نشریه پژوهش‌های زعفران (دو فصلنامه)
جلد نهم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۴۰۰
شماره صفحه: ۲۴۲-۲۲۸
http://dx.doi.org/10.22077/JSR.2021.4187.1156

مقاله پژوهشی:

اثر سطوح مختلف کاربرد کود گوگرد و پتاسیم بر خصوصیات کمی زعفران (*Crocus sativus* L.) در شرایط آب و هوایی کرمانشاه

غلام بساط‌پور[۱]، محمد خیرخواه[۲]، مهدی بابائیان[۳*]

۱-دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد، دانشکده‌کشاورزی شیروان، دانشگاه بجنورد، بجنورد، ایران.

۲-دانشیار، دانشکده‌کشاورزی شیروان، دانشگاه بجنورد، بجنورد، ایران.

۳-استادیار، دانشکده‌کشاورزی شیروان، دانشگاه بجنورد، بجنورد، ایران.

*نویسنده مسئول: *Email: mahdibbn@gmail.com*

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۱۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۱۱

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی اثر کاربرد کودهای پتاسیم و گوگرد بر عملکرد و اجزای عملکرد زعفران در دو سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ و ۹۸-۱۳۹۷ در منطقه کرمانشاه انجام شد. کاشت گیاه در پاییز سال ۱۳۹۶، بررسی رشد رویشی گیاه در بهار ۱۳۹۷ و برداشت گل‌ها در پاییز سال ۱۳۹۷ انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل کود پتاسیم (سولفات پتاسیم) در چهار سطح (۰، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و کود گوگرد (گرانوله) نیز در چهار سطح (۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) مورد استفاده قرار گرفت. صفات مورد بررسی در این آزمایش شامل: تعداد گل در متر مربع، وزن تازه گل، طول کلاله، طول خامه، طول مادگی، وزن کلاله، وزن خامه، وزن تر اندام هوایی و وزن خشک اندام هوایی بودند. نتایج بدست آمده نشان داد مصرف گوگرد و پتاسیم تاثیر معنی‌داری بر خصوصیات کمی زعفران داشت. بیشترین میزان تعداد گل در واحد سطح با میانگین ۵۵/۵ عدد در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد بدست آمد، همچنین بیشترین میزان وزن تر گل، وزن تر اندام هوایی و وزن خشک اندام هوایی بترتیب با میانگین ۲۸/۷، ۱۱۵ و۲۸/۸ گرم تحت تاثیر مصرف ۲۰۰ کیلوگرم گوگرد ثبت گردید. بررسی نقش کود پتاسیم نیز نشان داد بیشترین میزان وزن تر گل با میانگین ۲۷/۲ گرم در مترمربع، با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم پتاسیم ملاحظه شد. مقایسه اثر متقابل گوگرد و پتاسیم نشان داد مصرف ۲۰۰ کیلوگرم گوگرد همراه با ۱۰۰ کیلوگرم پتاسیم تولید بیشترین میزان طول کلاله و طول خامه بترتیب با میانگین ۳/۸ و ۴/۳ سانتی‌متر و تولید بیشترین میزان وزن خشک کلاله و وزن خشک خامه بترتیب با میانگین ۱۲۰۰ و ۴۵۰ گرم در هکتار را به همراه داشت.

کلمات کلیدی: پتاسیم، گوگرد، زعفران، عملکرد.

