Journal of Saffron Research (semi-annual)

Vol.11, No.1, Spring & Summer, 2023

p. 19-30

http://dx.doi.org/10.22077/JSR.2023.5853.1202

University of Birjand

Original Article

Effect of Compost on Heavy Metals Changing Process and Relationship with Physiological Traits of Saffron (*Crocus sativus* L.)

Mohammad Hossein Aminifard[1]*

1- Associate Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran.

*Corresponding Author: *mh.aminifard@birjand.ac.ir*

Received 03 December 2022; Accepted 22 May 2023

Extended Abstract

Introduction: Municipal waste compost is effective on increasing plant yield. Due to the lack of organic matter in the soils of arid and semi-arid regions, the use of organic compounds such as municipal waste compost improves the physical and chemical properties and increases the fertility of the soil (Khoshgoftarmanesh & Kalbasi, 2002). The use of municipal waste compost due to the presence of nutrients in its composition and their gradual release, which prevents the leaching and stabilization of these elements in the soil, leads to the improvement of the availability of elements for plants and direct and indirect effects on yield (Ghasraldashti et al., 2014). Therefore, the purpose of this project is to study the effect of different levels of municipal waste compost on the absorption of heavy metals in the soil and saffron plant, as well as its relationship with the flower and stigma performance of this valuable medicinal plant.

Materials and Methods: Municipal waste compost must be used more carefully. Therefore, the effects of the application of municipal waste compost on the uptake of heavy metals (Pb, Ni, Cd, and Co) in saffron plants and their relation with arable characteristics and yield of saffron were evaluated under field conditions. Treatments were four levels of municipal waste compost (0, 5, 10, and 20 t. ha^{-1}). Before planting, different amounts of municipal waste compost were mixed with the soil to a depth of 20 cm according to the experimental plan. The first irrigation was carried out at the same time as planting (7 September 2015 as a flood), and the second irrigation was done ten days after the first irrigation to facilitate the sprouting of the tubers. Subsequent irrigations after the end of the flowering period were carried out according to the region's custom at intervals of one month and in the leakage method using a siphon. This experiment was carried out based on a randomized completely block design with three replications in the research farm of the University of Birjand, Iran, during the cropping year 2015-2016.

Results and Discussion: Results showed that municipal waste compost improved the concentration of soil Pb and Cd of saffron beside control. But, municipal waste compost

has not affected significantly soil Ni and Co. The highest concentration of soil Pb and Cd (2.85 and 1.60 $mg.kg^{-1}$) were obtained in plants treated with 20 $t.\ ha^{-1}$ municipal waste compost while the lowest values were recorded in the control. Results showed that municipal waste compost improved the Pb concentration of saffron leaf besides control. The highest concentration of leaf Pb (0.68 $mg.kg^{-1}$) was obtained in plants treated with 10 $t.\ ha^{-1}$ municipal waste compost. Results showed that municipal waste compost did not significantly affect the heavy metals concentration of saffron corm and flower. The average weight of cormel, flower, and stigma yield was influenced by municipal waste compost treatments. In a study by Gholizadeh et al., (2018), by investigation the effect of municipal waste compost levels and maternal corm weight on vegetative and reproductive traits and photosynthetic indices of saffron plants, they found that the highest average fresh weight of flowers was obtained from the treatment of 20 $t.\ ha^{-1}$ of urban waste compost with 5.06 $g.\ m^{-2}$. Similarly, other researchers have also reported the positive effect of municipal waste compost on the yield of dry saffron stigma (Amiri, 2008). It seems that the use of municipal waste compost has increased flower yield and as a result stigma yield due to its positive effects on improving physical and chemical properties and increasing soil fertility as well as increasing the availability of nutrients by plants (Khoshgoftarmanesh & Kalbasi, 2002; Ghasraldashti et al., 2014). Therefore, considering the effect of organic treatments on the stabilization of heavy metals in the soil and reducing their absorption by plants, the use of organic materials can be a useful solution in controlling the concentration of pollutants (Karimi et al., 2012).

Conclusion: Based on the results of this research and according to the environmental and soil conditions of this experiment, it was determined that municipal waste compost had an effective role in increasing the corm weight and flower yield of saffron, and in this way, it was able to increase the stigma yield. Although the use of municipal waste compost in this research did not increase the concentration of heavy elements in soil and plants more than the permissible limit, due to the presence of heavy elements in municipal wastes, the necessary care should be taken in using this fertilizer in other areas so that, at the same time, using the benefits of municipal waste compost reduced the environmental risks caused by the use of compost for soil and plants.

Conflict of Interest: There are no conflicts of interest in this article.

Keywords: Cormel, Heavy metals, Pb, Stigma yield.

نشریه پژوهش‌های زعفران (دو فصلنامه)
جلد یازدهم، شماره اول، بهار و تابستان ۱۴۰۲
شماره صفحه: ۳۰-۱۹
http://dx.doi.org/10.22077/JSR.2023.5853.1202

مقاله پژوهشی

تأثیر کمپوست زباله شهری بر روند تغییرات برخی فلزات سنگین در گیاه و ارتباط آن با ویژگی‌های رشدی زعفران (*Crocus sativus* L.)

