Journal of Saffron Research

Vol. 12, No. 2, p. 256- 274, 2024

10.22077/jsr.2025.8373.1244

University of Birjand

Original Article

Investigating the Effect of Different Levels of Manure and Sulfur on Vegetative Growth and Yield of Saffron (*Crocus sativus* L.)

Mohammad Hossein Aminifard[1*], Ali Khaksari Moghadam[2], Hassan Bayat[3], Hamid-Reza Falahi[4]

1- Associate Professor, Department of Horticultural Science and the Research Center for Special Plants of the Region, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Iran.

2- M.Sc. Student in Medicinal Plants, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Iran.

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

4- Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Plant and Environmental stresses Research Group, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Iran.

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

Received: 03 November 2024, **Revised:** 09 December 2024**, Accepted:** 07 January 2025

Extended Abstract

Introduction: Agricultural saffron (*Crocus sativus* L.) is a monocotyledonous plant, a geophyte, and belongs to the Iridaceae family. The consumption of appropriate amounts of organic inputs has positive effects on the vegetative characteristics of saffron, which is attributed to the better allocation of food elements to its organs. Animal manures do not have one-sided effects; on the one hand, they help to provide food and on the other hand, they improve the structure of the soil. Therefore, the use of organic fertilizers to increase or at least maintain soil fertility and increase yield is inevitable. Elemental sulfur is also used as an acidifying agent to increase the ability to absorb nutrients in calcareous soils. Based on this, due to the reasonable price and availability of sulfur, as well as the prevalence of calcareousness and low organic matter in most of the soils of the country, this research was conducted to investigate the effect of sulfur and sheep manure on vegetative growth and yield of saffron in Sarayan region.

Materials and Methods: This study was conducted to investigate the effect of sheep manure and sulfur on vegetative growth and yield of saffron during 2018-2019 in the Sarayan region using a factorial layout in a randomized complete block design with three replications. Experimental treatments included sheep manure at four levels (0, 20, 40, and 60 t. ha^{-1}) and sulfur at three levels (0, 200, and 400 kg. ha^{-1}). After plotting, sheep manure and sulfur were added to the respective plots in the amounts mentioned in the treatments and mixed with the soil with a shovel and the plots were leveled again. Simultaneously with the beginning of flowering (late November 2018), the flowers of each plot were collected daily from the entire surface of the plots. The traits related to flowering, leaf growth, and then the indicators related to the growth status of the corms were measured.

Copyright © 2024 by the authors
Published by University of Birjand. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

Results and Discussion: The results showed a significant effect of sulfur (400 kg. ha^{-1}) in both years on fresh style weight, dry style weight, leaf length, leaf number, number of the corm, and the total weight of the corm. In addition, the results showed that the highest level of sheep manure (60 $t.ha^{-1}$) caused a significant increase in fresh style weight by 78.50 and 26.66%, dry style weight by 28.57 and 53.84%, fresh stigma yield by 9.32 and 5.16%, dry stigma yield by 11.00 and 4.76%, fresh stigma weight by 12.73 and 6.82%, dry stigma weight 11.11 and 11.11%, leaf length by 38.75 and 44.27%, fresh leaf weight by 84.00 and 123.25%, dry leaf weight by 84.61 and 88.38%, number of the corm by 49.24 and 24.29%, the total weight of the corm by 98.77 and 56.44%, and the mean weight of the original girl corms 22.97 and 60.42%, respectively, in both years compared to the control treatment. It should be noted that the use of animal manure alone at the highest level has increased the number of flowers by five percent, and the use of sulfur alone has increased the number of flowers by half a percent, and the use of both at the same time has increased the number of flowers by 13 percent. Effects of sheep manure (60 t. ha^{-1}) and sulfur (400 kg. ha^{-1}) treatments on fresh and dry stigma weight and dry leaf weight in the first year and number of flowers per square meter, fresh flower yield, fresh style length, fresh and dry stigma yield, fresh and dry leaf weight, and mean weight of the original girl corms had the highest increase in the second year. The results of mutual effects also show well for the wet and dry performance of the stigma that the highest yield was observed at the level of 400 kg per hectare of sulfur and 60 t. h^{-1} of sheep manure, the amount of which is 4.65 and 1.14 grams per square meter, and the lowest amount was obtained in the control. The results show that each of the elements alone did not have a good effect considering the short time, but two types of fertilizers together have been able to have an acceptable effect in a short period.

Conclusion: The simultaneous use of decayed sheep manure with sulfur, both used as a soil application, has shown significant effects on most of the vegetative, agronomic, and quantitative traits of saffron. Thus, it is recommended that farmers use sheep manure with sulfur to significantly increase the yield of the saffron plant. Sulfur, in addition to acidifying the target area (which leads to better absorption of elements), disinfects the soil and prevents the spread of diseases and mites.

Conflict of Interest: The authors declare no potential conflict of interest related to the work.

Keywords: Chemical Fertilizer, Coriander, Organic Fertilizer, Stigma.

نشریه پژوهش‌های زعفران (دو فصلنامه)
جلد دوازدهم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۴۰۳
شماره صفحه: ۲۷۴ – ۲۵۶
doi 10.22077/jsr.2025.8373.1244

مقاله پژوهشی

بررسی تأثیر سطوح مختلف کود گوسفندی و گوگرد بر رشد رویشی و عملکرد زعفران (*Crocus sativus* L.)

محمدحسین امینی‌فرد[1*]، علی خاکساری‌مقدم[2]، حسن بیات[3]، حمیدرضا فلاحی[4]

۱- دانشیار، گروه علوم باغبانی و مرکز پژوهشی گیاهان ویژه منطقه، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند،ایران.
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، فیزیولوژی گیاهان دارویی، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند،ایران.
۳- دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند،ایران.
۴- دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، گروه پژوهشی گیاه و تنش‌های محیطی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

*نویسنده مسئول: Email: *mh.aminifard@birjand.ac.ir*

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۱۳؛ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۹/۱۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۱۸

چکیده

این تحقیق به‌منظور بررسی تأثیر کود دامی گوسفندی و گوگرد بر رشد رویشی و عملکرد زعفران، طی سال‌های ۹۸-۱۳۹۷ در منطقه سرایان، به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل کود گوسفندی در چهار سطح (۰، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ تن در هکتار) و گوگرد در سه سطح (۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار) بودند. نتایج، نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار گوگرد (۴۰۰ کیلوگرم در هکتار) در هر دو سال، بر وزن تر و خشک کلاله، تعداد برگ، تعداد بنه و وزن کل بنه بود. علاوه بر این، نتایج نشان داد که بالاترین سطح کود گوسفندی (۶۰ تن در هکتار) در هر دو سال ، موجب افزایش وزن تَر و خشک خامه، عملکرد کلاله تر و خشک، طول برگ، تعداد بنه، وزن کل بنه و میانگین وزن بنه دختری اصلی، نسبت به تیمار شاهد گردید. همچنین اثرات متقابل تیمارهای کود گوسفندی (۶۰ تن در هکتار) و گوگرد (۴۰۰ کیلوگرم در هکتار) بـر وزن تَر و خشک کلاله و وزن خشک برگ در سال اول و تعداد گل در متر مربع، عملکرد گل تَر، عملکرد تَر و خشک کلاله، وزن تَر و خشک برگ و میانگین وزن بنه دختری اصلی در سال دوم بیشترین افزایش را داشت. بیشترین عملکرد تَر و خشک کلاله در سال دوم (به ترتیب به میزان ۴/۶۵ و ۱/۱۴ گرم در متر مربع) در سطح ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد همراه با ۶۰ تن در هکتار کود گوسفندی و کمترین مقدار آنها در سطح شاهد (به‌ترتیب با مقدار ۴/۱۲ و ۱/۰۲ گرم در متر مربع) حاصل شد. در مجموع، نتایج این تحقیق، بیانگر بهبود رشد و عملکرد زعفران در شرایط مصرف ۶۰ تن در هکتار کود گوسفندی و ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد (بالاترین سطح کود گوسفندی و گوگرد) بود.

واژه‌های کلیدی: بنه، کلاله،کود آلی، کود شیمیایی.

Copyright © 2024 by the authors
Published by University of Birjand. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

مقدمه

زعفران زراعی (*Crocus sativus* L.) گیاهی تک‌لپه، ژئوفیت و از خانواده زنبقیان (*Iridaceae*) است (Rashed-Mohassel, 2020). زعفران در اصل گیاهی یکساله است ولی در زراعت به عنوان گیاهی چندساله استفاده می‌شود (Koocheki & Khajeh-Hosseini, 2019). ایران با دارا بودن بیش از ۱۱۵ هزار هکتار محصول زعفران (از ۱۲۲ هزار هکتار در سطح جهان) و تولید میانگین ۴ تا ۱۳ کیلوگرم از این محصول در واحد سطح، بزرگترین تولیدکننده و صادرکننده کمی و کیفی این محصول در سطح جهان بشمار می‌رود (Morsa et al, 2022; Aghapour Sabsghi, 2019). در واقع، بیش از ۹۰ درصد تولید جهانی زعفران در ایران صورت می‌پذیرد (Mohammadi & Reed, 2020). هر بنه دختری در آغاز فصل بعدی رشد به عنوان بنه مادری رشد و تکثیر می‌یابد و این چرخه مجدداً تکرار می‌شود. بدلیل عقیم بودن گل، این گیاه از طریق بنه‌های مادری که در حقیقت بذر زعفران تلقی شده، تکثیر می‌شود (Koocheki & Khajeh-Hosseini, 2020). بر این اساس به نظر می‌رسد که مدیریت تغذیه می‌تواند تأثیر مطلوبی بر رشد بنه‌های دختری و گلدهی این گیاه به همراه داشته باشد (Khorramdel et al., 2015). مصرف مقادیر مناسب نهاده‌های آلی اثرات مثبتی بر ویژگی‌های رویشی زعفران دارد که به تخصیص بهتر عناصر غذایی به اندام‌های آن نسبت داده شده است (Jami et al., 2020). کودهای حیوانی دارای اثرات یک‌جانبه نبوده، بلکه از یک طرف کمک به تأمین مواد غذایی می‌کند و از طرف دیگر، موجب اصلاح ساختمان خاک می‌گردند بنابراین، استفاده از کودهای آلی جهت افزایش و یا حداقل حفظ حاصلخیزی خاک و افزایش عملکرد اجتناب‌ناپذیر است (Pasban et al., 2015). کودهای دامی به‌علت اینکه نیتروژن را به‌کندی آزاد می‌کنند و با عوامل دیگر برهمکنش دارند تلفات نیتروژن را کاهش می‌دهند بنابراین کاربرد آنها می‌تواند تلفات زیست‌محیطی عناصر غذایی را طی کشت‌وکار گیاهان زراعی کاهش دهد (Sieling et al., 2006).

گوگرد یکی از عناصر اصلی مورد نیاز گیاه می باشد که به دلیل ظرفیت اکسیده شدن و تولید اسیدسولفوریک، پتانسیل لازم برای کاهش pH خاک را حداقل در مقیاس کوچک اطراف ذرات خاک را دارا می باشد بنابراین می‌تواند به‌خصوص در منطقه ریزوسفر در انحلال ترکیبات غذایی نامحلول و آزاد شدن عناصر ضروری مؤثر واقع شود. بنابراین استفاده از گوگرد عنصری به‌عنوان یک ماده اسیدزا، به‌منظور افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی در خاک‌های آهکی کاربرد دارد (Karimi et al., 2012). اردم و همکاران (Erdem et al., 2016) گزارش کردند که کاربرد گوگرد بر اساس ویژگی‌های خاک به خصوص مقدار سولفات قابل جذب، باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌شود. کمبود گوگرد نیز نه تنها عملکرد، بلکه کیفیت محصولات غذایی را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد . کمبود گوگرد با کاهش در میزان ترکیبات دفاعی محتوی گوگرد، موجب کاهش تحمل گیاه می‌شود (Qaderi et al., 2017).