مقدمه

گیاه دارویی زعفران با نام علمی *Crocus sativus* از گیاهان بومی فلات ایران بوده و زراعت آن از قدمت ۳۰۰۰ ساله برخوردار است *(Beiki et al.,2010)* زعفران به جهت دارا بودن عطر، طعم و رنگ مطلوب، مصارف زیادی در صنایع غذایی، قنادی، نوشابه و صنایع لبنی دارد *(Kafi et al., 2002)*. از نظر سازگاری زعفران گیاهی نیمه گرمسیری و یکی از مهمترین محصولات صادراتی ایران است *(Azizi et al., 2007)*. زعفران یکی از گران‌ترین محصولات کشاورزی و دارویی جهان است که جایگاه ویژه‌ای در بین محصولات صادراتی ایران دارد و بیش از ۹۵ درصد تولید جهانی این محصول به کشور ایران اختصاص دارد (*Alizadeh et al., 2021*). در سال ۱۳۹۸ کل سطح زیر کشت زعفران در ایران ۱۲۰۲۲۳/۵۴ هکتار بود که ۹۱۳۵۲ هکتار مربوط به استان خراسان رضوی، ۱۶۸۰۷ هکتار مربوط به خراسان جنوبی و ۳۹۹۷ هکتار مربوط به خراسان شمالی بود. کل تولید زعفران در ایران در سال ۱۳۹۸ به میزان ۴۳۹/۱۸ تن بود که سهم خراسان رضوی ۳۲۲/۵۶ تن و سهم خراسان جنوبی و خراسان شمالی به‌ترتیب ۶۷/۹ و ۱۹/۹۲ تن بود (*Agricultural statistics, 2020*). به دلیل نیازهای اکولوژیک و ویژگی‌های فنولوژیک زعفران، عملکرد کمی و کیفی زعفران بیشتر تحت تأثیر عوامل ژنی، مدیریت حاصلخیزی خاک و شرایط خشک کردن محصول متغیر می‌باشد *(Ahmad et al., 2011)*. زعفران گیاهی استراتژیک تلقی می‌شود و به لحاظ کمی و کیفی می‌تواند بر اقتصاد کشاورزی مناطق کم تاثیرگذار باشد (*Choopan et al, 2021*) بنابراین توجه به مدیریت صحیح کوددهی برای برخورداری از یک نظام پایدار و پرسود ضروری است. امروزه کودهای شیمیایی پرمصرف‌ترین کودهای موجود در مزارع زعفران می‌باشند و مصرف بی‌رویه آنها علاوه بر هزینه-های بالا می‌تواند باعث آلودگی آب و خاک مناطق کشت گردد *(Rasouli et al., 2015)*. یکی از کودهای مهم در تولید گیاهان زراعی پتاسیم می‌باشد. پتاسیم عمده‌ترین کاتیون سیتوپلاسم است و ترکیب آن با آنیون‌ها، پتانسیل اسمزی بافت‌ها و سلول‌ها را تنظیم می‌کند *(Malakouti et al., 2005)*. پتاسیم نقش فعالی در افزایش تحمل گیاهان به سرما، شوری و خشکی دارد و در انتقال املاح به داخل شیره سلولی، فعال نمودن بسیاری از آنزیم‌ها و کنترل فعالیت روزنه-ای، نقش اساسی را بازی می‌نماید *(Malakouti et al., 2005)*. پتاسیم همچنین مهمترین عنصر در فعالیت روزنه‌های برگ است و از طریق کنترل باز و بسته شدن روزنه‌ها در میزان تنفس و تبخیر نقش دارد *(Dilmaghani et al., 2004)*. واکنش گیاهان نسبت به جذب پتاسیم تا حد زیادی بستگی به سطح تغذیه نیتروژن دارد (*Molavali et al., 2011*). در پژوهشی نتایج بدست آمده نشان داد کاربرد کود پتاسیم از منبع کود کامل *NPK* سبب افزایش وزن تر و خشک کلاله و در نتیجه افزایش عملکرد نهایی زعفران شد *(Molaei Niqabandi et al., 2014)*. محققان در بررسی واکنش زعفران به کود پتاسیم، گزارش کردند که پاسخ زعفران به مصرف پتاسیم مثبت بود و مصرف پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم توانست عملکرد کلاله خشک زعفران را به طور معنی‌داری افزایش دهد *(Zabihi & Feizi, 2014)*. در تحقیق دیگر نشان داده شد سطوح بالای پتاسیم توانست در شرایط شوری اثرات منفی ناشی از کلرید سدیم در کشت هیدروپونیک زعفران را کاهش دهد *(Arsaji et al., 2013)*. یکی دیگر از عناصر غذایی موثر در رشد گیاهان زراعی گوگرد است. گوگرد نقش‌های مهمی در تثبیت ساختار پروتئین‌ها، فعالیت‌های متابولیکی ویتامین‌ها، سنتز اسیدهای آمینه ضروری و کوآنزیم آ و تشکیل کلروفیل دارد (*Akter et al., 2013*). در خاک‌های قلیایی گوگرد تأثیر مهمی در افزایش جذب سایر عناصر دارد (*Rahman et al., 2007*). مصرف گوگرد کارایی مصرف نیتروژن را افزایش می‌دهد و از این رو برقراری تعادل بین میزان مصرف کودهای نیتروژنه و گوگردی جهت دستیابی به کیفیت بهتر گیاهان زراعی ضروری است *(Fismes et al., 2000)*. کاربرد گوگرد سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت پراکسیداز و کاتالاز در شرایط خشکی می‌شود و باعث می‌گردد سلول‌ها از اثرات منفی گونه‌های فعال اکسیژن تولید شده در شرایط خشکی محافظت شوند *(Heidari & Asgharipour, 2013)*. با وجود نقش موثر گوگرد و پتاسیم بر خصوصیات کمی و کیفی گیاهان زراعی، پژوهش‌های کمی در مورد تاثیر این عناصر بر عملکرد کمی و کیفی زعفران انجام شده است لذا هدف از این

آزمایش بررسی اثرات استفاده سولفات پتاسیم و گوگرد گرانوله بر گیاه زعفران در شرایط آب و هوایی کرمانشاه است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در بخش گهواره واقع در ۹۰ کیلومتری شهر کرمانشاه با مختصات ۳۴′ ۳۴° درجه شمالی و ۴۱′ ۴۶° درجه غربی با ارتفاع ۱۴۲۸ متر از سطح دریا در دو سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ و ۹۸-۱۳۹۷ اجرا گردید. آزمایش به صورت فاکتوریل و بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای مورد مطالعه شامل کود پتاسیم در چهار سطح صفر (شاهد)، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار مصرف شد که شامل سولفات پتاسیم با ۵۳ درصد پتاسیم و ۱۸ درصد گوگرد بود و کود گوگرد گرانوله (بنتونیت‌دار) نیز در چهار سطح صفر (شاهد)، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار به مصرف رسید که حاوی ۷۰ درصد گوگرد و ۳۰ درصد بنتونیت بود. در این آزمایش زمین مورد کشت که در سال قبل آیش بوده با گاوآهن برگردان‌دار شخم خورد و سپس از سه نقطه از خاک محل آزمایش نمونه-برداری انجام شد و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تعیین گردید (جدول ۱).

جدول ۱- نتایج حاصل از آزمایش خاک محل انجام طرح

Table 1- Soil properties of the experimental area of the experiment

عمق خاک Depth (cm)	رس Clay (٪)	سیلت Silt (٪)	شن Sand (٪)	بافت خاک Soil texture	فسفر P (ppm)	پتاسیم K (ppm)	نیتروژن N (%)	منگنز Mn (ppm)	روی Zn (ppm)	اسیدیته pH -	شوری EC (ds/m)	کربن آلی C (٪)
30	43	34	23	clay	11	268	0.10	2.11	0.88	7.7	0.409	1.6

جدول ۲- میزان حداقل دما، حداکثر دما، متوسط دما و بارندگی طی فصل رشد زعفران در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ در ایستگاه هواشناسی کرمانشاه

Table 2- The minimum, maximum, mean temperature, rainfall, in the Saffron growing season in Kermanshah station.