محمدحسین امینی‌فرد[1*]
۱- دانشیار، گروه علوم باغبانی و مرکز پژوهشی گیاهان ویژه منطقه، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
*نویسنده مسئول: *Email: mh.aminifard@birjand.ac.ir*

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۰۱

چکیده

به منظور بررسی اثر کمپوست زباله شهری بر میزان تجمع عناصر سنگین (سرب، نیکل، کادمیوم و کبالت) در اندام‌های گیاهی زعفران (*Crocus sativus* L.) و همچنین اثر کمپوست بر صفات زراعی و عملکرد، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند در سال‌های زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ اجرا شد. تیمار آزمایش، شامل چهار سطح کمپوست زباله شهری (۰، ۵، ۱۰ و ۲۰ تن در هکتار) با سه تکرار بود. نتایج نشان داد کمپوست زباله شهری تأثیر معنی‌داری بر غلظت سرب و کادمیوم خاک زعفران نسبت به شاهد داشت، امّا بر میزان غلظت نیکل و کبالت مؤثر نبود. بیشترین غلظت سرب و کادمیوم (۲/۸۵ و ۱/۶۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) خاک در سطح ۲۰ تن در هکتار کمپوست زباله شهری و کمترین میزان این صفات در سطح شاهد به دست آمد. کمپوست زباله شهری سبب افزایش معنی‌دار غلظت سرب برگ نسبت به شاهد شد. بیشترین غلظت سرب برگ (۰/۶۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در سطح ۱۰ تن در هکتار کمپوست زباله شهری مشاهده شد. بر اساس نتایج، سطوح مصرفی کمپوست تأثیر معنی‌داری بر غلظت عناصر سنگین بنه و گل نداشت. همچنین نتایج بیانگر تأثیر معنی‌دار کمپوست زباله شهری بر وزن بنه دختری و عملکرد گل و کلاله زعفران بود. بیشترین میزان این صفات در سطح ۱۰ تن در هکتار کمپوست زباله شهری به دست آمد. به‌طور کلی کمپوست زباله شهری در این آزمایش مانع از تجمع عناصر سنگین در گیاه و از این طریق سبب افزایش صفات زراعی و عملکرد زعفران شد.

واژه‌های کلیدی: بنه دختری، سرب، عملکرد کلاله، فلزات سنگین.

مقدمه

زعفران (*Crocus sativus* L.) به عنوان گران قیمت‌ترین محصول کشاورزی، دارویی و ادویه‌ای جهان جایگاه ویژه‌ای در بین محصولات صنعتی و صادراتی ایران دارد (Nassiri Mahallati et al., 2007). این گیاه اغلب در مناطقی که اقلیم خشک دارند کشت می‌شود (Caiola, 2004). از طرفی با توجه به کمبود مواد آلی در خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک، بکارگیری ترکیبات آلی نظیر کمپوست زباله شهری ضمن بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و افزایش حاصلخیزی خاک (Khoshgoftarmanesh & Kalbasi, 2002) افزایش عملکرد را نیز به همراه دارد. همچنین مصرف کمپوست زباله شهری به دلیل وجود عناصر غذایی در ترکیب آن و آزادسازی تدریجی آنها که مانع از آبشویی و تثبیت این عناصر در خاک می‌شود، منتج به بهبود قابلیت دسترسی عناصر برای گیاه و تأثیر مستقیم و غیرمستقیم بر عملکرد می‌شود (Ghasraldashti et al., 2014). در یک بررسی تأثیر سطوح (۰، ۵، ۱۰ و ۲۰ تن در هکتار) کمپوست زباله شهری و وزن بنه مادری بر عملکرد و خصوصیات رشدی زعفران مورد ارزیابی قرار گرفت، و گزارش گردید که کمپوست زباله شهری تأثیر معنی‌داری بر عملکرد گل و کلاله تر و خشک و همچنین وزن بنه دختری داشت و بیشترین میزان این صفات با مصرف ۲۰ تن در هکتار کمپوست زباله شهری مشاهده شد (Gholizade et al., 2016). افزایش وزن گل و کلاله زعفران با مصرف کمپوست بستر قارچ توسط محققین گزارش شده است (Rezvani Moghaddam et al., 2013). در مطالعه‌ای دیگر مصرف کود دامی و کمپوست زباله شهری سبب افزایش وزن و تعداد بنه زعفران شد (Teimori et al., 2013). با وجود برتری‌های بالا، کمپوست زباله شهری دارای عیب‌هایی نیز می‌باشد، که مهم‌ترین آنها حضور فلزات سنگین در این ترکیب است که می‌تواند باعث افزایش این فلزات در خاک و گیاه شود (Anaraki Safari et al., 2014). البته انتقال به نوع فلز سنگین، دما، pH و ماده آلی خاک و نوع گیاه بستگی دارد (Kalavrouziotis et al., 2012). به طوری که در مطالعه‌ای مصرف کمپوست نه تنها موجب افزایش فراهمی عناصر سنگین نشد بلکه حتی با تولید ترکیبات کم محلول‌تر مانند فسفات‌های این عناصر در نتیجه‌ی تجزیه مواد آلی موجب افزایش شکل‌های با ثبات‌تر گردید (Clemente et al., 2006). در حالی‌که برخی دیگر از محققین عنوان نمودند، که با اضافه شدن کمپوست زباله شهری به خاک، مقادیر نیکل، کروم و سرب در برگ گیاه افزایش یافت (Murphy & Warman. 2001). بنابراین با توجه به مطالعات صورت گرفته، بررسی ارتباط بین مصرف کودهای مختلف با شاخص‌های مهم رشدی و عملکردی و یا عناصر غذایی (Chaji et al., 2013) زعفران می‌تواند الگوی مناسبی از مصرف متعادل انواع کودها بوده و امکان جذب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را فراهم نماید (Rezvani Moghaddam et al., 2014). از طرفی با توجه به اینکه تاکنون گزارشی در خصوص نقش کمپوست زباله شهری بر جذب فلزات سنگین در خاک و گیاه زعفران و همچنین ارتباط آن با عملکرد گل و کلاله این گیاه انجام نشده است. لذا هدف از اجرای این طرح، مطالعه تأثیر سطوح مختلف کمپوست زباله شهری بر جذب فلزات سنگین در خاک و گیاه زعفران و همچنین ارتباط آن با عملکرد گل و کلاله این گیاه دارویی ارزشمند می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال‌های زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند اجرا شد. قبل از کشت جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری مرکب شد (جدول ۱). تیمار آزمایش شامل چهار سطح کمپوست زباله شهری (صفر، ۵، ۱۰ و ۲۰ تن در هکتار) تعیین شد. به منظور انجام آزمایش، پس از شخم، دیسک و مسطح کردن خاک اقدام به کرت‌بندی زمین نموده و کرت‌هایی به ابعاد ۲ × ۲ متر ایجاد گردید، فاصله بین کرت‌ها و بلوک‌ها از یکدیگر به‌ترتیب یک و دو متر (با احتساب جوی‌های آبیاری) در نظر گرفته شد. قبل از انجام کشت، مقادیر مختلف کمپوست زباله شهری بر اساس نقشه طرح آزمایشی تا عمق ۲۰ سانتی‌متری با خاک مخلوط گردید. کشت به صورت ردیفی در ۱۶ شهریور ۱۳۹۴ توسط بنه‌های با وزن متوسط ۱۰-۸ گرم و تراکم کاشت ۵۰ بنه در مترمربع انجام گرفت. فاصله بنه روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر و فاصله بین خطوط کشت ۲۰ سانتی‌متر و عمق کاشت ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته

شد. آبیاری اول همزمان با کاشت (۱۶ شهریور ۱۳۹۴ به صورت غرقاب) و آبیاری دوم ۱۰ روز بعد از آبیاری اول به منظور تسهیل در سبز شدن بنه‌ها انجام شد. بعد از آن نیز یک مرتبه سله‌شکنی توسط کج بیل و چهار شاخ فلزی با عمق کم صورت گرفت تا جوانه‌های گل با سهولت بیشتری از خاک بیرون آمده و رشد مطلوبی داشته باشند. آبیاری‌های بعدی پس از اتمام دوره گل‌دهی طبق عرف منطقه به فاصله زمانی هر یک ماه و به شیوه نشتی و با استفاده از سیفون انجام گرفت. در طول اجرای آزمایش از هیچ گونه سم و کود دیگری استفاده نشد. کنترل علف‌های هرز از طریق وجین دستی انجام شد. در انتهای فصل رویشی (اردیبهشت ماه ۱۳۹۵) پس از حذف اثرات حاشیه‌ای (نیم متر فاصله با هر ضلع کرت)، دو بنه از هر کرت برداشت و شاخص‌های بنه (تعداد، وزن کل بنه و وزن بنه دختری) اندازه‌گیری و ثبت شد. برای تعیین عملکرد گل و کلاله در سال دوم آزمایش، نمونه برداری از زمان شروع گلدهی (آبان ۱۳۹۵) آغاز و تا پایان دوره گلدهی ادامه یافت. در هر نوبت نمونه‌برداری، گل‌های ظاهر شده، به‌صورت روزانه جمع‌آوری و جهت تعیین شاخص‌های گل زعفران شامل عملکرد کل گل و کلاله به آزمایشگاه منتقل شدند. همچنین جهت مشخص نمودن ارتباط و جذب عناصر سنگین (سرب، نیکل، کادمیوم و کبالت) با صفات زراعی و عملکرد زعفران، میزان عناصر سنگین موجود در خاک، برگ و بنه زعفران در پایان فصل رشد رویشی (اردیبهشت ۹۵) و میزان این عناصر در کلاله زعفران در سال دوم گلدهی (آبان ۹۵) اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری غلظت عناصر در خاک سه نمونه به طور تصادفی از قسمت‌های مختلف مزرعه زعفران پس از پایان فصل رویشی از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری تهیه و پس از خشک کردن نمونه‌ها در هوای آزاد از الک دو میلی‌متری عبور داده و سپس برای اندازه‌گیری شاخص‌های مورد مطالعه آماده شدند. برای اندازه‌گیری غلظت عناصر درکلاله، برگ و بنه نیز یک نمونه مرکب از سه نمونه بعد از پایان یافتن دوره رشد زایشی و رویشی برداشت شد. پس از شست وشوی برگ و بنه با آب مقطر در آون الکتریکی به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۶۵ درجه خشک شدند. برای عصاره‌گیری ۰/۵ گرم از نمونه‌های خشک شده، در دمای ۵۵۰ درجه به مدت دو ساعت در کوره الکتریکی و خاکستر به همراه ۲/۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک (۳۸٪) با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد (Emami, 1996). میزان عناصر مورد نظر در عصاره به دست آمده با دستگاه جذب اتمی AA-670 Shimadzu اندازه‌گیری و تعیین گردیدند. در پایان تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.1 انجام و با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه و همبستگی صفات با SPSS تعیین گردید.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک محل آزمایش.

Table 1. Physiochemical characteristics of soil in experimental site.

بافت Texture	مواد آلی Organic matter (٪)	اسیدیته pH	فسفر قابل دسترس Available P ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم قابل دسترس Available K ($mg.kg^{-1}$)	نیتروژن کل Total N (%)	هدایت الکتریکی EC (dS/m)
لومی	0.68	7.76	60	420.35	0.08	3.1

جدول ۲. خصوصیات شیمیایی کمپوست زباله شهری.

Table 2. Chemical characteristics of municipal waste compost.