گزارش شده است که مصرف توأم ماده آلی و گوگرد موجب افزایش ۸۰۰ کیلوگرمی عملکرد گندم در هکتار نسبت به تیمار شاهد بوده است (Jalili et al., 2013). مصرف همزمان گوگرد و کود دامی بر عملکرد ذرت هم نشان داده است که کاربرد ۷۵۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد به همراه ۸ یا ۱۲ تن کود دامی در هکتار باعث بیشترین میانگین عملکرد و اجزای عملکرد دانه ذرت گردید و همچنین عنصر گوگرد در بالاترین مقدار خود به‌تنهایی موجب کاهش اسیدیته خاک گردید، اما در مقادیر پایین‌تر این عنصر، نقش مواد آلی خاک نیز مهم است (Chaghazardi et al., 2013). بنابراین با توجه به اهمیت گیاه دارویی زعفران و مصارف گسترده آن در صنایع مختلف و با توجه به اثر مدیریت تغذیه‌ای و حاصلخیزی خاک بر تحریک تولید گل و افزایش عملکرد زعفران، این آزمایش به منظور بررسی تأثیر گوگرد و کود گوسفندی بر رشد رویشی و عملکرد گیاه زعفران به اجرا در آمد، تا با استفاده مناسب از نهاده‌های شیمیایی و آلی بتوان در جهت تولید پایدار و افزایش عملکرد این گیاه مهم دارویی قدم برداشت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در شرایط مزرعه در سال‌های زراعی ۹۹-۱۳۹۸ و ۹۸-۱۳۹۷ به صورت فاکتوریل بر مبنای طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شهرستان

جدول ۱. ویژگی‌های کود گوسفندی

Table 1. Properties of sheep manure

ماده آلی(٪) Organic matter (%)	فسفر (درصد) P_2O_5 (%)	پتاسیم (درصد) K_2O (%)	نیتروژن (درصد) N (%)	pHاسیدیته H	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.\ m^{-1}$)
58.00	1.50	2.70	2.00	7.74	145.80

جدول ۲. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه مورد مطالعه

Table 2. Physical and chemical properties of soil in the study area

سیلت Silt	رس clay	شن Sand	بافت Texture	ماده آلی (٪) Organic matter (%)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم) P ($mg.\ kg^{-1}$)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) K ($mg.\ kg^{-1}$)	نیتروژن کل (درصد) Total nitrogen (%)	pH	هدایت الکتریکی (میلی‌زیمنس بر سانتیمتر) EC ($mS.\ cm^{-1}$)
34	18	48	لومی Loamy	0.64	4.5	270	0.032	7.7	8.31

سرایان، در شمال غربی استان خراسان جنوبی انجام شد. در این آزمایش اثر استفاده از کود گوسفندی در چهار سطح (۰، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ تن در هکتار) و گوگرد در سه سطح (۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار) به صورت مخلوط با خاک قبل از کاشت بررسی شد. گوگرد کلوخه تولید پالایشگاه خانگیران در کیسه‌های ۲۵ کیلوگرمی با درجه خلوص ۹۰ درصد و کود گوسفندی خریداری شده از دامپروری های محلی به صورت پوسیده مورد استفاده قرار گرفته است (جدول ۱). قبل از انجام آزمایش و اقدام به عملیات آماده‌سازی، نمونه‌برداری از زمین به طور تصادفی از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری برای آزمایش آنالیز خاک انجام گردید (جدول ۲).

در اوایل اردیبهشت ۱۳۹۷ اقدام به شخم زمین با گاوآهن به عمق ۳۰ سانتی‌متر گردید. به منظور تسطیح کردن زمین و خرد کردن کلوخه‌های موجود، دو بار دیسک عمود انجام شد و سپس اقدام به ایجاد کرت‌هایی با طول دو متر و عرض یک متر شد. فاصله بین کرت‌ها ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین بلوک‌ها با احتساب جوی‌های مورد استفاده جهت آبیاری کرت‌ها ۱/۵ متر بود. پس از کرت‌بندی کود گوسفندی و گوگرد به میزان ذکر شده در تیمارها به کرت‌های مربوطه اضافه شد و با بیل با خاک مخلوط گردید و مجدداً کرت‌ها تسطیح شد. در تاریخ ۱۳۹۷/۶/۵ بنه‌ها از مزرعه مادر برداشته و پس از آماده-سازی و ضدعفونی با قارچ‌کش بنومیل با غلظت دو در هزار، طبق نقشه طرح در همان روز در مزرعه کاشته شدند (تنها از بنه‌هایی دارای وزن هشت تا ۱۰ گرم برای کاشت استفاده شد). شروع عملیات کاشت در تاریخ شهریور ماه ۹۷ بود. هرکرت شامل چهار خط بود که فاصله دو خط کاشت از یکدیگر ۲۵ سانتی‌متر و فاصله بنه‌ها درروی هر خط پنج سانتی‌متر در نظر گرفته شد و در هر خط ۴۰ بنه کشت گردید. تراکم کاشت ۸۰ بنه در مترمربع بود.

عملیات آبیاری با آب چاه شهرستان سرایان با $ds.m^{-1}$ EC=۱/۲ انجام پذیرفت بدین صورت که اولین آبیاری در ۱۵ مهر سال ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ آبیاری‌های بعدی، بعد از اتمام دوره‌ی گلدهی و سپس در ماه‌های دی، بهمن، اسفند انجام شد. در طول مراحل اجرای آزمایش هیچ‌گونه کود شیمیایی، آفت‌کش و علف‌کش شیمیایی مورد استفاده قرار نگرفت و کنترل علف‌های هرز در طی دوره‌ی رشد گیاه از طریق وجین دستی انجام شد. در انتهای فصل (اواخر اردیبهشت ماه ۱۳۹۸) برگ‌های زرد شده برداشت و سپس مزرعه وارد دوره خواب تابستانی شده و در ابتدای فصل رشد بعدی و با شروع سرما (۱۵ مهر ماه ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸) اولین آبیاری انجام و سله‌شکنی نیز انجام گردید. همزمان با شروع گلدهی در دو سال (اواخر آبان ماه ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸)، گل‌های هر کرت به صورت روزانه از کل سطح کرت‌ها جمع‌آوری شد. صفات مرتبط با گلدهی شامل تعداد گل، وزن و عملکرد گل تَر، عملکرد تَر و خشک کلاله (با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت یک هزارم گرم) و طول کلاله و خامه (با استفاده از

کولیس دیجیتال با دقت یک صدم بر حسب میلی‌متر)، صفات مرتبط با رشد برگ شامل طول برگ (به وسیله خط‌کش)، تعداد برگ و وزن تَر و خشک برگ (بعد از مطمئن شدن از نبود خاک روی سطوح برگ با ترازوی دیجیتال)، و سپس شاخص‌های مربوط به وضعیت رشدی بنه‌ها در هر دو سال (در اردیبهشت ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹) نظیر وزن کل بنه، تعداد کل بنه، فراوانی تعداد و وزن بنه‌ها، تعداد جوانه دارای پتانسیل گلدهی و وزن بنه دختری اصلی اندازه‌گیری شد. جوانه های درشت کاملاً متورمی که بیشتر آنها در راس بنه هستند (جوانه های دارای قطر حدود ۳ تا ۵ میلی متر بود)، به عنوان جوانه های دارای پتانسیل گل دهی در نظر گرفته شد که بیشترین نقش را در تولید بنه های دختری داشتند (Fallahi & Behdani, 2015). تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS 9.4 انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها نیز با استفاده از آزمون LSD محافظت شده در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفت.

نتایج و بحث

صفات مرتبط با گل زعفران

تعداد گل: تأثیر کود گوسفندی و گوگرد و اثرات متقابل این دو فاکتور بر روی صفت تعداد گل در سطح احتمال یک درصد در سال دوم معنی‌دار شد، امّا در سال اول معنی‌دار نگردید (جدول ۳). کمترین تعداد گل از تیمارهای شاهد کود حیوانی و گوگرد (به‌ترتیب، ۱۹۹/۸۸ و ۱۹۸/۳۳ در متر مربع) و بیشترین تعداد آن (به‌ترتیب، ۲۰۹/۸۸ و ۲۰۵/۵۰ در متر مربع) از تیمار ۶۰ تن در هکتار کود گوسفندی و ۴۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار بدست آمد (جدول ۴ و ۵). نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل بیانگر این مهم می‌باشد که کاربرد کود حیوانی و گوگرد تأثیر معنی‌داری بر شاخص مورد بحث داشته است به طوری که کمترین تعداد گل در شاهد (۱۹۳/۳۳در متر مربع) و بیشترین تعداد آن (۲۱۷/۶۶ در متر مربع) از تیمار ۶۰ تن در هکتار کود حیوانی و ۴۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار حاصل شد (جدول ۶). قابل ذکر است که کاربرد کود حیوانی به تنهایی در بالاترین سطح باعث افزایش پنج درصدی تعداد گل و کاربرد گوگرد به تنهایی باعث افزایش نیم درصدی تعداد گل و کاربرد این دو به صورت همزمان باعث افزایش ۱۳ درصدی تعداد گل گردیده است.

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مرتبط با گلدهی زعفران تحت تأثیر کود گوسفندی و گوگرد در سال اول و دوم

Table 3. Results of variance analysis (mean square) of traits related to saffron flowering under the influence of sheep manure and sulfur in the first and second years

وزن خشک کلاله Dry stigma weight	وزن تَر کلاله Fresh stigma weight	عملکرد خشک کلاله Dry stigma performance	عملکرد تَر کلاله Fresh stigma performance	وزن خشک خامه Dry style weight	وزن تَر خامه Fresh style weight	عملکرد تَر گل Flower performance	وزن تَر گل Fresh flower weight	تعداد گل Number of flowers	درجه آزادی df	منابع تغییرات Sources of variation	
7.64^{ns}	0.00014^{ns}	0.002^{ns}	0.011^{ns}	0.0017^{ns}	0.015**	31.97^{ns}	0.000071^{ns}	26.77^{ns}	2	تکرار Replication	سال اول First year
6.67**	0.00006**	0.028**	0.26**	0.002**	0.33**	87.30**	0.0001**	14.69^{ns}	3	کود گوسفندی Sheep manure	
5.85**	0.000083**	0.00041^{ns}	0.009^{ns}	0.0012*	0.0020^{ns}	33.32^{ns}	0.00048*	19.52^{ns}	2	گوگرد sulfur	
4.87**	0.000052**	0.02^{ns}	0.140^{ns}	0.0061^{ns}	0.15^{ns}	45.14^{ns}	0/000026*	10.86^{ns}	6	گوسفندی × گوگرد Sheep × sulfur	
9.09	0.000068	0/000008	0.005	0.0182	0.001	15.72	0/00021	10.35	-	خطا Error	
1.64	0.36	2.21	1.66	3.25	1.35	4.26	3.21	1.60	-	ضریب تغییرات C.V. (%) (٪)	
6.72^{ns}	0.0009^{ns}	0.000033^{ns}	0.00047^{ns}	0.0005^{ns}	0.019^{ns}	32.24^{ns}	0.0008^{ns}	1.027^{ns}	2	تکرار Replication	سال دوم Second year
7.62*	0.00025**	0.004691**	0.07734**	0.0007**	0.389**	94.28**	0.0001**	165.65**	3	کود گوسفندی Sheep manure	
5.62**	0.0006**	0.000100*	0.0022**	0.00051^{ns}	0.0040^{ns}	33.32*	0.000072^{ns}	4.52**	2	گوگرد sulfur	
5.86^{ns}	0.0004^{ns}	0.0075**	0.125**	0.0011^{ns}	0.251^{ns}	57.21*	0.00051^{ns}	275.935**	6	گوسفندی × گوگرد Sheep × sulfur	
8.09	0.000009	0.000018	0.0025	0.00003	0.0001	12.24	0.000020	0.270	-	خطا Error	
1.78	0.41	0.39	0.24	2.64	4.42	14.10	8.15	0.253	-	ضریب تغییرات C.V (٪) (٪)	

**، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و عدم معنی‌دار

**, * and ns are significant at the probability level of one percent, five percent and not significant, respectively.

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر ساده کود گوسفندی بر صفات مرتبط با گلدهی زعفران (سال اول و دوم)

Table 4. Comparison of the mean of simple effect of sheep manure on traits related to saffron flowering (first and second year)

وزن خشک کلاله (گرم) Dry stigma weight (g)	وزن تَر کلاله (گرم) Fresh stigma weight (g)	عملکرد خشک کلاله (گرم در متر مربع) Dry stigma performance (g. m^{-2})	عملکرد تَر کلاله (گرم در متر مربع) Fresh stigma performance (g. m^{-2})	وزن خشک خامه (گرم) Dry style weight (g)	وزن تَر خامه (گرم) Fresh style weight (g)	عملکرد تَر گل (گرم در متر مربع) Flower performance (g. m^{-2})	وزن تَر گل (گرم) Fresh flower weight (g)	تعداد گل در متر مربع Number of flowers per square meter	کود گوسفندی (تن در هکتار) Sheep manure (t. h^{-1})	
0.0054^{d}	0.0212^{d}	1.09^{c}	4.29^{d}	0.0014^{c}	0.0107^{d}	88.74^{b}	0.44^{b}	-	0	سال اول First year
0.0056^{c}	0.0221^{c}	1.13^{b}	4.46^{c}	0.0010^{b}	0.0119^{c}	96.30^{a}	0.47^{a}	-	20	
0.0059^{b}	0.0230^{b}	1.19^{a}	4.59^{b}	0.0011^{b}	0.0142^{b}	93.29^{a}	0.46^{a}	-	40	
0.0060^{a}	0.0239^{a}	1.21^{a}	4.69^{a}	0.0018^{a}	0.0191^{a}	93.10^{a}	0.46^{a}	-	60	
0.0054^{d}	0.0205^{d}	1.05^{d}	4.26^{d}	0.0013^{c}	0.015^{b}	89.30^{d}	0.440^{c}	199.88^{d}	0	سال دوم Second year
0.0056^{c}	0.0208^{c}	1.07^{c}	4.33^{c}	0.0016^{b}	0.015^{b}	90.75^{c}	0.452^{b}	203.11^{c}	20	
0.0059^{b}	0.0212^{b}	1.08^{b}	4.40^{b}	0.0017^{b}	0.018^{a}	92.91^{b}	0.454^{ab}	206.33^{b}	40	
0.0060^{a}	0.0219^{a}	1.10^{a}	4.48^{a}	0.0020^{a}	0.019^{a}	95.17^{a}	0.456^{a}	209.88^{a}	60	

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف آماری معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند.

In each column, means with the same letter are not different significantly at 5% probability level.

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر ساده گوگرد بر صفات مرتبط با گلدهی زعفران (سال اول و دوم)

Table 5. Comparison of the mean simple effect of sulfur on traits related to saffron flowering (first and second year)

وزن خشک کلاله (گرم) Dry stigma weight (g)	وزن تَر کلاله (گرم) Fresh stigma weight (g)	عملکرد خشک کلاله (گرم در متر مربع) Dry stigma performance (g. m^{-2})	عملکرد تَر کلاله (گرم در متر مربع) Fresh stigma performance (g. m^{-2})	وزن خشک خامه (گرم) Dry style weight (g)	عملکرد تَر گل (گرم در متر مربع) Flower performance (g. m^{-2})	وزن تَر گل (گرم) Fresh flower weight (g)	تعداد گل در متر مربع Number of flowers per square meter	گوگرد (کیلوگرم در هکتار) Sulfur (kg. ha^{-1})	
0.0038^{b}	0.0205^{c}	-	-	0.0016^{b}	-	0.45^{b}	-	0	سال اول First year
0.0058^{a}	0.0227^{a}	-	-	0.0018^{a}	-	0.46^{a}	-	200	
0.0052^{a}	0.0212^{b}	-	-	0.0019^{a}	-	0.47^{a}	-	400	
0.0039^{c}	0.0200^{c}	1.07^{b}	4.36^{b}	-	91.46^{c}	-	198.33^{c}	0	سال دوم Second year
0.0043^{b}	0.0216^{b}	1.07^{b}	4.36^{b}	-	92.11^{b}	-	204.58^{b}	200	
0.0055^{a}	0.0220^{a}	1.08^{a}	4.38^{a}	-	92.52^{a}	-	205.50^{a}	400	

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف آماری معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند.

In each column, means with the same letter are not different significantly at 5% probability level.

جدول ۶. مقایسه میانگین اثر متقابل کودهای مصرفی کود گوسفندی و گوگرد بر صفات مرتبط با گلدهی زعفران (سال اول و دوم)

Table 6. Comparison of the mean interaction of sheep and sulfur fertilizer on traits related to saffron flowering (first and second year)

وزن خشک کلاله در سال اول (گرم) Dry stigma weight in the first year (g)	وزن تَر کلاله در سال اول (گرم) Fresh stigma weight in the first year (g)	عملکرد خشک کلاله در سال دوم (گرم در متر مربع) Dry stigma performance in the second year (g. m^{-2})	عملکرد تَر کلاله در سال دوم (گرم در متر مربع) Fresh stigma performance in the second year (g. m^{-2})	عملکرد تَر گل در سال دوم (گرم در متر مربع) Flower performance in the second year (g. m^{-2})	وزن تَر گل در سال اول(گرم) Fresh flower weight in the first year (g)	تعداد گل در متر مربع در سال دوم Number of flowers per square meter in the second year	گوگرد (کیلوگرم در هکتار) Sulfur (kg. ha^{-1})	کود گوسفندی (تن در هکتار) Sheep manure (t. h^{-1})
0.0036^{e}	0.0200^{e}	1.020^{j}	4.12^{k}	85.06^{k}	0.410^{b}	193.33^{k}	0	
0.0050^{d}	0.0217^{c}	1.050^{h}	4.26^{h}	89.85^{h}	0.460^{ab}	199.66^{h}	200	0
0.0056^{c}	0.0219^{c}	1.090^{e}	4.41^{e}	93.00^{e}	0.460^{ab}	206.66^{f}	400	
0.0056^{c}	0.0209^{d}	1.123^{c}	4.55^{c}	96.00^{c}	0.477^{a}	213.33^{c}	0	
0.0053^{cd}	0.0214^{c}	1.026^{ij}	4.15^{j}	85.65^{j}	0.479^{a}	194.66^{j}	200	20
0.0050^{d}	0.0218^{c}	1.060^{g}	4.29^{g}	90.60^{g}	0.475^{a}	201.33^{g}	400	
0.0060^{b}	0.0213^{c}	1.093^{de}	4.42^{e}	93.30^{e}	0.464^{ab}	207.33^{e}	0	
0.0056^{c}	0.0233^{ab}	1.133^{b}	4.59^{c}	99.05^{b}	0.467^{ab}	215.33^{b}	200	40
0.0054^{cd}	0.0233^{ab}	1.033^{i}	4.19^{h}	86.38^{i}	0.464^{ab}	196.33^{i}	400	
0.0056^{c}	0.0220^{b}	1.073^{f}	4.34^{f}	91.50^{f}	0.461^{ab}	203.33^{f}	0	
0.0064^{a}	0.0241^{a}	1.100^{d}	4.45^{d}	93.90^{d}	0.455^{ab}	208.66^{d}	200	60
0.0064^{a}	0.0241^{a}	1.146^{a}	4.65^{a}	100.12^{a}	0.478^{a}	217.66^{a}	400	

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف آماری معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند.

In each column, means with the same letter are not different significantly at 5% probability level.

ملافیلابی و خرم‌دل (Mollafilabi & Khorramdel, 2016) بیان کردند که بیشترین تعداد گل زعفران برای کود دامی+ محلول‌پاشی با کود کامل با ۱۴۸/۳۳ گل در متر مربع به‌دست آمد و کمترین میزان به شاهد با ۵۷ گل در مترمربع اختصاص داشت. در پژوهشی دیگر تعداد گل تولیدی در گیاهانی که ۳۰ تن در هکتار کود حیوانی دریافت کرده و هر چهار هفته آبیاری شده بودند در بیشترین مقدار قرار داشت و به میزان ۵۰ درصد بیش از گیاهانی بود که تحت رژیم آبیاری دو هفته قرار داشته و کودی دریافت نکرده بودند. تأمین نیاز غذایی زعفران به‌واسطه افزایش میزان مواد آلی خاک از طریق مصرف کودهای آلی، علاوه بر عرضه تدریجی عناصر غذایی، موجب بهبود خواص فیزیکی خاک، توسعه بهتر سیستم ریشه‌ای و استفاده بهینه از رطوبت می‌شود. بر همین اساس، در خاک‌هایی که از نظر ماده آلی فقیر هستند، مصرف کود دامی مهمترین عامل در افزایش تولید زعفران تلقی می‌شود (Fallahi & Mahmoodi, 2018). علی‌پور میاندهی و همکاران (Alipoor Miandehi et al., 2014) نیز گزارش کردند که مصرف سطوح مختلف کود دامی و شیمیایی تأثیر معنی‌داری بر تعداد گل زعفران در واحد سطح داشت و با بکار بردن ۱۰۰٪ کود دامی و شیمیایی در مقایسه با عدم مصرف این کود ۸۸ درصد افزایش در تعداد گل زعفران مشاهده شد.

متوسط وزن تر گل و عملکرد تَر گل :مطابق با نتایج اثرات ساده و متقابل کودهای گوسفندی و گوگرد بر متوسط وزن تَر گل زعفران در سال اول معنی‌دار گردید (جدول ۳). با بررسی نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها معلوم شد که کمترین متوسط وزن تَر گل در تیمار شاهد (عدم مصرف کود گوسفندی و گوگرد) و بیشترین آن در تیمار مصرف ۲۰ تن در هکتار کود گوسفندی و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد حاصل شد (جدول ۶). عملکرد تر گل نیز در سال اول تنها تحت تأثیر معنی‌دار مصرف کود گوسفندی واقع شد، امّا برای اثر ساده گوگرد و اثر متقابل این دو عامل تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید (جدول ۳). مقایسه میانگین صفات نشان داد که، بیشترین عملکرد تر گل با مصرف ۲۰ تن در هکتار کود گوسفندی به دست آمد که از لحاظ آماری با تیمارهای ۴۰ و ۶۰ تن در هکتار اختلاف معنی‌داری نداشتند وکمترین مقدار این صفت در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۴).