	حداقل دما T_{min} (°C)		حداکثر دما T_{max} (°C)		متوسط دما T_{mean} (°C)		بارندگی Rainfall (mm)	
	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019
April	5.77	4.45	21.76	16.13	14.42	10.29	63.57	167.56
May	9.03	7.2	21.5	24.44	15.01	15.82	168.03	12.94
June	12.55	15.48	31.82	34.06	22.96	24.77	6.11	0
July	17.82	19.15	39.58	38.83	30.06	28.99	0	0
August	17.99	20.29	40.48	39.67	30.24	29.98	0	0
September	14.58	16.06	36.64	35.88	26.22	25.97	0.21	0
October	11.43	11.42	29.11	30.28	20.15	20.85	30.16	1.32
November	6.93	2.45	17.57	17.93	11.79	10.19	93.83	52.52
December	2.66	-0.29	12.34	12.15	7.05	5.93	104.82	111.93
January	-0.88	-2.27	9.85	11.25	4.11	4.49	33.7	19.43
February	-0.61	-2.11	11.12	9.71	4.75	3.8	95.12	39.27
March	0.28	3.5	12.04	16.34	6.12	9.92	62.83	146.32

بر طبق نتایج آزمون خاک، کود نیتروژن از منبع اوره به میزان ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار و کود فسفر از منبع سوپرفسفات تریپل به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار و به طور مساوی به کل زمین آزمایشی اضافه شد. کاشت زعفران در ۵ مهر ماه سال ۱۳۹۶ با استفاده از بنه‌های ۶ تا۱۰ گرمی صورت گرفت. اندازه کرت‌ها ۳×۲/۵ متر، فاصله بین ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر، فاصله روی ردیف۱۰ سانتی‌متر و عمق کاشت ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد (فواصل در نظر گرفته شده در این آزمایش بر اساس تجربیات کشاورزان منطقه انتخاب شد که قابل توصیه برای تولید زعفران در سایر مزارع نمی‌باشد). در داخل هر کرت ۵ ردیف زعفران به صورت مسطح کشت شدند. همچنین جهت جلوگیری از تداخل اثرات کودی، فاصله بین کرت‌ها ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین بلوک‌های مختلف یک متر در نظر گرفته شد. پس از اتمام کاشت آبیاری انجام شده و آبیاری‌های بعدی بر اساس نیاز آبی گیاه صورت گرفتند. آبیاری اول ۷ مهرماه پس از کاشت زعفران، آبیاری دوم پس از برداشت گل های زعفران اول آذرماه، آبیاری سوم اوایل اسفند ماه و پس از کود-دهی زمین، آبیاری چهارم اواخر اسفند و آبیاری پنجم نیز در فروردین ماه صورت گرفت. اولین وجین علف‌های هرز بعد از آبیاری دوم انجام گردید وجین دوم به فاصله یک ماه از وجین اول و وجین بعدی در بهار صورت گرفت. همچنین یک مرتبه سله‌شکنی با عمق ۵ سانتی-متر انجام گردید تا جوانه‌های گل با سهولت بیشتری از خاک بیرون آمده و رشد مطلوبی داشته باشند. در این آزمایش صفات رشد رویشی شامل تعداد برگ در بوته، طول برگ، وزن تر اندام هوایی و وزن خشک اندام هوایی در بهار ۱۳۹۷ و صفات گلدهی شامل تعداد گل در متر مربع، وزن تازه گل، طول مادگی (خامه+کلاله)، وزن خشک کلاله، وزن خشک خامه در پاییز ۱۳۹۷ اندازه‌گیری شد. گل‌های زعفران از ۱۵ آبان سال ۱۳۹۷ با در نظر گرفتن اثر حاشیه (نیم‌متر فاصله با هر ضلع کرت)، از سطح کرت‌ها برداشت شد. نمونه‌برداری از کرت‌های آزمایشی همزمان با شروع گلدهی زعفران آغاز شد و گل‌های ظاهر شده به صورت روزانه جمع‌آوری، شمارش و توزین (وزن تر و خشک گل و کلاله به صورت جداگانه) شدند. داده‌های این مطالعه توسط نرم‌افزار آماری SAS ver. 9.3 تجزیه شدند و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد انجام گردید و برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

صفات مرتبط با گلدهی زعفران

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر کود گوگرد بر صفات تعداد گل در متر مربع، وزن تازه گل، طول کلاله، طول خامه و طول مادگی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. همچنین نتایج نشان داد کاربرد کود پتاسیم بر صفات وزن تازه گل و طول کلاله در سطح پنج درصد و بر صفات طول خامه و طول مادگی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد ولی اثر معنی-داری بر صفت تعداد گل در متر مربع نداشت. همچنین اثر متقابل کود گوگرد با کود پتاسیم بر طول کلاله و طول خامه در سطح احتمال پنج درصد و بر صفت طول مادگی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد ولی بر صفت تعداد گل در مترمربع و وزن تر گل تاثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۲).

تعداد گل در متر مربع

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد کاربرد کود گوگرد تاثیر معنی‌داری بر تعداد گل در متر مربع داشت ولی کود پتاسیم و همچنین اثر متقابل گوگرد و پتاسیم هیچ اثر معنی‌داری بر تعداد گل در متر مربع زعفران نداشت. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیشترین تعداد گل با میانگین ۵۵/۵ گل در متر مربع تحت تاثیر تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد بدست آمد که با تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد (۵۳/۳ گل در متر مربع) تفاوت معنی‌داری نداشت. از طرفی تیمار شاهد با تولید تعداد ۳۹/۱ گل در مترمربع کمترین مقدار را در این صفت نشان داد (جدول ۳). کریمی نژاد و همکاران (*Kariminejad et al., 2016*) اظهار داشتند تغییرات عملکرد گل زعفران به متغیرهای مربوط به خاک بخصوص به منبع و میزان کودهای مصرفی وابسته است که در این مطالعه کاربرد بیشتر کودهای گوگردی سبب افزایش تعداد گل در متر مربع شد. به عقیده قوی و صدرآبادی حقیقی (*Ghavi and Sadrabadi Haghighi, 2016*) اثر تیمارهای کودی که سبب افزایش معنی‌دار تعداد گل گردیده است از طریق تأثیر بر روی رشد بنه‌های دختری و افزایش آنها

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) خصوصیات گل و کلاله زعفران تحت تأثیر کاربرد کودهای گوگرد و پتاسیم

Table 3- Analysis of variance of flower and stigma characteristics of saffron under the effect of sulfur and potassium

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	تعداد گل Number of flowers	وزن تر گل Fresh weight of flower	طول کلاله Stigma length	طول خامه Style length	طول مادگی Female length
تکرار Replication	2	105.8	2.43	0.114	1.61	1.88
گوگرد Sulfur	3	919.2**	156**	4.22**	2.04**	12.15**
پتاسیم potassium	3	24.8ns	29.9*	0.37*	0.717**	2.06**
گوگرد × پتاسیم Sulfur × potassium	9	6.7 ns	3.04ns	0.24*	0.406*	0.24**
خطا Error	32	32.04	8.94	0.087	0.096	0.015
ضریب تغییرات CV	-	10.7	11.6	10.3	8.38	1.87

ns*و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

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

در واحد سطح بوده است. در این مطالعه نیز به نظر می‌رسد که کاربرد کود گوگرد سبب افزایش تعداد بنه‌های قوی در واحد سطح شد که در نتیجه آن تعداد گل در واحد سطح نیز افزایش یافت.