کربن آلی OC (%)	pH	هدایت الکتریکی EC ($ds.m^{-1}$)	مس Cu (ppm)	مولیبدن Mo (ppm)	آهن Fe (ppm)	فسفر P (%)	پتاسیم K (%)	نیتروژن N (%)
15	7.25	5.9	2	0.05	2.5	1.11	1.2	1.45

نتایج و بحث

عناصر سنگین (سرب، نیکل، کادمیوم و کبالت) خاک

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که با مصرف کمپوست زباله شهری تغییر معنی‌داری در غلظت عناصر سرب و کادمیوم خاک مشاهده شد، امّا غلظت نیکل و کبالت معنی‌دار نشد (جدول ۳). براساس نتایج مقایسه میانگین بیشترین غلظت سرب و کادمیوم (۲/۸۵ و ۱/۶۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در سطح ۲۰ تن در هکتار کمپوست زباله شهری (به‌ترتیب ۳۳/۸۰ و ۳۳/۳۳ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد) به دست آمد البته با سطوح پنج و ۱۰ تن در هکتار کمپوست در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۴). بر اساس نتایج، کمپوست زباله شهری غلظت سرب را در خاک افزایش داد، امّا غلظت آن کمتر از محدوده سمیت عناصر مورد مطالعه بود. متوسط جهانی غلظت سرب در خاک ۱۰ تا ۶۷ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شده است (Kabata-Pendias & Pendias, 2000). نتایج متفاوتی در خصوص نقش کمپوست زباله شهری در غلظت عناصر سنگین خاک گزارش گردیده است. کمپوست زباله شهری سبب افزایش غلظت سرب و کروم خاک گردید (Perez et al., 2007). اما محققین دیگر عنوان نمودند که مصرف کمپوست نه تنها موجب افزایش فراهمی عناصر سنگین نشد بلکه حتی با تولید ترکیبات کم محلول‌تر مانند فسفات‌های این عناصر در نتیجه تجزیه مواد آلی موجب افزایش شکل‌های با ثبات‌تر گردید (Clemente et al., 2006). وجود نتایج متفاوت را می‌توان به سطوح مصرفی کمپوست و خصوصیات شیمیایی خاک نسبت داد، که سبب تغییر در مقدار عناصر در خاک می‌شود (Courtney & Mullen, 2008).

جدول۳. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) غلظت عناصر سنگین خاک زعفران تحت تأثیرکمپوست زباله شهری.

Tables 3. Analysis of variance for saffron soil heavy metals under municipal waste compost.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	سرب Pb	نیکل Ni	کادمیوم Cd	کبالت Co
بلوک Block	2	0.030^{ns}	0.018^{ns}	0.004^{ns}	0.009^{ns}
کمپوست Compost	3	0.257^{*}	0.045^{ns}	0.082^{*}	0.032^{ns}
خطا Error	6	0.048	0.079	0.014	0.028
ضریب تغییرات Cv		8.783	6.731	8.403	6.440

ns ، ** و * به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد.

ns, ** and * represent non-significant at 1 and 5% level of probability, respectively.

جدول ۴. اثر غلظت‌های مختلف کمپوست زباله شهری بر غلظت عناصر سنگین خاک زعفران.

Tables 4. Effects of municipal waste compost concentrations on heavy metals soil of saffron.

کمپوست (تن در هکتار) Compost ($t.ha^{-1}$)	سرب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Pb ($mg.kg^{-1}$)	نیکل (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Ni ($mg.kg^{-1}$)	کادمیوم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Cd ($mg.kg^{-1}$)	کبالت (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Co ($mg.kg^{-1}$)
0	2.13^{b}	4.19^{a}	1.20^{b}	2.69^{a}
5	2.51^{ab}	4.27^{a}	1.42^{ab}	2.56^{a}
10	2.52^{ab}	4.27^{a}	1.40^{ab}	2.50^{a}
20	2.85^{a}	4.01^{a}	1.60^{a}	2.71^{a}

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند.

In each column, means followed by the same letter are not significantly different ($p \leq 5\%$)

برگ

غلظت عنصر سرب در برگ زعفران به طور معنی‌داری تحت تأثیر مصرف کمپوست زباله شهری قرار گرفت، در حالی‌که کمپوست زباله شهری نتوانست تأثیر معنی‌داری بر غلظت کادمیوم، کبالت و نیکل برگ داشته باشد (جدول ۵). با وجود اینکه تمامی سطوح مصرفی کمپوست زباله شهری در یک گروه قرار گرفتند، امّا بیشترین غلظت سرب (۰/۶۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در سطح ۱۰ تن در هکتار کمپوست زباله شهری به دست آمد که ۲۱ درصد نسبت به تیمار شاهد بیشتر بود (جدول ۶). برخی از محققین عنوان نمودند، که با اضافه شدن کمپوست زباله شهری به خاک، مقادیر نیکل، کروم و سرب در برگ گیاه افزایش یافت (Murphy & Warman, 2001; Mafton et al., 2004). جذب و انتقال عناصر در گیاهان مختلف یکسان نیست، معمولاً یک گونه گیاهی با توجه به فیزیولوژی خاص خود ممکن است نسبت به انتقال یک فلز مشخص، اختصاصی‌تر عمل کند در نتیجه مقدار جذب و انتقال آن فلز را افزایش دهد (Safari Anaraki et al., 2014). افزایش غلظت سرب برگ با مصرف کمپوست زباله شهری را می‌توان به کاهش pH نسبت داد، بسیاری از پژوهشگران معتقدند که کاهش pH از عوامل افزایش قابلیت جذب سرب در گیاه می‌باشد (Pais & Benton Jones, 1997).