در خصوص صفات مورد بحث نتایج حاصله بیانگر این مهم می‌باشد که کاربرد کود گوسفندی بر متوسط وزن و عملکرد تر گل در سطح احتمال یک درصد و کاربرد گوگرد نیز تنها برای عملکرد تر گل در سطح احتمال پنج درصد در سال دوم معنی‌دار شده است (جدول ۳). قابل ذکر است که کاربرد همزمان دو کود تأثیر معنی‌داری برصفت عملکرد تر گل داشت. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین متوسط وزن و عملکرد تر گل به‌ترتیب ۰/۴۵ گرم و ۹۵/۱۷ گرم در متر مربع با کاربرد ۶۰ تن در هکتار کود گوسفندی و کمترین مقدار نیز مربوط به شاهد با مقادیر ۰/۴۴ گرم و ۸۹/۳۰ گرم در متر مربع بوده است، لازم به ذکر است که بین سطوح ۶۰ و ۴۰ تن در هکتار برای صفت متوسط وزن تَر گل اختلاف معنی‌داری مشاهده نشده است (جدول ۴). با بررسی جدول (۵) اثر ساده کود گوگرد بر روی صفت عملکرد گل نشان داد که بیشترین مقدار ۹۲/۵۲ گرم در متر مربع از سطح ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین مقدار از سطح شاهد با مقدار ۹۱/۴۶ گرم در متر مربع به‌دست آمد. اثرات متقابل نیز برای صفت عملکرد تر گل بهترین نتیجه را با کاربرد همزمان ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد و ۶۰ تن در هکتار کود گوسفندی (۱۰۰/۱۲ گرم در متر مربع) و کمترین مقدار نیز در سطح شاهد (۸۵/۰۶ گرم در متر مربع) به‌دست آمد (جدول ۶).

در تحقیقی که علی‌پور میاندهی و همکارانش (Alipoor Miandehi et al., 2014) انجام داده بودند تأثیر کود دامی و شیمیایی بر وزن گل تازه زعفران معنی‌دار بود و حداکثر وزن تازه گل از تیمار مصرف ۱۰۰٪ کود دامی و شیمیایی و حداقل وزن گل تازه از تیمار شاهد بدست آمد. رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2013) نیز افزایش عملکرد تَر گل زعفران را در نتیجه افزایش سطوح کود دامی گزارش کردند. در مطالعه‌ای بیشترین وزن تر گل به‌میزان ۳۰۹ گرم بر متر مربع در تیمار نانوکامپوزیت بیوارگانیک مشاهده شد که در مقایسه با شاهد به‌ترتیب به‌میزان ۲۷ درصد افزایش نشان داد (Avishi et al., 2020). نتایج حاصل از مقایسه تیمارهای کود آلی نیز نشان داد که کاربرد کود آلی به همراه پوشش مالچ تاثیر مثبت در وزن تر گل داشت. کمترین عملکرد گل در تیمار شاهد و

بیشترین عملکرد گل در تیمارهای ورمی کمپوست + مالچ سیاه، مرغی+ مالچ سیاه و دامی+ مالچ سیاه مشاهده شد (Vojodi Mehrabani et al., 2017).

متوسط وزن تَر و خشک خامه :نتایج حاصل از داده‌ها نشان داد که، اثر ساده کود گوسفندی بر متوسط وزن تَر خامه در سال اول معنی‌دار شد و این صفت تحت تأثیر اثر ساده گوگرد و اثر متقابل این دو فاکتور قرار نگرفت (جدول ۳).. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کمترین وزن تَر خامه در تیمار شاهد و بیشترین آن در تیمار ۶۰ تن در هکتار کود گوسفندی به‌دست آمد (جدول ۴). مصرف کود گوسفندی و گوگرد تأثیر معنی-داری بر متوسط وزن خشک خامه در سال اول داشتند، امّا اثر متقابل این دو عامل بر صفت مذکور غیر معنی‌دار بود. بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴)، بیشترین وزن خشک خامه از تیمار ۶۰ تن در هکتار کود گوسفندی حاصل شد که با تیمار ۴۰ تن در هکتار اختلاف معنی‌دار آماری نداشت و کمترین این صفت در تیمار شاهد مشاهده شد. همچنین، با مصرف ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد بیشترین وزن خشک خامه به-دست آمد که با تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اختلاف معنی‌دار آماری نداشت و کمترین مقدار این صفت مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۵).

مطابق با نتایج تجزیه واریانس تنها کاربرد کود گوسفندی بر متوسط وزن تَر و خشک خامه زعفران در سال دوم معنی‌دار گردید (جدول ۳). بررسی نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که برای صفت متوسط وزن تَر خامه بیشترین مقدار (۰/۰۱۹ گرم) در سطح بالای کود گوسفندی (۶۰ تن در هکتار) بدست آمد که البته تفاوت معنی‌داری با سطح ۴۰ تن در هکتار نداشت و کمترین مقدار در سطح شاهد و ۲۰ تن در هکتار کود گوسفندی (۰/۰۱۵ گرم) مشاهده شد. در مورد صفت متوسط وزن خشک خامه نیز بیشترین مقدار در سطح ۶۰ تن در هکتار با مقدار ۰/۰۰۲۰ گرم و کمترین مقدار نیز در سطح شاهد ۰/۰۰۱۳گرم مشاهده شد و بین دو سطح ۲۰ و ۴۰ تن در هکتار نیز تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴).

بر اساس نتایج خرم‌دل و همکاران (Khorramdel et al., 2019) با افزایش میزان مصرف کود دامی تا ۴۰ تن در هکتار و افزایش وزن پیاز تا ۲۰ تن در هکتار وزن خشک خامه افزایش یافت. علی‌پور میاندهی و همکاران (Alipoor Miandehi et al., 2014) گزارش کردند که مصرف کود دامی و شیمیایی باعث افزایش معنی‌داری در وزن کلاله و خامه زعفران شد به گونه‌ای که در تیمار مصرف ۱۰۰٪ کود دامی و شیمیایی نسبت به عدم مصرف این کود وزن کلاله و خامه ۱۲۲٪ افزایش یافت. نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای موردمطالعه شریعتمداری و همکاران (Shariatmadari et al., 2018) بر ویژگی‌های گل زعفران نشان داد بیشترین و کمترین وزن خشک خامه (به‌ترتیب ۰/۴۰۵ و ۰/۱۶۹ گرم در مترمربع) در نتیجه مصرف کود مرغی + عدم مصرف کود شیمیایی و تیمار شاهد + مصرف کودشیمیایی حاصل شد.

عملکرد تَر و خشک کلاله: نتایج ارائه شده حاکی از تأثیر معنی‌دار اثر ساده کود گوسفندی در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد تَر و خشک کلاله زعفران در سال اول است. امّا، کود گوگرد و اثر متقابل آن‌ها تأثیر معنی-داری بر صفات مذکور نداشت (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد تَر و خشک کلاله (به‌ترتیب، ۴/۶۹ و ۱/۲۱ گرم در متر مربع) از تیمار ۶۰ تن در هکتار کود گوسفندی و کمترین عملکرد تَر و خشک کلاله (به‌ترتیب، ۴/۲۹ و ۱/۰۹ گرم در متر مربع) در تیمار شاهد (عدم مصرف کود گوسفندی) حاصل شد (جدول ۴).

با مشاهده نتایج حاصل اثرات ساده و متقابل کاربرد کود گوسفندی و گوگرد بر عملکرد کلاله زعفران در سال دوم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). در مورد اثر ساده کود گوسفندی، کمترین عملکرد تَر و خشک کلاله از تیمار شاهد به‌ترتیب با میزان ۴/۲۶ و ۱/۰۵ گرم در متر مربع و بیشترین آن در سطح ۶۰ تن در هکتار و به‌ترتیب با میزان ۴/۴۸ و ۱/۱۰ گرم در متر مربع می‌باشد (جدول ۴). همچنین، بیشترین عملکرد تَر و خشک کلاله زعفران در تیمار ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد با مقادیر ۴/۳۸ و ۱/۰۸ گرم در متر مربع و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد با مقادیر ۴/۳۶ و ۱/۰۷ گرم در متر مربع می‌باشد (جدول ۵). نتایج اثرات متقابل نیز برای عملکرد تَر و خشک کلاله به خوبی نشان می‌دهد

که بیشترین آن در سطح ۴۰۰ کیلوگرم در هکتارگوگرد و ۶۰ تن در هکتار کود گوسفندی مشاهده شده که مقدار آن ۴/۶۵ و ۱/۱۴ گرم در متر مربع و کمترین مقدار در سطح شاهد با مقدار ۴/۱۲ و ۱/۰۲ گرم در متر مربع حاصل شد (جدول ۶). نتایج بیانگر این می‌باشد که هر کدام از عناصر به تنهایی با توجه به زمان کم تأثیر شایانی نداشته است ولی دو نوع کود در کنار یکدیگر توانسته است تأثیر قابل قبولی در مدت زمان کم بگذارند.

طبق نتایج سال دوم آزمایش کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2014)، کاربرد کودهای دامی و شیمیایی منجر به افزایش معنی‌دار تعداد گل، عملکرد تَر گل و عملکرد خشک کلاله زعفران شد. مصرف کود دامی با افزایش ماده آلی، محتوی ذخیره رطوبتی و بهبود فراهمی و جذب عناصر غذایی ضروری و ریز مغذی در خاک (Sana et al., 2013) از طریق افزایش تعداد گل، موجب افزایش وزن تَر گل و وزن خشک کلاله گردیده است. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2016) در آزمایشی که بر روی اثر اسیدهیومیک بر رشد و عملکرد زعفران انجام دادند گزارش کردند که استفاده از سطوح مختلف اسیدهیومیک بر بهبود شاخص‌های رشد و عملکرد زعفران اثرات مثبتی داشت و در تیمار کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اسیدهیومیک، مقدار عملکرد کلاله خشک بیشتر از تیمار عدم مصرف اسید هیومیک بود. در پژوهشی تأمین ۵۰ درصد نیاز کود شیمیایی همراه با مصرف تلفیقی کودهای زیستی (ازتوباکتر، سودوموناس آیروژینوس و باسیلوس سوبتیلیس) باعث افزایش ۵۷ درصدی عملکرد خشک کلاله و خامه نسبت به شاهد گردید (Aalizadeh et al., 2018).

متوسط وزن تَر و خشک کلاله: نتایج نشان داد، که اثرات ساده و متقابل کود گوسفندی و گوگرد در سطح احتمال یک درصد بر متوسط وزن تَر و خشک کلاله در سال اول معنی‌دار بوده است (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین وزن تَر و خشک کلاله از مصرف ۶۰ تن در هکتار کود گوسفندی و ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد به‌دست آمد که از لحاظ آماری با تیمار ۶۰ تن در هکتار و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اختلاف معنی‌داری نداشت و کمترین مقدار این صفات در تیمار عدم مصرف کود گوسفندی و گوگرد (شاهد) به‌دست آمد (جدول ۶).