وزن تر گل

نتایج مقایسه میانگین اثرات ساده نشان داد کاربرد مقادیر مختلف کود گوگرد سبب افزایش وزن تر گل در مقایسه با شاهد شد. بر اساس این نتایج بیشترین مقادیر وزن تازه گل تحت تاثیر مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد با میانگین ۲۸/۷ گرم در متر مربع بدست آمد و کمترین مقدار با میاتگین ۲۱/۳ گرم در متر مربع در تیمار شاهد ملاحظه گردید. همچنین نتایج بدست آمده نشان داد مصرف ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد به‌ترتیب باعث تولید ۲۶/۸ و ۲۶/۱ گرم در متر مربع گل تازه در زعفران شد که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین آنها وجود نداشت (جدول ۳). افزایش وزن گل‌ها با کاربرد مقادیر بیشتر گوگرد می‌تواند ناشی از اثر این عنصر در افزایش فعالیت‌های آنزیمی بوده که به دنبال آن با افزایش کارکرد فیزیولوژیکی گیاه سبب افزایش انتقال آسیمیلات‌ها و در نتیجه افزایش وزن تازه گل شد. در این زمینه راوی و همکاران (*Ravi et al., 2010*) اظهار داشتند که گوگرد نسبت اندام‌های زایشی به کل ماده خشک گیاهی را افزایش می دهد و کمبود گوگرد سبب توقف رشد اندام‌های زایشی و حتی منجر به عقیمی گل‌ها می‌گردد. در بررسی اثر انواع کودهای شیمیایی بر زعفران مشخص گردید که بیشترین وزن تر گل کلاله به تیمار کاربرد کودهای شیمیایی تعلق داشت (*Ünal & Çavuşoğlu, 2005*). کوچکی و همکاران (*Koocheki et al., 2011*) در مطالعه خود روی گیاه زعفران عنوان داشتند که کاربرد کودهای شیمیایی سبب افزایش عملکرد زعفران شده است که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت داشت. در رابطه با اثر پتاسیم بر وزن تازه گل نتایج بدست آمده نشان داد کاربرد کود پتاسیم سبب افزایش وزن تازه گل در زعفران شد. نتایج نشان داد با افزایش مصرف کود پتاسیم وزن تازه گل افزایش یافت به طوریکه بیشترین وزن تازه گل در تیمار کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم پتاسیم با میانگین ۲۷/۲ گرم ملاحظه گردید و بین تیمار شاهد با میانگین ۴۶/۸ گرم و تیمار ۵۰ کیلوگرم پتاسیم با میانگین ۴۷/۹ گرم تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). ملکوتی و همکاران، (*Malakouti et al., 2010*) گزارش نمودند در خاک‌های ایران به دلیل

بارش کم و عدم آبشویی زیاد انتظار می‌رود که میزان پتاسیم بالا باشد اما به دلیل شنی بودن خاک و مواد آلی کم و عدم مصرف کودهای پتاسیمی و کاشت متوالی و بدون آیش محصولات مختلف باعث تهی شدن خاک از پتاسیم شده است. در مطالعات جهان و جهانی (*Jahan & Jahani, 2007*) روی زعفران، مشخص شد که کاربرد کودهای شیمیایی کمترین اثر را بر تعداد گل و بیشترین اثر را بر وزن خشک گل داشتند. به نظر می‌رسد استفاده از گوگرد و پتاسیم باعث افزایش تولید مواد فتوسنتزی و تسهیل انتقال آنها به گل زعفران گردید که این مسئله افزایش وزن تازه گل زعفران را به دنبال داشت. افزایش وزن تازه گل با کاربرد گوگرد و پتاسیم نشان دهنده اهمیت این کودها در زراعت زعفران می‌باشد.

جدول ۴- مقایسه میانگین خصوصیات گل و کلاله زعفران تحت تأثیر کاربرد کودهای گوگرد و پتاسیم

Table 4- Mean comparisons for the effect of sulfur and potassium on flower and stigma characteristics of saffron

طول خامه Style length Cm	طول کلاله Stigma length Cm	وزن تر گل Fresh weight of flower gr.m^{-2}	تعداد گل Number of flowers No.m^{-2}	تیمارها Treatment
				گوگرد Sulfur
3.44c	2..48c	21.30c	39.10c	شاهد Control
3.42c	2.50c	26.10b	45.20b	۱۰۰کیلوگرم 100 Kg
3.75b	2.92b	26.80ab	53.30a	۱۵۰کیلوگرم 150 Kg
4.19a	3.58a	28.70a	55.50a	۲۰۰کیلوگرم 200 Kg
				پتاسیم Potassium
3.50b	2.27b	24.12b	46.80a	شاهد Control
3.56b	2.82b	25.20ab	47.90a	۵۰کیلوگرم 50 Kg
3.80a	2.88ab	26.40a	48.90a	۷۵کیلوگرم 75 Kg
3.95a	3.06a	27.2a	49.60a	۱۰۰کیلوگرم 100 Kg

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ندارند

Means with same letter(s) in each column have not significant difference based on LSD test at 5% probability level.

