saffron (*Crocus sativus* L.) from four countries. ISHS Acta Horticulturae. 650: International Symposium on Saffron Biology and Biotechnology.

Chen, T., Liu, X., Li, X., Zhao, K., Zhang, J., Xu, J., Shi, J., and Dahlgren, R.A. 2009. Heavy metal sources identification and sampling uncertainty analysis in a field–scale vegetable soil of Hangzhou, China. Environmental Pollution 157: 1003-1010.

Doelsch, E., Deroche, B., and Van de Kerchove, V. 2006. Impact of sewage sludge spreading on heavy metal speciation in tropical soils (Reunion, Indian Ocean). Chemosphere 65: 286-293.

Ebdon, L., Pitts, L., Cornelis, R., Crews, H., Donard, O.F.X., and Quevauviller, P. 2001. Trace Element Speciation for Environment, Food and Health; Royal Society of Chemistry, Cambridge. p. 391.

Eby, G.N. 2005. Principles of environmental geochemistry, Thomson, Ellis, S., and Mellor, A., New York.

Gresta, F., Lombardo, G.M., Siracusa, L., and Ruberto, G. 2008. Saffron, an alternative crop for sustainable Agricultural systems. A Review. Agronomy for Sustainable Development 28: 95-112.

Havlin, J.L., Beaton, J.D., Tisdale, S.A., and Nelson, W.L. 1999. Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management. 6th Ed., Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J.P. pp. 265-270.

Hosseinzadeh, H., and Younesi, H. 2002. Petal and stigma extracts of *Crocus sativus* L. have antinociceptive and anti- inflammatory effects in mice. BMC Pharmacol. II.

Huang, S., and Jin, J. 2008. Status of heavy metals in agricultural soils as affected by different patterns of land use. Environ Monit Assess. DOI 10.1007/s10661-007-9838-4

Ibhadon, A.O., Wright, P., and Daniels, R. 2004. Trace metal speciation and contamination in an intertidal estuary. Environmental Monitoring 6: 679-683.

Jhan, G.C., Almazan, L.P., and Pacia, J. 2005. Effect of nitrogen fertilizer on the intrinsic rate of increase of the rusty plum aphid, *Hysteroneura setariae* (Thomas) (Homoptera: Aphididae) on rice (*Oryza sativa* L.). Environmental Entomology 34: 938-943.

Jiao, Y., Grant, C.A., and Bailey, L.D. 2004. Effects of phosphorus and zinc fertilizer on cadmium uptake and distribution in flax and durum wheat. Journal of the Science of Food and Agriculture 84(8): 777-785.

Jihad Keshavarzi Khorasan Razavi. 2012. Report on agronomic research for saffron. (on Published). (In Persian)

Ju, X., Kou, C., Christie, P., Dou, Z., and Zhang, F. 2007. Changes in the soil environment from excessive

application of fertilizers and manures to two contrasting intensive cropping systems on the North China Plain. Environmental Pollution 145(2): 497-506.

Kabala, C., and Singh, B.R. 2001. Fractionation and mobility of copper, lead and zinc in soil profiles in the vicinity of copper smelter. Journal of Environmental Quality 30: 485-492.

Kafi, M., Rashed Mohasel, M.H., Koocheki, A., and Mollafilabi, A. 2002. Saffron, Production and Processing. Zaban va Adab Publications, Iran. 276 pp. (In Persian)

Laing, Du, G., Vos De, R., Vandecasteele, B., Lesage, E., Tack, F.M.G., and Verloo, M.G. 2008. Effect of salinity on heavy metal mobility and availability in intertidal sediments of the Scheldt estuary. Estuarine Coastal and Shelf Science 77: 589-602.

Larbi, A., Morales, F., and Abadia, A. 2003. Effect of Cd and Pb in sugar beat plants grown in nutrient solution. Functional Plant Biology 20(12): 1453-1464.

Lee, C.S., Li, X., and Shi, W. 2006. Metal contamination in urban, suburban, and country park soils of Hong Kong: A study based on GIS and multivariate statistics. Science of the Total Environment 356(1–3): 45–61.

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

Liu, W., Zhao, J., Ouyang, Z., Soderlund, L., and Liu, G. 2005. Impact of sewage irrigation on heavy metal distribution and contamination in Beijing, China. Environment International 31: 805-812.