مصرف کود گوسفندی و گوگرد، تأثیر معنی‌داری بر متوسط وزن تَر و خشک کلاله زعفران در سال دوم داشتند، امّا اثر متقابل این دو عامل بر صفات مذکور غیر معنی‌دار بود (جدول ۳). بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴)، بیشترین وزن تَر و خشک کلاله (به‌ترتیب، ۰/۰۲۱ و ۰/۰۰۶ گرم) با مصرف ۶۰ تن در هکتار کود گوسفندی به‌دست آمد و کمترین وزن تَر و خشک کلاله (به‌ترتیب، ۰/۰۲۰ و ۰/۰۰۵ گرم) در تیمار شاهد مشاهده گردید. با توجه به نتایج مقایسه میانگین اثر ساده کود گوگرد مشاهده شد که با مصرف ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد بالاترین وزن تَر و خشک کلاله (به‌ترتیب، ۰/۰۲۲ و ۰/۰۰۵۵ گرم) به دست آمد و کمترین وزن تَر و خشک کلاله (به‌ترتیب، ۰/۰۲۰ و ۰/۰۰۳۹ گرم) در تیمار شاهد مشاهده گردید (جدول ۵). ملافیلابی و خرم‌دل (Mollafilabi & Khorramdel, 2016) گزارش کردند که اثر کود دامی و محلول‌پاشی با کود اوره بر وزن خشک کلاله زعفران معنی‌دار بود. در ارتباط با نقش مؤثر کودهای دامی، رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2010) بهبود عملکرد خشک گل و کلاله زعفران را در نتیجه افزایش سطح کود دامی گزارش نمودند. مصرف کود دامی با افزایش ماده آلی، محتوی ذخیره رطوبتی و بهبود فراهمی و جذب عناصر غذایی ضروری و ریزمغذی در خاک (Sana., 2013) از طریق افزایش تعداد گل موجب افزایش وزن تر گل و وزن خشک کلاله گردیده است (Mollafilabi & Khorramdel, 2016). شهریاری و همکاران (Shahriary et al., 2018) گزارش کردند که اثر متقابل کود شیمیایی با هر یک از فاکتورهای ورمی‌کمپوست، اسیدهیومیک و محلول‌پاشی آهن معنی‌دار بود و موجب بهبود وزن خشک کلاله در واحد سطح گردید و وزن خشک کلاله را در مقایسه با شاهد به ترتیب به میزان ۳/۳، ۳/۱ و ۲/۷ درصد افزایش داد. اثر متقابل ۳ گانه اسیدهیومیک، ورمی‌کمپوست و کودشیمیایی بر وزن خشک کلاله در واحد سطح معنی‌دار بود به‌طوی که بالاترین سطح کود شیمیایی (NPK) (۶۰-۳۰-۶۰) به همراه ورمی‌کمپوست و اسیدهیومیک بالاترین وزن خشک کلاله (۱/۴ گرم در متر مربع) را ایجاد کرد. اثر متقابل چهارگانه شامل سال، ورمی‌کمپوست، کود شیمیایی NPK و محلول‌پاشی آهن بر وزن خشک گل و همچنین

وزن تر و خشک کلاله معنی‌دار بود، به‌طوری‌که وزن خشک کلاله در مقایسه با شاهد بهبود یافت. مرادی و همکاران (Moradi et al., 2022) گزارش کردند در سال دوم، تیمار ۱۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم و ۴۰ تن کود گاوی در هکتار دارای بیشترین وزن خشک کلاله (۰/۴۸۶ گرم در متر مربع) بود که منجر به افزایش ۵۳ درصدی این تیمار نسبت به تیمار عدم مصرف سولفات پتاسیم و ۵ تن کود مرغی گوشتی در هکتار شد. بیشترین و کمترین وزن خشک کلاله در سال سوم به‌ترتیب در تیمارهای ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و مصرف ۱۰ تن در هکتار کود مرغی گوشتی (۱/۶۰۷ گرم در متر مربع) و شاهد عدم مصرف سولفات پتاسیم و کود دامی (۰/۸۲ گرم در متر مربع) به‌دست آمد و تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و مصرف ۱۰ تن در هکتار کود مرغی گوشتی منجر به افر ایش ۴۸ درصدی وزن خشک کلاله نسبت به تیمار شاهد شد.

صفات مرتبط با رشد رویشی زعفران

متوسط طول برگ: نتایج نشان دادکه طول برگ در سال اول و دوم تحت تأثیر اثرات ساده کود گوسفندی و گوگرد قرار گرفت (جدول ۷). با توجه به نتایج مقایسه میانگین در سال اول، کاربرد ۶۰ تن در هکتار کود گوسفندی منجر به بیشترین طول برگ زعفران شد و کمترین این صفت در تیمار شاهد مشاهده شدند (جدول ۸). در رابطه با مصرف کود گوگرد نیز بیشترین طول برگ در تیمار ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین مقادیر این صفت در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۹). نتایج مقایسه میانگین‌ها در سال دوم نشان داد که، در تیمار ۶۰ تن در هکتار کود گوسفندی بیش‌ترین متوسط طول برگ (۶۱/۶۵ سانتی‌متر) و کم‌ترین آن (۴۲/۷۳ سانتی-متر) در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۱۰). نتایج مقایسه میانگین اثر ساده کود گوگرد برای صفت طول برگ نشان داد که بیشترین مقدار در تیمار ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار (۶۰/۸۲ سانتی‌متر) و کمترین مقدار (۴۳/۸۳ سانتی‌متر) در تیمار شاهد حاصل شد (جدول ۱۰).

جدول ۷. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مرتبط با برگ زعفران تحت تأثیر کود گوسفندی و گوگرد در سال اول و دوم

Table 7. Results of variance analysis (mean square) of saffron leaf-related traits under the influence of sheep manure and sulfur in the first and second years

	منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی df	طول برگ Leaf length	تعداد برگ Number of leaves	وزن تَر برگ Fresh leaf weight	وزن خشک برگ Dry leaf weight
سال اول First year	تکرار Replication	2	19.01^{ns}	0.083^{ns}	0.012^{ns}	0.00075^{ns}
	کود گوسفندی Sheep manure	3	418.30^{**}	3.185^{ns}	0.259^{**}	0.0202^{**}
	گوگرد sulfur	2	159.94^{**}	15.25^{**}	0.088^{**}	0.0028^{**}
	گوسفندی Sheep × گوگرد × sulfur	6	6.68^{ns}	0.87^{ns}	0.010^{ns}	0.0014^{*}
	خطا Error	-	6.69	1.204	0.0066	0.00045
	ضریب تغییرات (٪) C.V. (%)	-	5.55	6.85	11.35	11.36
سال دوم Second year	تکرار Replication	2	1.633^{ns}	0.553^{ns}	1.312^{ns}	0.015^{ns}
	کود گوسفندی Sheep manure	3	20.600^{**}	18.185^{**}	8.219^{**}	0.122^{**}
	گوگرد sulfur	2	9.516^{**}	18.65^{**}	6.478^{**}	0.268^{**}
	گوسفندی Sheep × گوگرد × sulfur	6	5.342^{ns}	11.897^{ns}	3.650^{**}	0.034^{*}
	خطا Error	-	2.06	0.814	0.466	0.011
	ضریب تغییرات (٪) C.V . (٪)	-	5.83	9.15	11.95	8.36

**، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و عدم معنی‌دار

**, * and ns are significant at the probability level of one percent, five percent and not significant, respectively.

تیموری و همکاران (Teimori et al., 2013) مشاهده کردند بیشترین میانگین طول برگ‌ها در تیمار کود گاوی به میزان ۴۰/۶ سانتی‌متر و کمترین مقدار مربوط به تیمار کود کمپوست بود. در پژوهشی بین تیمارهای مقادیر مختلف کود نیتروژن مشاهده گردید مصرف کود نیتروژن باعث افزایش معنی‌دار طول برگ گیاه زعفران نسبت به شاهد می‌گردد، به طوری‌که مصرف ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به ترتیب سبب افزایش ۲۸/۴۸ و ۲۰/۴۵ درصدی طول برگ در مقایسه با تیمار عدم مصرف کود می‌شود. همچنین بین تیمار مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن با ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده شد (Tavassoli et al., 2020).

تعداد برگ: نتایج نشان داد که تنها مصرف گوگرد بر تعداد برگ زعفران در سال اول معنی‌دار بود و این صفت تحت تأثیر کود گوسفندی و اثر متقابل این دو فاکتور قرار نگرفت (جدول ۷). با مصرف ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد بیشترین تعداد برگ به دست آمد و صفت مذکور در تیمار شاهد در کمترین میزان بود (جدول ۹).

جدول ۸. مقایسه میانگین اثر کود گوسفندی بر خصوصیات برگ زعفران در سال اول و دوم

Table 8. Comparison of the mean effect of sheep manure on saffron leaf characteristics in the first and second year

	کود گوسفندی (تن در هکتار) Sheep manure (t. h^{-1})	طول برگ (سانتی‌متر) Leaf length (cm)	تعداد برگ (در بوته) Number of leaves (per plant)	وزن تَر برگ (گرم در بوته) Fresh leaf weight (g. plant^{-1})	وزن خشک برگ (گرم در بوته) Dry leaf weight (g. plant^{-1})
سال اول First year	0	39.74^{d}	-	0.50^{d}	0.13^{d}
	20	42.75^{c}	-	0.63^{c}	0.16^{c}
	40	48.75^{b}	-	0.77^{b}	0.20^{b}
	60	55.14^{a}	-	0.92^{a}	0.24^{a}
سال دوم Second year	0	42.73^{c}	14.25^{d}	0.43^{d}	0.155^{d}
	20	49.92^{b}	16.59^{c}	0.57^{c}	0.248^{c}
	40	51.40^{b}	18.40^{a}	0.63^{b}	0.262^{b}
	60	61.65^{a}	18.14^{b}	0.96^{a}	0.292^{a}

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف آماری معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند.

In each column, means with the same letter are not different significantly at 5% probability level.

جدول ۹. مقایسه میانگین اثر ساده گوگرد بر خصوصیات برگ زعفران در سال اول و دوم

Table 9. Comparison of the mean simple effect of sulfur on saffron leaf characteristics in the first and second year

	گوگرد (کیلوگرم در هکتار) Sulfur (kg. ha^{-1})	**طول برگ (سانتی‌متر) Leaf length (cm)**	**تعداد برگ (در بوته) Number of leaves (per plant)**	**وزن تَر برگ (گرم در بوته) Fresh leaf weight (g. plant^{-1})**	**وزن خشک برگ (گرم در بوته) Dry leaf weight (g. plant^{-1})**
سال اول First year	0	42.58^{c}	14.83^{c}	0.61^{b}	0.17^{b}
	200	47.50^{b}	16.08^{b}	0.73^{a}	0.19^{a}
	400	49.71^{a}	17.08^{a}	0.80^{a}	0.19^{a}
سال دوم Second year	0	43.83^{c}	15.52^{b}	0.521^{b}	0.155^{b}
	200	47.42^{b}	16.53^{b}	0.812^{a}	0.299^{a}
	400	60.82^{a}	18.38^{a}	0.736^{a}	0.285^{a}

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف آماری معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند.

In each column, means with the same letter are not different significantly at 5% probability level.