طول کلاله

طول کلاله از صفات تعیین کننده عملکرد زعفران است که از اهمیت بالایی در افزایش عملکرد زعفران در واحد سطح برخوردار است. نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل گوگرد و پتاسیم بر طول کلاله زعفران نشان داد در سطوح ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم گوگرد، افزایش مصرف پتاسیم از شاهد تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، باعث افزایش طول کلاله زعفران شد (شکل ۱). این نتایج نشان داد نشان داد در شرایط عدم مصرف گوگرد و مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد، استفاده از کود پتاسیم منجر به اختلاف معنی‌داری در صفت طول کلاله نشد. در واقع سطوح بالای مصرف گوگرد دارای تاثیر مثبت و فزاینده در بروز اثرات مثبت مصرف پتاسیم می‌باشد به طوری که بیشترین میزان طول کلاله در تیمار مصرف توام ۲۰۰ کیلگرم گوگرد + ۱۰۰ کیلوگرم پتاسیم و تیمار مصرف توام ۲۰۰ کیلگرم گوگرد + ۷۵ کیلوگرم پتاسیم (که اختلاف معنی‌داری بین آنها وجود نداشت) مشاهده شد و کمترین طول کلاله در تیمارهای عدم مصرف گوگرد و پتاسیم ملاحظه گردید (شکل ۳). تأثیر مثبت گوگرد و کاربرد همزمان آن با پتاسیم بر طول کلاله می‌تواند به نقش مستقیم عنصر گوگرد در تغذیه گیاه از طریق توانایی تبدیل عناصر غذایی اصلی از فرم غیر قابل دسترس به فرم قابل دسترس طی فرایندهای بیولوژیکی باشد.

کاربرد کود گوگرد باعث تولید اسید سولفوریک شده و کاهش موضعی *pH* خاک را به دنبال دارد و لذا به طور غیر مستقیم نیز بر افزایش دیگر عناصر غذایی مؤثر واقع می‌گردد. با توجه به نقش فسفر بر اندام‌های زایشی، افزایش طول کلاله زعفران می‌تواند به دلیل بهبود دسترسی فسفر تحت تاثیر مصرف کود گوگرد باشد.

در ارتباط با نقش پتاسیم مولایی نقابادی و همکاران (*Molaei Niqabandi et al., 2014*) عنوان داشتند که کاربرد کود پتاسیم از منبع کود کامل NPK سبب افزایش طول کلاله در گیاه زعفران شده است. برخی دیگر از محققین گزارش کردند که پاسخ زعفران به مصرف پتاسیم مثبت بود و مصرف پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم توانست برخی از صفات زعفران از قبیل طول کلاله را افزایش دهد (*Zabihi & Feizi, 2014*). در مطالعه‌ای دیگر کوچکی و همکاران (*Koocheki et al., 2012*) عنوان داشتند که کاربرد برخی از کودهای ماکرو و میکرو از جمله کود پتاسیم سبب افزایش برخی صفات در زعفران شده که در نتیجه آن میزان طول و وزن کلاله نیز افزایش یافته است. آنها دلیل افزایش طول و وزن کلاله را به افزایش دسترسی مواد غذایی به کودهای شیمیایی توسط گیاه زعفران عنوان نمودند.

طول خامه

نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل (شکل ۲) در صفت طول خامه نشان داد کاربرد کودهای پتاسیم و گوگرد اثر مثبت بر طول خامه داشت و با افزایش کاربرد مقادیر این دو کود طول خامه نیز افزایش یافت. در سطوح مختلف کود گوگرد، افزایش مقدار کاربرد کود پتاسیم از صفر تا ۱۰۰ کیلوگرم سبب افزایش طول خامه شد. بیشترین میزان طول خامه در تیمار کاربرد ۲۰۰ کیلو-

شکل ۱- اثر متقابل کودهای گوگرد و پتاسیم بر طول کلاله در گیاه زعفران

S_4, S_3, S_2, S_1 بترتیب شامل شاهد و مصرف ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم گوگرد و P_4, P_3, P_2, P_1 بترتیب شامل شاهد و مصرف ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم پتاسیم می‌باشند

Figure 1- Interaction of sulfur and potassium fertilizers on stigma length in saffron plant

S_1, S_2, S_3 and S_4 include control, 100, 150, 200 Kg sulfur, and P_1, P_2, P_3 and P_4, including control, 50, 75 and 100 Kg potassium, respectively

گرم کود گوگرد و ۱۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم حاصل شد و در این سطح از کود گوگرد بین مقادیر مختلف کود پتاسیم اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. با این حال کمترین مقدار طول خامه در تیمار عدم کاربرد کود گوگرد و با کاربرد ۵۰ کیلوگرم کود پتاسیم حاصل شد. به طور کلی نتایج بدست آمده نشان داد که کاربرد کودهای گوگرد و پتاسیم به همراه هم سبب اثر هم‌افزایی بر طول خامه شده و با برهم کنش مثبت سبب شد که طول کلاله به میزان بیشتری افزایش یابد (شکل ۲). برهمکنش مثبت کود گوگرد و پتاسیم سبب شده که طول خامه نسبت به تیمار شاهد و یا کاربرد تنهای آنها به میزان بیشتری افزایش یابد. با توجه به اینکه گوگرد کاهش باعث کاهش pH خاک شده و از این طریق افزایش جذب عناصر غذایی کم مصرف از جمله روی، آهن و فسفر را موجب می‌شود (*Kariminia, 1997*) از این طریق بر صفات زیادی در گیاه زعفران از جمله طول کلاله و خامه اثر مثبت گذاشته و سبب افزایش طول خامه در آن گردید. امانی و رئیسی (*Amani & Reisi, 2008*) نشان دادند که کاهش *pH* ناشی از مصرف گوگرد، سبب افزایش رشد و افزایش جذب فسفر شد و در نتیجه آن برخی از صفات از جمله وزن و تعداد گل را افزایش یافت. به هر حال

افزایش جذب مواد غذایی ریزمغذی ناشی از کاهش اسیدیته خاک در اثر کاربرد کود گوگرد می‌تواند دلیل اصلی افزایش طول کلاله و خامه در زعفران باشد که با کاربرد کود پتاسیم بیشتر نیز شد. افزایش بیشتر طول خامه در تیمار کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم کود گوگرد و ۱۰۰ کیلوگرم پتاسیم به دلیل اثر هم افزایی کاربرد همزمان این دو عنصر سبب شد که به طور معنی‌داری طول خامه در این تیمار بیشتر از تیمارهای عدم کاربرد و یا کاربرد تنهای این دو کود شود. اثر پتاسیم در بهبود صفات فیزیولوژیکی و اثر گوگرد در دخالت در فعالیت-های آنزیمی سبب شده که طول اندام‌های گیاه زعفران از جمله طول کلاله و خامه با کاربرد همزمان آنها افزایش بیشتری پیدا کند. در این زمینه امیدی و همکاران (*Omodi et al., 2010*) نشان دادند که طول و وزن نهایی کلاله و خامه زعفران با مصرف همزمان کودهای شیمیایی به طور معنی‌داری افزایش یافت که با نتایج این مطالعه مطابقت داشت.