بنه

بر اساس نتایج مصرف کمپوست زباله شهری نتوانست تأثیر معنی‌داری بر غلظت عناصر کادمیوم، سرب، کبالت و نیکل بنه زعفران داشته باشد (جدول۷). به نظر می‌رسد، ماده‌ی آلی جامد (کمپوست زباله شهری) افزوده شده به خاک با افزایش بارهای سطحی در خاک سبب افزایش نگهداری فلزات و کاهش تحرک آنها (Clark et al., 2007) و مانع از جذب فلزات سنگین توسط بنه گردیده است. در حالی‌که ماده‌ی آلی به شکل محلول و کلوئیدی می‌توانند تحرک فلزات سنگین در خاک را افزایش دهد (Prommer et al.,2007).

جدول۵. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) غلظت عناصر سنگین برگ زعفران تحت تأثیرکمپوست زباله شهری.

Tables 5. Analysis of variance for saffron leaf heavy metals under municipal waste compost.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	سرب Pb	نیکل Ni	کادمیوم Cd	کبالت Co
بلوک Block	2	0.0004^{ns}	0.0009^{ns}	0.001^{ns}	0.0004^{ns}
کمپوست Compost	3	0.008^{*}	0.003^{ns}	0.001^{ns}	0.010^{ns}
خطا Error	6	0.001	0.001	0.0003	0.004
ضریب تغییرات Cv		6.757	4.992	8.737	9.688

ns ، ** و * به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد.

ns, ** and * represent non-significant at 1 and 5% level of probability, respectively.

جدول۶. اثر غلظت‌های مختلف کمپوست زباله شهری بر غلظت عناصر سنگین برگ زعفران.

Tables 6. Effects of municipal waste compost concentrations on heavy metals leaf of saffron.

کمپوست (تن در هکتار) Compost ($t.ha^{-1}$)	سرب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Pb ($mg.kg^{-1}$)	نیکل (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Ni ($mg.kg^{-1}$)	کادمیوم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Cd ($mg.kg^{-1}$)	کبالت (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Co ($mg.kg^{-1}$)
0	0.56^{b}	0.72^{a}	0.22^{a}	0.67^{a}
5	0.67^{a}	0.66^{a}	0.22^{a}	0.58^{a}
10	0.68^{a}	0.67^{a}	0.18^{a}	0.69^{a}
20	0.67^{a}	0.64^{a}	0.19^{a}	0.72^{a}

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند.

In each column, means followed by the same letter are not significantly different ($p \leq 5\%$).

جدول۷. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) غلظت عناصر سنگین بنه زعفران تحت تأثیرکمپوست زباله شهری.

Tables 7. Analysis of variance for saffron corm heavy metals under municipal waste compost.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	سرب Pb	نیکل Ni	کادمیوم Cd	کبالت Co
بلوک Block	2	0.004^{ns}	0.008^{ns}	0.00001^{ns}	0.002^{ns}
کمپوست Compost	3	0.0004^{ns}	0.011^{ns}	0.0005^{ns}	0.001^{ns}
خطا Error	6	0.007	0.003	0.0003	0.004
ضریب تغییرات Cv		16.840	8.709	10.531	12.858

ns ، ** و * به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد.

ns, ** and * represent non-significant at 1 and 5% level of probability, respectively.

جدول ۸. اثر غلظت‌های مختلف کمپوست زباله شهری بر غلظت عناصر سنگین بنه زعفران.

Tables 8. Effects of municipal waste compost concentrations on heavy metals corm of saffron.

کمپوست Compost ($t.ha^{-1}$)	سرب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Pb ($mg.kg^{-1)}$	نیکل (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Ni ($mg.kg^{-1}$)	کادمیوم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Cd ($mg.kg^{-1}$)	کبالت (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Co ($mg.kg^{-1}$)
0	0.52^{a}	0.71^{a}	0.19^{a}	0.57^{a}
5	0.49^{a}	0.58^{a}	0.17^{a}	0.52^{a}
10	0.51^{a}	0.65^{a}	0.16^{a}	0.55^{a}
20	0.51^{a}	0.59^{a}	0.16^{a}	0.52^{a}

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند.

In each column, means followed by the same letter are not significantly different ($p\leq 5\%$).

جدول ۹. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) غلظت عناصر سنگین گل زعفران تحت تأثیرکمپوست زباله شهری.

Tables 9– Analysis of variance for saffron flower heavy metals under municipal waste compost

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	سرب Pb	نیکل Ni	کادمیوم Cd	کبالت Co
بلوک Block	2	0.006^{ns}	0.001^{ns}	0.0007^{ns}	0.0006^{ns}
کمپوست Compost	3	0.028^{ns}	0.002^{ns}	0.0008^{ns}	0.003^{ns}
خطا Error	6	0.012	0.006	0.0003	0.0008
ضریب تغییرات Cv		13.547	9.980	1.959	3.817

ns ، ** و * به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد.

ns, ** and * represent non-significant at 1 and 5% level of probability, respectively.

کلاله

بررسی نتایج تجزیه واریانس نشان داد، که مصرف کمپوست زباله شهری نتوانست تأثیر معنی‌داری بر غلظت عناصر سنگین (کادمیوم، سرب، کبالت و نیکل) کلاله داشته باشد (جدول۹). ترکیبات آلی مانند کمپوست موجب توزیع فلزات سنگین از شکل‌های محلول و تبادلی به فرم مواد آلی و در نتیجه کاهش فراهمی آن برای گیاه می‌شوند (Shuman et al., 2002). عامل دیگری که می‌تواند در این خصوص مؤثر باشد، این است که پیوندی که برخی فلزات سنگین با مواد آلی تشکیل می‌دهد ضعیف بوده و این فلزات به گیاه انتقال نمی‌یابد (Mohammadi & Bahmanyar, 2014). بنابراین با توجه به تأثیر تیمارهای آلی بر تثبیت فلزات سنگین در خاک و کاهش جذب آنها توسط گیاه، کاربرد مواد آلی

می‌تواند راهکار مفیدی در کنترل غلظت آلاینده‌ها باشد (Karimi et al., 2012).