جدول ۱۰. مقایسه میانگین اثر متقابل کود گوسفندی و گوگرد بر وزن تَر برگ زعفران در سال اول و دوم

Table 10. Comparison of the mean interaction of sheep and sulfur fertilizer on the fresh weight of saffron leaves in the first and second year

کود گوسفندی (تن در هکتار) Sheep manure (t. h^{-1})	گوگرد (کیلوگرم در هکتار) Sulfur (kg. ha^{-1})	وزن خشک برگ در سال اول (گرم در بوته) Dry leaf weight in the second year (g. $plant^{-1}$)	وزن تَر برگ در سال دوم (گرم در بوته) Fresh leaf weight in the second year (g. $plant^{-1}$)	وزن خشک برگ در سال دوم (گرم در بوته) Dry leaf weight in the second year (g. $plant^{-1}$)
	0	0.113^{f}	0.43^{ij}	0.130^{g}
0	200	0.173^{de}	0.49^{hi}	0.227^{f}
	400	0.120^{f}	0.51^{ghi}	0.229^{ef}
	0	0.160^{e}	0.56^{fg}	0.239^{cd}
20	200	0.176^{de}	0.66^{de}	0.241^{cd}
	400	0.170^{de}	0.54^{gh}	0.236^{de}
	0	0.190^{dec}	0.61^{ef}	0.239^{cd}
40	200	0.210^{dbc}	0.60^{ef}	0.230^{ef}
	400	0.206^{dbc}	0.69^{bcd}	0.240^{cd}
	0	0.220^{bc}	0.72^{b}	0.243^{c}
60	200	0.236^{b}	0.93^{a}	0.254^{b}
	400	0.283^{a}	0.97^{a}	0.297^{a}

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف آماری معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند.

In each column, means with the same letter are not different significantly at 5% probability level.

نتایج به دست آمده نشان داد که اثر ساده کود گوسفندی و کود گوگرد بر تعداد برگ زعفران در سال دوم معنی‌دار بود ولی اثرات متقابل آن‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۷). با توجه به نتایج جدول مقایسه میانگین‌ها، بیش‌ترین تعداد برگ (۱۸/۴۰ در بوته) در سطح ۴۰ تن در هکتار کود گوسفندی و کمترین مقدار (۱۴/۲۵ در بوته) در سطح شاهد به‌دست آمد و با اعمال تیمار ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد بیشترین تعداد برگ به‌دست آمد و کمترین این صفت در تیمار شاهد مشاهده شد که با سطح ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد اختلاف معنی‌دار آماری نداشت (جدول ۸ و ۹).

نقدی بادی و همکاران (Naghdi Badi et al., 2011) نیز اعلام کردند که تعداد برگ زعفران تحت تأثیر مصرف کود شیمیایی و آلی افزایش یافت. نتایج تحقیقات رحیم‌پور و فلاح (Rahimpoor & Fallah, 2018) نشان داد که تیمار کود مرغی بر اساس نیاز نیتروژنی گیاه در برداشت‌های ۱ و ۲ به‌ترتیب با میانگین ۵۲/۳ و ۱۲۵ بیشترین تعداد برگ در بوته را تولید کرد، نتایج مقایسات میانگین برداشت دوم بیان می‌کند که بین تیمارهای کود مرغی بر اساس نیاز نیتروژنی گیاه و کود مرغی بر اساس نیاز فسفری گیاه اختلاف معنی‌داری در میانگین تعداد برگ وجود نداشت. کمترین تعداد برگ تولیدی در براشت اول مربوط به تیمارهای کود شیمیایی و در برداشت دوم مربوط به تیمار نیتروژن + فسفر + گوگرد بود.

متوسط وزن تَر و خشک برگ: نتایج جدول نشان داد که وزن تَر و خشک برگ در سال اول تحت تأثیر اثرات ساده کود گوسفندی و گوگرد قرار گرفت و وزن خشک برگ تنها تحت تأثیر اثر متقابل این دو کود قرار گرفت (جدول ۷). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که، کمترین وزن تَر و خشک برگ زعفران در تیمار شاهد و بیشترین وزن تَر و خشک برگ در تیمار ۶۰ تن در هکتارکود گوسفندی به‌دست آمد (جدول ۸). بیشترین وزن تَر و خشک برگ زعفران با اعمال تیمار ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد حاصل شد که با سطح ۲۰۰

کیلوگرم در هکتار گوگرد اختلاف معنی‌دار آماری نداشت و کمترین وزن تَر و خشک برگ در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۹). در خصوص اثر متقابل تیمارها بر صفت وزن خشک برگ زعفران، بیشترین مقدار این صفت با اعمال تیمار ۶۰ تن در هکتار کود گوسفندی و ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد به‌دست آمد و کمترین وزن خشک برگ زعفران در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۱۰).

نتایج سال دوم تأثیر معنی‌دار هر دو کود گوگرد و گوسفندی و اثر متقابل این دو عامل بر وزن تَر و خشک برگ زعفران را نشان می‌دهد (جدول ۷). با توجه به جدول مقایسه میانگین، حداکثر وزن تَر و خشک برگ در تیمار گوسفندی (به‌ترتیب، ۰/۹۶ و ۰/۲۹۲گرم در بوته) از مصرف ۶۰ تن در هکتار و در تیمار گوگرد (به‌ترتیب، ۰/۸۱۲ و ۰/۲۹۹ گرم در بوته) در سطح ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و کم‌ترین آن‌ها به‌ترتیب، ۰/۴۳ و ۰/۱۵۵ گرم در تیمار عدم مصرف کود گوسفندی و ۰/۵۲۱ و ۰/۱۵۵ گرم در بوته با عدم مصرف کود گوگرد به دست آمد (جدول ۸ و ۹). اثرات متقابل نیز بیانگر بیشترین وزن تَر و خشک برگ زعفران در سطح ۶۰ تن در هکتار کود گوسفندی و ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد (به‌ترتیب، ۰/۹۷ و ۰/۲۹۷ گرم در بوته) و کمترین آن در سطح شاهد (به‌ترتیب، ۰/۴۳ و ۰/۱۳۰ گرم در بوته) بود (جدول ۱۰).

محققین افزایش تولید ماده خشک گلرنگ در نتیجه مصرف گوگرد را به افزایش رشد ریشه، تشکیل کلروفیل و افزایش در فتوسنتز نسبت داده‌اند (Ravi et al., 2010). بنابراین به نظر می‌رسد با تأمین گوگرد مورد نیاز فتوسنتز در گیاه افزایش در نتیجه وزن تَر و خشک برگ زعفران افزایش یافته است. رحیم‌پور و فلاح (Rahimpoor & Fallah, 2018) گزارش کردند که تیمار کودی نیتروژن + فسفر + گوگرد در مجموع پایین‌ترین وزن تر برگ را داشت. نتایج حاکی از آن است که تیمار کود مرغی بر اساس نیاز نیتروژنی گیاه بهترین تیمار کودی برای وزن تر برگ ریحان بود. عالی‌زاده و همکاران (Alizadeh et al., 2024) نشان دادند که کاربرد تلفیقی کودهای زیستی، وزن خشک برگ زعفران را ۷۶ درصد نسبت به شاهد افزایش داد.

صفات بنه: نتایج حاصل از اثر کاربرد دو تا کود گوسفندی و گوگرد بر روی صفات بنه زعفران در سال اول نشان می‌دهد که تنها صفات تعداد کل بنه، میانگین تعداد جوانه دارای پتانسیل گلدهی، وزن کل بنه و میانگین وزن بنه دختری اصلی برای فاکتور کود گوسفندی معنی‌دار شد و برای فاکتور کود گوگرد تنها صفات تعداد کل بنه و وزن کل بنه معنی‌دار شد و سایر صفات در سال اول برای این دو کود مصرفی معنی‌دار نبود (جدول ۱۱). با بررسی جدول ۱۲ برای اثرات ساده کود گوسفندی برای صفت تعداد کل بنه بیشترین مقدار برای این صفت در زمان به کار بردن ۶۰ تن در هکتار کود گوسفندی (۴۴۴ در متر مربع) و کمترین این مقدار (۲۹۷/۵ در متر مربع) در سطح شاهد، و برای صفت وزن کل بنه نیز بیشترین مقدار (۴۷۱۷ گرم در متر مربع) در تیمار ۶۰ تن در هکتار و کمترین مقدار (۲۳۷۳ گرم در متر مربع) در سطح شاهد بدست آمد. برای صفت میانگین تعداد جوانه دارای پتانسیل گلدهی بیشترین مقدار (۱/۹۱) با مصرف ۴۰ تن در هکتار که اختلاف معنی‌داری با سطح ۶۰ تن در هکتار نداشت و کمترین میزان (۱/۱۸) در سطح شاهد بود. برای صفت میانگین وزن بنه دختری اصلی نیز بیشترین مقدار (۲۲/۳۷ گرم) در سطح ۶۰ تن در هکتار که اختلاف معنی‌داری با سطح ۴۰ تن در هکتار نداشت و کمترین میزان (۱۸/۱۹ گرم) در سطح شاهد بود (جدول ۱۲). برای اثرات ساده کود گوگرد نیز نتایج نشان داد که بهترین تیمار برای صفات تعداد کل بنه و وزن کل بنه مربوط به سطح ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد است (به‌ترتیب، ۴۳۱ در متر مربع و ۴۶۵۹ گرم در متر مربع) و کمترین میزان برای صفت تعداد کل بنه (۲۹۹ در متر مربع) در سطح ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و برای صفت وزن کل بنه در سطح شاهد مشاهده شد (جدول ۱۳).

با مشاهده نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر کاربرد دو نوع کود گوسفندی و گوگرد بر صفات بنه زعفران در سال دوم می‌توان یافت که اثر این دو نوع کود در سال دوم برای کود گوسفندی تنها بر روی صفات تعداد کل بنه، وزن کل بنه، میانگین وزن هر بنه، تعداد بنه ۳-۰گرم، وزن بنه بیشتر از ۱۲ گرم، میانگین تعداد جوانه دارای پتانسیل گلدهی و میانگین وزن بنه دختری اصلی معنی‌دار است و بر روی صفات دیگر معنی‌دار نبود (جدول ۱۱). در صورت فراهمی یا عدم فراهمی عناصر غذایی در خاک، درصد مشخصی از بنه‌های دختری (حدود ۷۰ درصد) در

سال‌های ابتدای رشد دارای وزنی کمتر از چهار گرم می‌باشند (Rezvani Moghaddam et al., 2013). با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، به نظر می‌رسد که بنه‌های بزرگ‌تر در سال اول کشت توانسته‌اند در سال دوم، تعداد بیشتری بنه بزرگ تولید کنند. از سوی دیگر، بنه‌های کوچک‌تر در سال اول قادر بوده‌اند بنه‌هایی با وزنی بیشتر از وزن بنه مادری تولید کنند. تعداد زیادتر بنه دختری تولید شده توسط بنه‌های مادری بزرگتر احتمالاً به دلیل کمبود مواد غذایی نتوانستند به پتانسیل رشدی وزنی رسیده امّا تعداد کمتری از بنه دختری تولید شده توسط بنه‌های مادری کوچکتر رقابت کمتری برای بهره‌گیری از منابع غذایی داشته‌اند.