شکل ۲- اثر متقابل کودهای گوگرد و پتاسیم بر طول خامه در گیاه زعفران

S_4, S_3, S_2, S_1 بترتیب شامل شاهد و مصرف ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم گوگرد و P_4, P_3, P_2, P_1 بترتیب شامل شاهد و مصرف ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم پتاسیم می‌باشند

Figure 2- Interaction of sulfur and potassium fertilizers on style length in saffron plant

S_1, S_2, S_3 and S_4 include control, 100, 150, 200 Kg sulfur, and P_1, P_2, P_3 and P_4, including control, 50, 75 and 100 Kg potassium, respectively.

عملکرد اقتصادی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در مورد عملکرد زعفران نشان داد اثر کود گوگرد و پتاسیم بر صفات وزن خشک کلاله، وزن خشک خامه و مجموع وزن خشک کلاله و خامه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). همچنین اثر متقابل کاربرد کود گوگرد و پتاسیم بر صفات وزن خشک کلاله در سطح احتمال یک درصد و اثر آن بر وزن خشک خامه و مجموع وزن خشک کلاله و خامه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول ۴). نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر کود گوگرد بر صفات وزن تر اندام هوایی و وزن خشک اندام هوایی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد اما اثر کود پتاسیم بر صفات وزن تر اندام هوایی و وزن خشک اندام هوایی معنی‌دار نشد. همچنین نتایج نشان داد اثر متقابل گوگرد و پتاسیم بر این صفات معنی‌دار نشد (جدول ۴).

وزن خشک کلاله

نتیجه این تحقیق نشان داد هم افزایی دو کود گوگرد و پتاسیم سبب شد که میزان وزن خشک کلاله نسبت به عدم مصرف آنها و یا کاربرد تنهای آنها دارای افزایش بیشتری گردد (شکل ۳). اثر مثبت برهمکنش کودهای گوگرد و پتاسیم بر وزن خشک کلاله سبب افزایش عملکرد در واحد سطح زعفران شد که این افزایش در مقادیر بالاتر کود گوگرد بیشتر از مقادیر کمتر مصرف این کود بود. راوی و همکاران (*Ravi et al., 2010*) افزایش تولید ماده خشک با مصرف گوگرد را به دلیل افزایش رشد ریشه و تشکیل کلروفیل که منجر به افزایش فتوسنتز ذکر کردند. در این زمینه نیز مصطفوی

راد و همکاران (*Mostafavi Rad et al., 2011*) عنوان داشتند که کاربرد کود گوگرد سبب شده که با کاهش اسیدیته خاک برخی از عناصر ریز مغذی به میزان بیشتری جذب شده و در نتیجه باعث افزایش ماده خشک گردد. امیدی و همکاران (*Omidi et al., 1998*) نشان دادند که عملکرد کلاله و خامه زعفران با مصرف کودهای شیمیایی به طور معنی‌داری افزایش یافت که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت داشت. همچنین رضوانی مقدم و همکاران (*Rezvani Moghadam et al., 2010*) بیشترین عملکرد کلاله خشک زعفران را در نتیجه اعمال کودهای شیمیایی در مخلوط با دامی دانستند.

جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) وزن خشک کلاله و خامه و وزن تر اندام هوایی و وزن خشک اندام هوایی زعفران تحت تأثیر کاربرد گوگرد و پتاسیم

Table 5- Analysis of variance (mean square) of stigma and style dry weight and leaf dry weight and leaf wet weight of saffron under the effect of sulfur and potassium

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	وزن خشک کلاله Style dry weight	وزن خشک خامه Stigma dry weight	وزن تر برگ Leaf wet weight	وزن خشک برگ Leaf dry weight
تکرار Replication	2	1292	126	374	23.30
گوگرد Sulfur	3	29169**	2849**	2073**	129.50**
پتاسیم Potassium	3	4876**	476**	108.90ns	6.8ns
گوگرد×پتاسیم sulfure×Potassum	9	1152**	151.01*	22.80ns	1.42ns
خطا Error	32	226	22.13	67.60	4.42
ضریب تغییرات	-	11.7	17.1	7.9	6.7