صفات زراعی

تعداد و متوسط وزن بنه دختری و وزن کل بنه

همانطور که مشاهده می‌شود، کمپوست زباله شهری در این آزمایش تأثیر معنی‌داری بر تعداد بنه دختری نداشت (جدول۱۱). بر خلاف نتایج ما افزایش تعداد بنه زعفران با مصرف کمپوست زباله شهری و کود دامی گزارش گردیده است (Teimori et al., 2013). وزن کل بنه و متوسط وزن بنه دختری نتایج نشان داد که وزن کل بنه تحت تأثیر معنی‌دار کمپوست زباله شهری قرار نگرفت، امّا مصرف کمپوست بر متوسط وزن بنه دختری معنی‌دار شد (جدول۱۱). بیشترین وزن بنه دختری (۹/۱۷۶ گرم) در سطح ۱۰ تن در هکتار کمپوست زباله شهری و کمترین میزان این صفت (۶/۰۸۲ گرم) در سطح شاهد مشاهده گردید که ۵۰ درصد افزایش را نسبت به تیمار شاهد نشان داد (جدول۱۲). نتایج مشابهی توسط سایر محققین گزارش گردیده است (Teimori et al., 2013; Rezvani Moghaddam et al., 2013). استفاده از کمپوست زباله شهری به عنوان یک عامل تغذیه‌ای آلی، نقش مفیدی در بهبود رشد و توسعه زعفران دارد، که این امر احتمالاً به دلیل افزایش تخصیص مواد فتوسنتزی به اندام‌های ذخیره‌ای باعث بهبود وزن بنه زعفران گردیده است (Gholizade et al., 2016).

جدول ۱۰. اثر غلظت‌های مختلف کمپوست زباله شهری بر غلظت عناصر سنگین گل زعفران.

Tables 10. Effects of municipal waste compost concentrations on heavy metals flower of saffron.

کمپوست (تن در هکتار) Compost ($t.ha^{-1}$)	سرب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Pb ($mg.kg^{-1}$)	نیکل (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Ni ($mg.kg^{-1}$)	کادمیوم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Cd ($mg.kg^{-1}$)	کبالت (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Co ($mg.kg^{-1}$)
0	0.68^{a}	0.83^{a}	0.97^{a}	0.78^{a}
5	0.91^{a}	0.82^{a}	0.94^{a}	0.78^{a}
10	0.85^{a}	0.78^{a}	0.94^{a}	0.74^{a}
20	0.83^{a}	0.76^{a}	0.94^{a}	0.71^{a}

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند.

In each column, means followed by the same letter are not significantly different ($p \leq 5\%$).

جدول ۱۱. تجزیه واریانس(میانگین مربعات) خصوصیات بنه و گل زعفران تحت تیمار کمپوست زباله شهری.

Table 11. Analysis of variance for saffron corm and flower characteristics under municipal waste compost treatment.

منابع تغییرات S.O.V	ضریب تغییرات df	تعداد بنه دختری Number of cormel	وزن کل بنه Total weight of corm	وزن بنه دختری Weight of cormel	عملکرد گل تر Yield fresh flower	وزن گل تر Average flower weight	عملکرد کلاله خشک Yield dry stigma
بلوک Block	2	0.083^{ns}	34.658^{ns}	1.394^{ns}	2.378^{ns}	0.000^{ns}	0.163^{ns}
کمپوست Compost	3	0.305^{ns}	27.043^{ns}	6.356^{*}	7.225^{*}	0.002^{*}	0.782^{*}
خطا Error	6	0.305	13.111	0.952	1.304	0.000	0.135
منابع تغییرات Cv		18.952	14.178	11.822	4.891	4.889	17.661

ns، ** و * به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد.

ns, ** and * represent non-significant at 1 and 5% level of probability, respectively.

جدول ۱۲. اثرات غلظت‌های مختلف کمپوست زباله شهری بر ویژگی‌های بنه و گل زعفران.

Tables 12. Effects of municipal waste compost concentrations on corm and flower characteristics of saffron.

کمپوست زباله شهری (تن در هکتار) Municipal waste compost ($t.ha^{-1}$)	تعداد بنه دختری (در بوته) Number of cormel ($per.p^{-1}$)	وزن کل بنه (گرم در بوته) Total weight of corm ($g.p^{-1}$)	وزن بنه دختری (گرم) Average weight of cormel (g)	عملکرد گل تر (گرم در مترمربع) Yield fresh flower ($g.m^{-2}$)	وزن گل تر (گرم) Average flower weight (g)	عملکرد کلاله خشک (گرم در مترمربع) Yield dry stigma ($g.m^{-2}$)
0	3.000[a]	24.946[a]	6.082[b]	21.433[b]	0.428[b]	1.450[b]
5	2.666[a]	23.354[a]	8.892[a]	22.800[ab]	0.456[ab]	1.906[ab]
10	2.666[a]	29.933[a]	9.176[a]	24.930[a]	0.498[a]	2.568[a]
20	3.333[a]	23.924[a]	8.871[a]	24.216[a]	0.484[a]	2.423[a]

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند.

In each column, means followed by the same letter are not significantly different ($p \leq 5\%$).