جدول ۱۱. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مرتبط با بنه زعفران تحت تأثیر کود گوسفندی و گوگرد در سال اول و دوم

Table 11. Results of variance analysis (mean square) of saffron corm-related traits under the influence of sheep manure and sulfur in the first and second years

میانگین وزن بنه دختری اصلی Mean weight of the original girl corms	وزن بنه بیشتر از ۱۲ گرم Corms weight more than 12 gr	میانگین وزن هر بنه Mean weight of each corm	وزن کل بنه Total weight of corms	میانگین تعداد جوانه دارای پتانسیل گلدهی در هر بنه Mean number of buds with flowering potential in each corm	تعداد بنه ۳-۰ گرم Number of corms 0-3 g	تعداد کل بنه Total number of corms	درجه آزادی df	منابع تغییرات Sources of variation	
2.015^{ns}	130.186*	0.056^{ns}	0.212^{ns}	0.084^{ns}	0.361^{ns}	0.194^{ns}	2	تکرار Replication	سال اول First year
197.291**	3311.191^{ns}	6.944^{ns}	6629.275**	1.011**	12.546^{ns}	76.222**	3	کود گوسفندی Sheep manure	
45.231^{ns}	1080.986^{ns}	0.491^{ns}	701.365**	0.121^{ns}	0.361^{ns}	6.027**	2	گوگرد sulfur	
10.915^{ns}	217.161^{ns}	0.858^{ns}	238.408^{ns}	0.202^{ns}	1.768^{ns}	2.027**	6	گوسفندی × گوگرد Sheep × sulfur	
2.228	36.066	0.444	3.146	0.0413	0.452	0.315	-	خطا Error	
8.704	16.70	8.92	2.985	10.53	18.19	7.223	-	ضریب تغییرات (٪) C.V. (%)	
42.5^{ns}	121.13^{ns}	0.728^{ns}	4.892^{ns}	0.75^{ns}	0.421^{ns}	0.175^{ns}	2	تکرار Replication	سال دوم Second year
78.281**	83.61**	8.824**	589.20**	1.131**	17.26**	96.2**	3	کود گوسفندی Sheep manure	
85.41**	72.116**	7.1^{ns}	791.68**	0.481^{ns}	3.31^{ns}	8.37**	2	گوگرد sulfur	
20.895**	47.11^{ns}	1.68^{ns}	148.8^{ns}	0.402^{ns}	5.28^{ns}	8.12^{ns}	6	گوسفندی × گوگرد Sheep × sulfur	
21.28	16.14	2.14	3.19	0.123	3.2	1.5	-	خطا Error	
81.07	32.175	9.12	12.45	18.42	12.18	17.14	-	ضریب تغییرات (٪) C.V (٪)	

**، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و عدم معنی‌دار

**, * and ns are significant at the probability level of one percent, five percent and not significant, respectively.

جدول ۱۲. مقایسه میانگین اثر ساده کود گوسفندی بر صفات بنه زعفران در سال اول و دوم

Table 12. Comparison of the mean of simple effect of sheep manure on saffron corm traits in the first and second year

میانگین وزن بنه دختری اصلی (گرم) Mean weight of the original girl corms (g)	وزن بنه بیشتر از ۱۲ گرم (گرم در متر مربع) Corms weight more than 12 gr	میانگین وزن هر بنه (گرم) Mean weight of each corm (g)	وزن کل بنه (گرم در متر مربع) Total weight of corms (g. m^{-2})	میانگین تعداد جوانه دارای پتانسیل گلدهی در هر بنه Mean number of buds with flowering potential in each corm	تعداد بنه ۳-۰ گرم (در متر مربع) Number of corms 0-3 g (m^{-2})	تعداد کل بنه (در متر مربع) Total number of corms (m^{-2})	کود گوسفندی (تن در هکتار) Sheep manure (t. h^{-1})	
18.19^{b}	-	-	2373^{d}	1.18^{c}	-	297.5^{c}	0	سال اول First year
18.21^{b}	-	-	2953^{c}	1.61^{b}	-	304.0^{c}	20	
22.26^{a}	-	-	4259^{b}	1.91^{a}	-	398.5^{b}	40	
22.37^{a}	-	-	4717^{a}	1.90^{a}	-	444.0^{a}	60	
13.67^{b}	871^{d}	6.77^{b}	2934^{d}	1.55^{b}	120^{c}	355.2^{d}	0	سال دوم Second year
13.55^{b}	1540^{c}	6.91^{b}	3639^{c}	1.74^{b}	121^{c}	385.7^{c}	20	
21.84^{a}	2412^{b}	9.79^{a}	4373^{b}	2.19^{a}	162^{b}	418.5^{b}	40	
21.93^{a}	2864^{a}	9.87^{a}	4590^{a}	2.23^{a}	184^{a}	441.5^{a}	60	

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف آماری معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند.

In each column, means with the same letter are not different significantly at 5% probability level.

جدول ۱۳. مقایسه میانگین اثر ساده گوگرد بر صفات بنه زعفران در سال اول و دوم

Table 13. Comparison of the mean simple effect of sulfur on saffron corm traits in the first and second year

میانگین وزن بنه دختری اصلی (گرم) Mean weight of the original girl corms (g)	وزن بنه بیشتر از ۱۲ گرم (در متر مربع) Corms weight more than 12 gr	وزن کل بنه (گرم در متر مربع) Total weight of corms (g. m^{-2})	تعداد کل بنه (در متر مربع) Total number of corms (m^{-2})	گوگرد (کیلوگرم در هکتار) Sulfur (kg. ha^{-1})	
-	-	3970^{b}	388.00^{b}	0	سال اول First year
-	-	3215^{a}	299.00^{c}	200	
-	-	4659^{a}	431.00^{a}	400	
14.91^{b}	1625.9^{c}	3051^{c}	377.08^{c}	0	سال دوم Second year
19.32^{a}	2337.3^{b}	4560^{b}	421.75^{b}	200	
19.41^{a}	2744.8^{a}	4866^{a}	458.12^{a}	400	

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف آماری معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند.

In each column, means with the same letter are not different significantly at 5% probability level.

جدول ۱۴. مقایسه میانگین اثر متقابل کود گوسفندی و گوگرد بر صفات بنه زعفران در سال اول و دوم

Table 14. Comparison of the mean interaction effect of sheep and sulfur fertilizer on saffron corm traits in the first and second year

میانگین وزن بنه دختری اصلی در سال دوم (گرم) Mean weight of the original girl corms in the second year (g)	گوگرد (کیلوگرم در هکتار) Sulfur (kg. ha^{-1})	کود گوسفندی (تن در هکتار) Sheep manure (t. h^{-1})
10.73^{e}	0	0
12.03^{de}	200	
15.26^{cd}	400	
13.70^{de}	0	20
13.46^{de}	200	
13.50^{de}	400	
18.00^{b}	0	40
22.63^{a}	200	
21.90^{a}	400	
17.23^{bc}	0	60
24.36^{a}	200	
24.99^{a}	400	

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف آماری معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند.

In each column, means with the same letter are not different significantly at 5% probability level.

برای اثرات ساده کود گوگرد نیز تنها بر روی صفات تعداد کل بنه، وزن کل بنه، وزن بنه بیشتر از ۱۲ گرم و میانگین وزن بنه دختری اصلی معنی‌دار بود و اثرات متقابل این دو نوع کود نیز تنها بر روی صفت میانگین وزن بنه دختری اصلی معنی‌دار بود. با مشاهده اثرات ساده کود گوسفندی بر روی تعداد کل بنه، وزن کل بنه، میانگین وزن هر بنه، تعداد بنه ۳-۰ گرم، وزن بنه بیشتر از ۱۲ گرم، میانگین تعداد جوانه دارای پتانسیل گلدهی و میانگین وزن بنه دختری اصلی نشان داد که بیشترین تأثیر را در سطح ۶۰ تن در هکتار برای تمامی صفات قید شده رؤیت شد (به‌ترتیب، ۴۴۱/۵ در متر مربع، ۴۵۹۰ گرم در متر مربع، ۹/۸۷ گرم، ۱۸۴ در متر مربع، ۲۸۶۴ گرم در متر مربع، ۲/۲۳ و ۲۱/۹۳ گرم) و کمترین مقدار نیز در سطح شاهد بود (به‌ترتیب، ۳۵۵/۲ در متر مربع، ۲۹۳۴ گرم در متر مربع، ۶/۷۷ گرم،۱۲۰ در متر مربع، ۸۷۱ گرم در متر مربع، ۱/۵۵ و ۱۳/۶۷گرم، جدول ۱۲). جدول مقایسه میانگین اثر ساده کود گوگرد بر صفات بنه زعفران در سال دوم نیز نشان می‌دهد که بیشترین تأثیر برای صفات تعداد کل بنه، وزن کل بنه، وزن بنه بیشتر از ۱۲ گرم و میانگین وزن بنه دختری اصلی با مصرف ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار (به‌ترتیب، ۴۵۸/۱۲ در متر مربع، ۴۸۶۶ گرم در متر مربع، ۲۷۴۴/۸ گرم در متر مربع و ۱۹/۴۱ گرم) و کمترین مقدار (به‌ترتیب، ۳۷۷/۰۸ در متر مربع، ۳۰۵۱ گرم در متر مربع، ۱۶۲۵/۹ گرم در متر مربع و ۱۴/۹۱ گرم) نیز مربوط به تیمار شاهد بوده است (جدول ۱۳). در آخر نیز با مشاهده تنها اثر متقابل دو نوع کود بر گوگرد و گوسفندی بر روی صفت میانگین وزن بنه دختری اصلی بیشترین مقدار (۲۴/۹۹ گرم) در سطح ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و ۶۰ تن در هکتار کود گوسفندی و کمترین مقدار (۱۰/۷۳ گرم) نیز در سطح شاهد بود (جدول ۱۴). این نکته را باید در نظر داشت که نتایج مشابهی توسط سایر محققین گزارش شده است (Hassanzadeh Aval et al., 2013; Koocheki et

al., 2014). مصرف کود گوسفندی در مقایسه با کود گوگرد اثر بیشتری در افزایش تعداد و عملکرد بنه‌های دختری داشته است. مشابه تحقیق کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2014) که مصرف کود دامی تأثیر بیشتری در افزایش معنی‌دار تعداد و عملکرد بنه‌های دختری با وزن بیشتر از هشت گرم و در نتیجه عملکرد کل بنه‌های دختری داشت. برتری معنی‌دار کود گوسفندی ممکن است به دلیل تأمین مواد آلی بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و آب شویی کمتر عناصر غذایی حاصل از مصرف کود گوسفندی در مقایسه با کودهای شیمیایی است. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2014) بیان داشتند که تعداد و عملکرد بنه‌های دختری با وزن کمتر از چهار گرم، اثر منابع کود بر تعداد و عملکرد بنه‌های دختری در اندازه‌های مختلف (۴/۱ تا ۸ و بیش از ۸ گرم) و نیز کل بنه‌ها معنی‌دار شده بود. که عدم تأثیر منابع کود دامی و شیمیایی در افزایش تعداد و عملکرد بنه‌های دختری کمتر از چهار گرم را می‌توان به ژنوتیپ گیاه زعفران نسبت داد.

نتیجه‌گیری

استفاده همزمان از کود دامی پوسیده گوسفندی همراه با گوگرد (۶۰ تن در هکتار کود گوسفندی و ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد، بالاترین سطح کود گوسفندی و گوگرد) که هردو به صورت کاربرد خاکی استفاده شده بودند تأثیرات قابل توجهی را بر روی اکثر صفات رویشی، زراعی وکمی محصول زعفران نشان داده است. بدین ترتیب به کشاورزان توصیه می‌گردد جهت افزایش چشمگیر در عملکرد گیاه زعفران از کاربرد همزمان کودهای گوسفندی با گوگرد استفاده گردد، چرا که گوگرد علاوه بر اسیدی نمودن محل مورد نظر که جذب بهتر عناصر را در پی دارد باعث ضد عفونی شدن خاک گردیده و از شیوع بیماری‌ها و کنه‌ها جلوگیری می‌نماید و کود گوسفندی به دلیل غنی بودن از عناصر مهمی مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم که برای رشد زعفران اساسی‌اند، نقش مؤثری در بهبود ساختار خاک داشته و به ارتقای ویژگی‌های کمی زعفران کمک می‌کند.