ns*و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

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

شکل ۳- اثر متقابل کودهای گوگرد و پتاسیم بر وزن خشک کلاله در گیاه زعفران

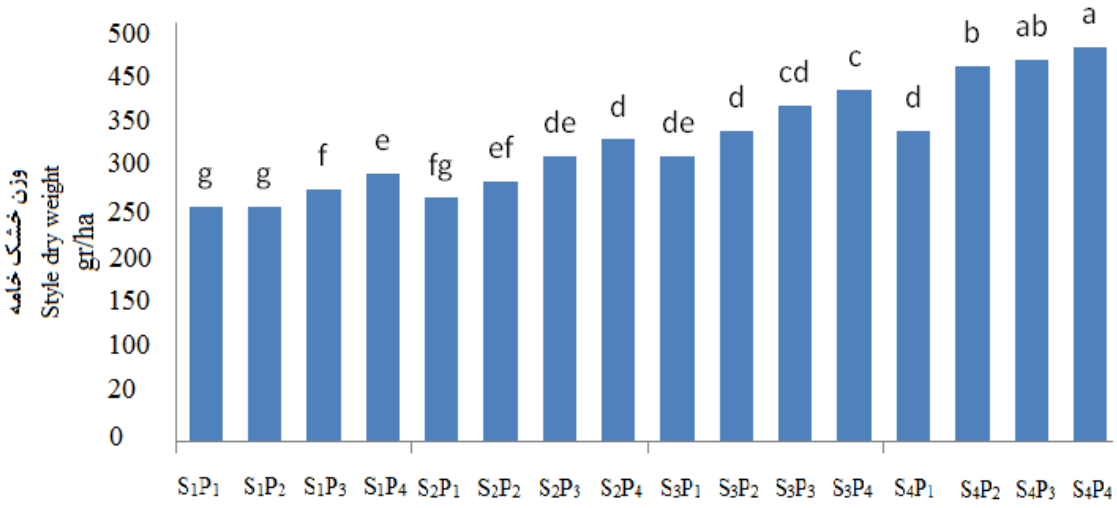
S_1, S_2, S_3, S_4 بترتیب شامل شاهد و مصرف ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم گوگرد و P_1, P_2, P_3, P_4 بترتیب شامل شاهد و مصرف ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم پتاسیم می‌باشند

Figure 3- Interaction of sulfur and potassium fertilizers on stigma dry weight in saffron plant

S_1, S_2, S_3 and S_4 include control, 100, 150, 200 Kg sulfur, and P_1, P_2, P_3 and P_4, including control, 50, 75 and 100 Kg potassium, respectively

وزن خشک خامه

اثر کاربرد هم زمان کودهای گوگرد و پتاسیم سبب شد که وزن خشک خامه نسبت به تیمار شاهد به طور معنی‌داری افزایش یابد (شکل ۴). این نتایج نشان داد کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم کود گوگرد و ۱۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم سبب شد که بیشترین مقدار وزن خشک خامه به میزان ۴۵۰ گرم در هکتار حاصل گردد. این تیمار نسبت به تیمار کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم کود گوگرد و ۷۵ کیلوگرم کود پتاسیم در آن وزن خامه توزین شده ۴۳۰ گرم در هکتار بود، تفاوت معنی‌داری نداشت. اثر هم افزایی کاربرد کودهای گوگرد و پتاسیم سبب شد که وزن خشک خامه در سطوح مختلف کاربرد گوگرد با افزایش مصرف کود پتاسیم افزایش یابد. افزایش مصرف کود پتاسیم در سطح بدون مصرف کود گوگرد نیز سبب افزایش معنی‌دار وزن خامه شد. در این بین کاربرد ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت (شکل ۴). دلیل افزایش عملکرد با مصرف گوگرد نقش مثبت این عنصر در تشکیل پروتئین، روغن و بسیاری از ویتامین‌ها *(Ivan, 2007)*، جذب بهتر عناصر غذایی ریزمغذی و مواد فتوسنتزی (*Rahimian, 2011*) عنوان شده است. تمپرینی و همکاران (*Temperini et al., 2009*) عنوان داشتند که برخلاف نیاز کودی کم گیاه زعفران، حدود ۱۰ الی ۸۶ درصد از تغییرات عملکرد گل زعفران به متغیرهای مربوط به خاک از جمله پتاسیم تبادلی، فسفر و نیتروژن معدنی تبادلی وابسته است.



شکل ۴- اثر متقابل کودهای گوگرد و پتاسیم بر وزن خشک خامه در گیاه زعفران

S_1، S_2، S_3، S_4 بترتیب شامل شاهد و مصرف ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم گوگرد و P_1، P_2، P_3، P_4 بترتیب شامل شاهد و مصرف ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم پتاسیم می‌باشند

Figure 4- Interaction of sulfur and potassium fertilizers on style dry weight in saffron plant

S_1, S_2, S_3 and S_4 include control, 100, 150, 200 Kg sulfur, and P_1, P_2, P_3 and P_4, including control, 50, 75 and 100 Kg potassium, respectively

جدول ۶- مقایسه میانگین خصوصیات برگ زعفران تحت تأثیر کاربرد گوگرد و پتاسیم

Table 6- Mean comparisons for the effect of sulfur and potassium on leaf characteristics of saffron

وزن تر اندام هوایی Leaf wet weight ($gr.m^{-2}$)	وزن خشک برگ Leaf dry weight ($gr.m^{-2}$)	طول برگ Leaf length (cm)	تعداد برگ در بوته Number of leaf per plant -	تیمارها Treatment
				گوگرد Sulfur
90d	22.50d	22.50c	18.80d	شاهد Control
97.1c	24.2c	26.3b	22.2c	۱۰۰کیلوگرم 100 Kg
109b	27.2b	27.8b	23.6b	۱۵۰کیلوگرم 150 Kg
115a	28.8a	29.6a	25.5a	۲۰۰کیلوگرم 200 Kg
				پتاسیم Potassium
99.90a	24.90a	23.70c	20.80c	شاهد Control
101.7a	25.4a	25.6b	21.90a	۵۰کیلوگرم 50 Kg
130.75a	25.90a	27.80a	23.30a	۷۵کیلوگرم 75 Kg
106a	26.50a	29a	24.1a	۱۰۰کیلوگرم 100 Kg

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ندارند

Means with same letter(s) in each column have not significant difference based on LSD test at 5% probability level.