عملکرد کل و متوسط وزن گل تر

نتایج تجزیه واریانس بیانگر تأثیر معنی‌دار کمپوست زباله شهری بر عملکرد کل و متوسط وزن گل تر در سال دوم اجرای آزمایش بود (جدول۱۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد، که بیشترین عملکرد گل تر (۲۴/۹۳۰ گرم در مترمربع) و متوسط وزن گل تر (۰/۴۹۸ گرم) با مصرف ۱۰ تن در هکتار کمپوست زباله شهری به دست آمد که ۱/۱۶ و ۱/۱۶ برابر کمترین میزان این صفات در سطح شاهد بود (جدول۱۲). محققین در ارزیابی رشد و عملکرد زعفران تحت تأثیر کمپوست بستر قارچ گزارش کردند که بیشترین وزن گل با کاربرد ۶۰ تن در هکتار کمپوست مشاهده شد (Rezvani Moghaddam et al., 2013). در مطالعه‌ای دیگری نیز مصرف ۲۰ تن در هکتار کمپوست زباله شهری نقش مؤثری در افزایش عملکرد گل زعفران داشت که با نتایج ما مطابقت دارد (Gholizade et al., 2016). به نظر می‌رسد افزایش وزن بنه با مصرف کمپوست زباله شهری، سبب افزایش متوسط وزن و عملکرد گل گردیده است. در این خصوص محققین اظهار داشتند، بنه‌های بزرگ‌تر با ذخایر غذایی بالاتر و فراهم سازی بیشتر عناصر غذایی برای گیاه و حداکثر اختصاص مواد فتوسنتزی به جوانه‌های رویشی و زایشی باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد می‌شوند (Nassiri Mahallati et al., 2007). در مطالعه‌ای قلی‌زاده و همکاران (Gholizade et al., 2018) به‌منظور بررسی تأثیر سطوح کمپوست زباله شهری و وزن بنه مادری بر صفات رویشی و زایشی و شاخص‌های فتوسنتزی گیاه زعفران دریافتند که بیشترین متوسط وزن تر گل از تیمار ۲۰ تن در هکتار کمپوست زباله شهری با ۵/۰۶ گرم در مترمربع حاصل شد.

عملکرد کلاله خشک

نتایج حاکی از تأثیر معنی‌دار کمپوست زباله شهری بر عملکرد کلاله خشک در سال دوم اجرای آزمایش بود (جدول ۱۱). به طوریکه بیشترین میزان این صفت (۲/۵۶۸ گرم در مترمربع) در سطح ۱۰ تن در هکتار کمپوست زباله شهری به دست آمد که ۱/۳۴ و ۱/۰۵ برابر سطوح ۵ و ۲۰ تن در هکتار کمپوست زباله شهری بود و ۷۷ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد داشت (جدول۱۲). به طور مشابه، محققین دیگری نیز تأثیر مثبت کود آلی کمپوست زباله شهری بر عملکرد کلاله خشک زعفران را گزارش نموده‌اند (Gholizade et al., 2016; Amiri, 2008). چنین به نظر می‌رسد که کاربرد کمپوست زباله شهری به دلیل تأثیرات مثبتی که بر بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و افزایش حاصلخیزی خاک (Khoshgoftarmanesh & Kalbasi, 2002) و همچنین افزایش دسترسی عناصر غذایی توسط گیاه (Ghasraldashti et al., 2014) داشته سبب افزایش عملکرد گل و در نتیجه عملکرد کلاله گردیده است. همچنین از آنجا که وجود فلزات سنگین در محیط یکی از عوامل محدود کننده رشد گیاهان محسوب می‌شود (amouzegar et al.,2015).به نظر می‌رسد مصرف کمپوست از طریق کلات کردن فلزات سنگین از تحرک این فلزات در خاک کاسته (Xiao et al., 1999) و مانع

از تجمع این عناصر در گیاه و افزایش عملکرد گل و در نتیجه آن افزایش عملکرد کلاله گردیده است.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج این پژوهش و با توجه به شرایط محیطی و خاک این آزمایش مشخص شد، کمپوست زباله شهری نقش مؤثری بر افزایش وزن بنه و عملکرد گل زعفران داشت و از این طریق توانست سبب افزایش عملکرد کلاله شود. هرچند که مصرف کمپوست زباله شهری در این پژوهش تأثیری در افزایش غلظت عناصر سنگین خاک و گیاه بیشتر از حد مجاز نداشت، امّا با توجه به وجود عناصر سنگین در ضایعات شهری باید در استفاده از این کود در سایر مناطق دقت لازم را داشت تا بتوان ضمن استفاده از فواید کمپوست زباله شهری خطرات زیست محیطی ناشی از مصرف کمپوست را برای خاک و گیاه کاهش داد.

منابع

Amiri, M. E. (2008). Impact of animal manures and chemical fertilizers on yield components of saffron (*Crocus sativus* L.). *American-Eurasian Journal of Agriculture & Environmental Science, 4*, 274-279.

Amouzegar, M., Abbaspoor, A., Shahsavani, Sh., Asghari, H. R., & Parsaeeyan, M. (2015). Effects of application P and symbiosis mycorrhiza fungus with Helianthus annuss L. on capability resorb Pb in black soil. *Journal of Sciences Water & Soil (Sciences & Technology of Agriculture & Wealth), 19* (74), 39-50.

Anaraki Safari, N., Bostani, A. A., & omidi, H. (2014). Effect of amounts and times of replication of municipal solid waste compost on concentration of Pb, Ni and Cd in soil and maize plant (*Zea mays* L.). *Journal of Soil Management and Sustainable Production, 4*(3), 285-269. [In Persian].

Caiola, M.G. (2004). Saffron reproductive biology. *Acta Horticulturae*, 25-38.