منابع

Alizadeh, M. B., Makarian, H., Eizadi Darbandi, E., & Nasiri Dehsorkhi, A. (2024). Evaluation of the effect of different fertilizer sources on some characteristics of the corm and flower yield of saffron. *Crop Science Research in Arid Regions*, Available Online. doi:10.22034/csrar.2024.390675.1331

Aalizadeh, M., Makarian, H., Ebadi, A., Darbandi, E. E., & Gholami, A. (2018). Effect of biological and chemical fertilizers on stigma yield and quality of saffron (*Crocus sativus* L.) in climatic conditions of ardabil. *Iranian Journal of Agricultural Sciences, 20*(1), 16-29.

Aghapour Sabaghi, M. (2019). Investigating the factors affecting Iran's saffron exports to BRICS countries (data panel approach). *Scientific-Research Journal of Saffron, 7*(3), 411-420. [in Persian with English Summary].

Alipoor Miandehi, Z., Mahmodi, S., Behdani, M. A., & Sayyari, M. H. (2014). Effect of manure, bio-and chemical-fertilizers and corm size on saffron (*Crocus sativus* L.) yield and yield components. *Journal of Saffron Research, 1*(2), 73-84. [in Persian with English Summary].

Alipoor Miandehi, Z., Mahmoodi, S., Behdani, M. A., & Sayyari, M. H. (2014). Effects of corm weight and application of fertilizer types on some growth characteristics and yield of saffron (*Crocus sativus* L.) under Mahvelat conditions. *Journal of Saffron Research, 2*(2), 97-112. [in Persian with English Summary].

Avishi, A., Dashti, M., Feizi, H., & Zabihi, H. (2020). Comparison of organic, nano, and chemical fertilizers on vegetative and reproductive characteristics of Pot marigold (*Calendula officinalis* L.). *Technology of Medicinal Aromatic Plants of Iran, 3*(1), 74-91.

Chaghazardi, H. R., Mohammadi, G., & BeheshtI Ale Agha, A. (2013). Effects of different amounts of sulfur and manure on soil acidity and plant traits of corn hybrid KSC 704. *Iranian Journal of Field Crops Research, 11*(1), 162-170. [in Persian with English Summary].

Chaghazardi, H .R., Mohammadi, G. R., & Beheshti Al Agha, A. (2013). Evaluation of sulfur and manure effects on corn growth characteristics (Single Cross 704) and acidity of soil. *Iranian Journal of Field Crops Research, 11*(1), 162-170. [In Persian with English Summary].

Erdem, H., Torun, M. B., Erdem, N., Tolay, İ., Günal, E., & Özkutlu, F. (2016). Effects of different forms and doses of sulphur application on wheat. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science Technology, 4*(11), 957-961.

Fallahi, H. R., & Mahmoodi, S. (2018). Influence of organic and chemical fertilization on

growth and flowering of saffron under two irrigation regimes. *Saffron Agronomy and Technology, 6*(2), 147-166. doi:10.22048/jsat.2017.71511.1207

Fallahi, H. R., Paravar, A., Behdani, M. A., Aghhavani-Shajari, M., & Fallahi, M. J. (2014). Effects of saffron corm and leaf extracts on early growth of some plants to investigate the possibility of using them as associated crop. *Notulae Scientia Biologica, 6*(3), 282-287.

Hassanzadeh Aval, F., Rezvani Moghaddam, P., Bannayan Aval, M., & Khorasani, R. (2013). Effects of maternal corm weight and different levels of cow manure on corm and flower yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Agronomy Technology, 1*(1), 22-39. [in Persian with English Summary].

Jalili, F., Nasrollahzeadh, A., & Valilo, R. (2013). Effect of sulfur and manure on wheat grain yield and Golden wheat protein. *Journal of Agricultural Research, 5*(19), 71-84. [In Persian with English Summary].

Jami, N., Rahimi, A., Naghizadeh, M., & Sedaghati, E. (2020). Investigating the use of different levels of Mycorrhiza and Vermicompost on quantitative and qualitative yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Scientia Horticulturae, 262*(27), 109027.

Karimi, F., Bahmanyar, M. A., & Shahabi, M. (2012). Improving the content of oil, protein and some yield components of canola in two calcareous soil, consequence the sulfur and cattle manure application. *Journal of Agricultural Science Sustainable Production, 22*(3), 71-85.

Khorramdel, S., Nasrabadi, S. E., & Mahmoodi, G. (2015). Evaluation of mother corm weights and foliar fertilizer levels on saffron (*Crocus sativus* L.) growth and yield components. *Journal of Applied Research on Medicinal Aromatic Plants, 2*(1), 9-14.

Khorramdel, S., Rezvani Moghaddam, P., Moallem Banhangi, F., & Shabahng, J. (2019). Optimization of cow manure levels and corm weight in saffron (*Crocus sativus* L.) by central composite design. *Journal of Saffron Research, 6*(2), 233-249. [in Persian with English Summary].

Koocheki, A., Jamshid Eyni, M., & Seyyedi, S. (2014). The effects of mother corm size, manure and chemical fertilizers on replacement corm criteria and yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Saffron Research, 2*(1), 34-46. [in Persian].

Koocheki, A., Fallahi, H. Amiri, M., & Ehyai, H. (2016). Effects of humic acid application and mother corm weight on yield and growth of saffron. *Journal of Agroecology, 7*(4), 425-442. [in Persian].

Koocheki, A., & Khajeh-Hosseini, M. (2019). Saffron: science, technology and health: Woodhead Publishing Limited.

Koocheki, A., & Khajeh-Hosseini, M. (2020). Saffron: Science, Technology and Health. 1st Edition. Woodhead Publishing. 580 pp.

Ministry of Agriculture. (2019). Details of the implementation of the saffron support purchase plan in 1998. Deputy of Agricultural Affairs, Saffron Performance Report in Iran, 3 pages. [in Persian with English Summary].

Mohammadi, H., & Reed, M. (2020). Saffron marketing: challenges and opportunities. In Saffron (pp. 357-365): Elsevier.

Mollafilabi, A., & Khorramdel, S. (2016). Effects of cow manure and foliar spraying on agronomic criteria and yield of saffron (*Crocus sativus* L.) in a six year old farm. *Saffron Agronomy and Technology, 3*(4), 237-249. [in Persian with English Summary]. doi:10.22048/jsat.2016.11897.

Moradi, M., Moghaddam, P. R., & Khorassani, R. (2022). The effect of simultaneous application of organic fertilizers and potassium sulfate on yield and characteristics of saffron flowers and stigmas (*Crocus sativus* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research, 20*(3), 319-333.

Moras, B., Pouchieu, C., Gaudout, D., Rey, S.,Anchisi, A., Saupin, X., & Jame, P. (2022). Authentication of Iranian saffron *(Crocus sativus*) using stable isotopes δ13C and δ2H and metabolites quantification. *Molecules, 27*, 6801.https://doi.org/10.3390/molecules27206801.

Naghdi Badi, H., Omidi, H., Golzad, A., Torabi, H., & Fotookian, M. H. (2011). Change in crocin, safranal and picrocrocin content and agronomical characters of saffron under biological and chemical of phosphorous fertilizer. *Journal of Medicinal Plants, 4*(40), 58-68. [in Persian with English Summary].

Pasban, F., Balouchi, H., Yadavi, A., Salehi, A., & Attarzadeh, M. (2015). The role organic and biological fertilizers in qualitative and quantitative yield of soybean (*Glycine max* L.) cv williams. *Journal of Agricultural Science Sustainable Production, 25*(3), 137-149.

Qaderi, J., Malakooti, M. J., Khavazi, K., & Davoodi, M. H. (2017). Investigation of the effect of elemental sulfur application on yield and some quality characteristics of

irrigated wheat (*Triticum astivum* L). *Crop Physiology Journal, 9*(33), 69-84.

Rahimpoor, M., & Fallah, S. (2018). Effect of organic and chemical fertilizers on growth and yield of green basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Agroecology, 10*(1), 146-159.

Rashed-Mohassel, M. -H. (2020). Evolution and botany of saffron (*Crocus sativus* L.) and allied species. In Saffron (pp. 37-57): Elsevier.

Ravi, S., Channal, H., Hebsur, N., & Dharmatti, P. (2010). Effect of sulphur, zinc and iron nutrition on growth, yield, nutrient uptake and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Karnataka Journal of Agricultural Sciences, 21*(3), 382-385.

Rezvani Moghaddam, P., Koocheki, A., Molafilabi, A., & Seyyedi, M. (2013). Effect of biological and chemical fertilizers on replacement corm and flower yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences, 15*(3), 234–246. [in Persian with English Summary].

Rezvani Moghaddam, P., Koocheki, A., Molafilabi, A., & Seyyedi, M. (2013). Effect of biological and chemical fertilizers on replacement corm and flower yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Iranian Society of Crops and Plant Breeding Sciences, 15*(3), 234-246. [in Persian with English Summary].

Rezvani Moghaddam, P., Mohammad Abadi, A. A., Fallahi, J., & Aghhavani Shajari, M. (2010). Effects of chemical and organic fertilizers on number of corm and stigma yield of saffron (*Crocus sativus*). Paper presented at the 59th International Congress and Annual Meeting of the Society for Medicinal Plant and Natural Product Research.

Sana, A., Sarah, S., Asim, M., Almas, H., & Saamia, S. J. (2013). Comparative analysis of animal manure for soil conditioning. *International Journal of Agronomy Plant Production, 4*(12), 3360-3366.

Shahriary, R., Rezvani Moghaddam, P., Jahan, M., & Khorasani, R. (2018). Effects of nutrition management on saffron (*Crocus sativus* L.) stigma and flower yield. *Saffron Agronomy Technology, 6*(2), 181-196.

Shariatmadari, Z., Shoor, M., Moghaddam, yyP. R., Tehranifar, A., & Ahmadian, A. (2018). Study the effects of organic and chemical fertilizers on replacement corms and flower characteristics of saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Agronomy & Technology, 6*(3), 291-308.

Sieling, K., Brase, T., & Svib, V. (2006). Residual effects of different N fertilizer treatments on growth, N uptake and yield of oilseed rape, wheat and barley. *European Journal of Agronomy, 25*(1), 40-48.

Tavassoli, A., Heydari, H., Ahmadian, A., & Piri, I. (2020). Effect of planting bed and nitrogen fertilizer levels on growth and yield of saffron (*Crocus sativus*). *Journal of Saffron Research, 8*(2), 285-299.

Teimori, S., Behdani, M. A., Ghaderi, M. G., & Sadegh, 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*(1), 36-47.

Vojodi Mehrabani, L., Valizadeh Kamran, R., & Azizpour, K. (2017). The effects of organic manures, soil cover and drying temperature on some growth and phytochemical characteristics of *Calendula officinalis*. *Journal of Agricultural Science Sustainable Production, 26*(4), 103-112.