McBride, M., and Spiers, G. 2001. Trace element content of selected fertilizers and dairy manures as determined by ICP-MS. Communications in Soil Science and Plant Analysis 32(1): 139-156.

Mico, C., Recatala, L., Peris, M., and Sanchez, J. 2006. Assessing heavy metal sources in agricultural soils of an European Mediterranean area by multivariate analysis. Chemosphere 65: 863-872.

Mirnia, S.K., and Mohammadian, M. 2005. Rice, disorders food elements, Management food elements. Publications of Mazandaran University. (Persian)

Molina, M., Aburto, F., Calderon, R., Cazanga, M., and Escudey, M. 2009. Trace element composition of selected fertilizers used in Chile: phosphorus fertilizers as a source of longterm soil contamination. Taylor and Francis 18(4): 497-511.

Mollafilabi, A., and Shoorideh, H. 2009. The new methods of saffron production. The 4th National Festival of Saffron, Khorasan- Razavi, Iran, 27-28 October. (In Persian)

Petit, M.D., and Rucandio, M.I. 1999. Sequential extraction for determination of cadmium distribution in coal fly ash, soil and sediment samples. Analytica Chemica Acta 401: 283-291.

Pingali, P.L., and Roger, P.A. 1995. Impact of pesticides on farmer heath and the rice environment. IRRI, Manila, Philippines.

Rios, J.L., Recio, M.C., Giner, R.M., and Manez, S. 1996. An update review of saffron and its active constituents. Phytotherapy Research 20(1): 189-193.

Rola, A., and Pingali, P. 1993. Pesticides, rice productivity and heath impacts in the Philippines. World Resources Institute.

Rui, Y., Shen, J., and Zhang, F. 2008. Application of ICPMS to determination of heavy metal content of heavy metals in two kinds of N fertilizer. Guang Pu Xue Yu Guang Pu Fen Xi 28(10): 2425.

Sharma, A.K. 2002. A Handbook of Organic Farming. Agrobios India 627 pp.

Shi, G., Chen, Z., Xu, S., Zhang, J., Wang, L., Bi, C., and Teng, J. 2008. Potentially toxic metal contamination of urban soils and roadside dust in Shanghai, China. Environmental Pollution 156: 251-260.

Taghipour, M., Khademi, H., and Ayoubi, S. 2010. Spatial variability of Pb and Zn concentration and its relationship with land use and parent materials in selected surface soils of Hamadan province. Journal of Water and Soil 24(1): 132-144. (In Persian with English Summary)

Tessier, A., and Campbell, P.G.C. 1979. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. Analytical Chemistry 51: 844-851.

Walkar, D.J., Clemente, R., Roig, A., and Pilar, B. 2003. The effect of soil amendments on heavy metal bioavalibility in two contaminated Mediterranean soils. Environmental Pollution 122: 303-312.

Weggler-Beaton, K., McLaughlin, M.J., and Graham, R.D. 2000. Salinity increases cadmium uptake by wheat and Swiss chard from soil amended with biosolids. Australian Journal of Soil Research 38: 37-45.

Wong, S.C., Li, X.D., Zhang, G., Qi, S.H., and Min, Y.S. 2002. Heavy metals in agricultural soils of the Pearl River

Delta, South China. Environmental Pollution 119: 33-44.

Zhao, K., Zhang, W., Zhou, L., Liu, X., Xu, J., and Huang, P. 2009. Modeling transfer of heavy metals in soil-rice system and their risk assessment in paddy fields. Environmental Earth Sciences 59(3): 519-527.

Zhong-qiu, Z., Yong–Quan, Z., and Yun-Long, C. 2004. Effect of zinc on cadmium uptake by spring wheat (*Triticum aestivum* L.) L: long–time hydroponic study and short–time Cd tracing study. Journal of Zhejiang University Science 6A(7): 643-648.

Zhou, L.X., and Wang, J.W.C. 2001. Effect of dissolved organic matter from sludge and sludge compost on soil copper sorption. Journal of Environmental Quality 30: 878-883.

Rodríguez, J.A., Nanos, N., Grau, J.M., Gil, L., and López-Arias, M. 2008. Multiscale analysis of heavy metal contents in Spanish agricultural topsoils. Chemosphere 70(6): 1085-1096.