Chaji, N., Khorassani, R., Astaraei, A., & Lakzian, A. (2013). Effect of phosphorous and nitrogen on vegetative growth and production of daughter corms of saffron. *Journal of Saffron Research, 1*, 1–12. [In Persian].

Clark, G. J., Dodgshun, N., Sale, P. W. G., and Tang C. (2007). Changes in chemical and biological properties of a sodic clay subsoil with addition of organic amendments. *Soil Biological Biochemistry, 39*, 2806–2817

Clemente, R., Escolar, A., & Berna M. P. (2006). Heavy metals fractionation and organic matter mineralization in contaminated calcareous soil amended with organic materials. *Biology Technology, 97*, 1894-1901.

Courtney, R. G., & Mullen, G. J. (2008). Soil quality and barley growth as influenced by the application of two compost types. *Bioresource Technology, 99*, 1913-2918.

Emami A. (1996). Methods of plant analysis. *Technical journal Soil and Water Research Institute, Tehran*, 982p.

Ghasraldashti, A., Baluchi, H. R., Yadvi, A. R., & Ghobadi, M. (2014). Effect applications of municipal waste compost and N on concentration some seed element *Zea mays* L. saccharata and soil characteristics in Marv dasht. *Journal of Agroecology, 6*(1), 118-129. [in Persian].

Gholizade, Z., Aminifard, M. H., & Sayyari, M. H. (2016). Effect of different levels of municipal waste compost and maternal corm weight on yield and vegetative characteristics of saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Agronomy & Technology, 4*(3), 169-184.

Kabata-Pendias, A., & Pendias, H. (2000). Trace elements in soils and plants. CRC Press, Boca Raton, Florida.

Kalavrouziotis, I. K., Robolas, P., Koukoulakis, P., & Kostakioti, E. (2012). Effects of municipal reclaimed wastewater on the macro- and micro- elements status of soil and of *Brassica oleracea* var. Italica, and *B. oleracea* var. *Gemmifera. Agric. Water Manage, 95*, 419 – 426.

Karimi, M., Savabeghi, GH. R., & Motesharezadeh, B. (2012). The investigation of heavy metals (lead, zinc, manganese and iron) concentration variation in soil and *Lepidium sativum* L. shoots under organic and mineral treatments. *Environmental Sciences, 9*(4), 13-28 [in persian].

Khoshgoftarmanesh, A., & Kalbasi, M. (2002). Effect of municipal waste leachate on soil properties & growth and yield of rice. *Communications in Soil Science and Plant Analysis, 33*, 2011- 2020.

Lindsay, W. L., & 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.

Mafton, M., Moshiri, F., Karimian, N., & Ronaghi, A. (2004). Effect of two organic wastes in combination with phosphorus on growth and chemical composition of spinach soil properties. *Journal Plant Nutrient, 27*(9), 1635-1651.

Mohammadi, A., & Bahmanyar, M. A. (2014). Effects of applications municipal waste compost and compost with chemical fertilizer

in three years on concentration some heavy elements in plants under rice culture. *Journal of Sciences and Technology of Agriculture and Wealth (Sciences Soil and Water)*, *18*(68), 173-181. [in Persian].

Murphy, C., & Warman, P. R. (2001). *Effect of MSW compost application on low-bush blueberry soil and leaf tissue trace elements.* In: Proceedings of the 6th International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements, Guelph, pp. 166.

Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Boroum Rezazadeh, Z., & Tabrizi, L. (2007). Effects of corm size and storage period on allocation of assimilates in different parts of saffron plant (*Crocus sativus* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*, *5*, 155-166. [In Persian].

Pais, I., & Benton Jones, J. R. (1997). The handbook of trace elements, St. Lucie Press Boca Raton, Florida.

Perez, D. V., Alcantra, S., Ribeiro, C. C., Pereira, R. E., Fontes, G. C., Wasserman, M. A., Venezuela, T. C., Meneguelli, N. A., & Parradas, C. A. A. (2007). Composted municipal waste effects on chemical properties of Brazilian soil. *Biores Technol*, *98*, 525-533.

Prommer, H., Grassi, M. E., Davis, A. C., & Patterson, B. M. (2007). Modeling of microbial dynamics and geochemical changes in a metal bioprecipitation experiment. *Environmental Science Technology*, *41* (24), 8433–8438.

Rezvani Moghaddam, P., Khorramdel, S., Amin Ghafori, A., & Shabahang, J. (2013). Evaluation of growth and yield of saffron (*Crocus sativus* L.) effected by spent mushroom compost and corm density. *Journal of Saffron Research*, *1*, 13–26. [In Persian]

Rezvani Moghaddam, P., Koocheki, A., Molafilabi, A., & Seyyedi, M. (2014). Effect of biological and chemical fertilizers on replacement corm and flower yields of saffron (*Crocus sativus* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences*, *15*(3): 234-246. [In Persian].

Shuman, L. M., Dudka, S., & Das, K. (2002). Cadmium forms and plant availability in compost-amended soil. Commun. *Soil Science Plant Analysis*, *33*, 737-748.

Teimori, S., Behdani, M. A., Ghaderi, M. G., & Sadeghi, B. (2013). Investigation on the effect of organic and chemical fertilizers on morphological and agronomic of saffron (*Crocus sativus* L.) corm criteria. *Journal of Saffron Research*, *1*, 36–47. [In Persian].

Xiao, C., Ma, Q. L., & Sarigumba, T. (1999). Effects of soil type on trace metal leachability from papermill ashes and sludge. *Journal of Environmental Quality*, *28*, 321-333.

COPYRIGHTS

© 2023 by the authors. Published by University of Birjand – Saffron Research Group. This article is an o access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 Internatic (CC BY 4.0) (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)