وزن تر و خشک اندام هوایی

مقایسه میانگین اثرات ساده نشان داد کاربرد کود گوگرد سبب شد که وزن تر و خشک اندام هوایی زعفران به طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یابد و با افزایش مقدار مصرف کود گوگرد وزن تر و خشک اندام هوایی نیز افزایش معنی‌دار یافت به‌طوری که بیشترین میزان وزن تر با میانگین ۱۱۵ گرم در متر مربع و بیشترین میزان وزن خشک اندام هوایی با میانگین ۲۸/۸ گرم در متر مربع با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد حاصل شد و کمترین میزان وزن تر و خشک اندام هوایی بترتیب با میانگین ۹۰ و ۲۲/۵ گرم در متر مربع در تیمار شاهد ملاحظه گردید (جدول ۵). نتایج بدست آمده نشان داد کاربرد میزان کافی از عنصر گوگرد در خاک سبب افزایش کارایی نیتروژن شده که به دنبال آن رشد و افزایش وزن گیاه به خوبی انجام شده و سبب افزایش وزن تر و خشک در گیاه زعفران گردید. در این زمینه پژوهش‌های محققان نشان می‌دهد کاربرد کودهای گوگرد سبب افزایش تولید اسیدهای آمینه مختلف شده که در نهایت سبب رشد و توسعه ریشه و قسمت‌های هوایی زعفران، آسیمیلاسیون بیشتر و انتقال آنها به اندام‌های زیرزمینی و بنه زعفران و نهایتاً افزایش وزن تر و خشک اندام‌های هوایی گردید (*Omidi et al., 2009*). اورمان و کاپلان (*Orman & Kaplan 2007*) بیان نمودند که کاربرد گوگرد سبب افزایش مقدار کلروفیل در برگ‌های شده و از این طریق بر افزایش میزان فتوسنتز گیاه اثر مثبت گذاشته و با افزایش تولید آسیمیلات‌ها سبب افزایش وزن تر و خشک بوته شده است.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد خصوصیات مختلف گیاه زعفران به خوبی نسبت به مصرف گوگرد و پتاسیم واکنش نشان داد. در بین صفات مورد بررسی تعداد گل در متر مربع فقط تحت تاثیر کود گوگرد قرار گرفت که

بیشترین تعداد گل در واحد سطح با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم گوگرد بدست آمد. وزن گل نیز تحت تاثیر مصرف جداگانه گوگرد و پتاسیم قرار گرفت. اما سایر ویژگی‌های مورفولوژیک (طول کلاله، طول خامه، طول مادگی، وزن تر اندام هوایی و وزن خشک برگ) و خصوصیات کمی (وزن کلاله و وزن خامه) زعفران تحت تاثیر کاربرد توام کود گوگرد و پتاسیم در شهرستان کرمانشاه قرار گرفتند. نتایج بدست آمده نشان داد اثر پتاسیم بر گلدهی زیاد نبوده است زیرا محتوای پتاسیم خاک طبق اطلاعات جدول خاکشناسی تقریبا بالا بوده است و این مسئله باعث شد اثر پتاسیم بر این صفات زایشی چندان زیاد نباشد از طرفی گوگرد اثر مطلوبی بر صفات زایشی زعفران داشت بنظر می‌رسد کود گوگرد از طریق کاهش PH خاک محل آزمایش به انحلال و جذب سایر عناصر کمک کرده است. بر اساس نتایج این پژوهش مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم باعث بدست آمدن بیشترین میزان خصوصات کمی در تولید زعفران گردید.

منابع

Ahmad, M., Zaffar, G., Mir, S.D., Razvi, S.M., Rather, M.A., Mir, M.R. 2011. Saffron (Crocus sativus L.) strategies for enhancing productivity. Res. J. Med. Plant. 5(6): 630-649. [in Persian with English Summary].

Akter, F., Islam, N., Shamsuddoha, A.T.M., Bhuiyan, M.S.I., Shilpi, S., 2013. Effect of phosphorus and sulphur on growth and yield of soybean (Glycine max L.). Int. J. Bio-Resour. Stress Manage. 4(4), 555-560.

Aalizadeh, M., makarian, H., ebadi, A., shafaroodi, A. (2021). Evaluation of the effect of different fertilizer treatments on yield and some reproductive traits of Saffron (Crocus sativus L.) in the climatic conditions of Ardabil. Journal of Saffron Research, 9(1), 11-27. [in Persian with English Summary].

Amani, F., Reisi, F., 2008. The role and importance of sulfur in soybean cultivars growth and phosphorus uptake from a calcareous soil. Abstract of the articles of the 9th Iranian Congress of Agriculture and Plant Breeding. University of Tehran, Abu Reihan Campus.

Avarseji. Z., Kafi, M., Sabet Teimouri, M., Orooji, K., 2013. Investigation of salinity stress and potassium levels on morphophysiological characteristics of saffron. J. Plant Nutr. 36: 299–310.

Azizi Zahan, A.A., Kamgar Haghighi, A.A., Sepaskhah, A. R., 2006. The effect of irrigation method and cycle on bud production and flowering in saffron (Crocus sativus L.) J. Sci. Technol. Agric. Nat. Resour. 1: 45-53. [in Persian with English Summary].

Beiki, A.H., Keifi, F., Mozafari, J., 2010. Genetic differentiation of Crocus species by random amplified polymorphic DNA. Genet. Eng. Biotechnol. J., 18: 1-10.

Besharati Kalayeh, H., Saleh Rastin, N., 2000. The effect of sulfur consumption and inoculation of Thiobacillus bacteria on the amount of iron and zinc absorbed by corn under greenhouse conditions, Journal of Soil and Water. 7 (12): 63-72. [in Persian with English Summary].

Choopan, Y., hezarJaribi, A., Ghorbani, K., Hesam, M., Khashei-Siuki, A. (2021). Evaluation of the effect of municipal wastewater and irrigation time on quantitative and qualitative reactions of saffron (Crocus sativus L.). Journal of Saffron Research, 9(1), 45-59. [in Persian with English Summary].

Dilmaghani, M.R., Malakouti, M.J., Neilsen, G.H., Fallahi, E., 2004. Interaction effect of K and Ca on K/Ca ratioand its consequence to apple fruit quality on calcareous soils of Iran. J. Plant Nutr. 27: 1149-1162.

Fismes, J., Vong, P.C., Guckert, A., Frossard, E., 2000. Influence of sulfure on apparent N-use efficiency, yield and quality of oilseed rape (Brassica napus L.) grown on a calcareous soil. Eur. J. Agron. 12(2): 127-141.

Ghavi, M., Sadrabadi Haghighi, R., 2015. Effect of the foliar application of biological, biostimulator and chemical fertilizers on growth characterestics and yield of saffron (Crocus sativus L.). J. Crop. Prod. 8(3): 139-158. [in Persian With English Summary].

Heidari, M., Asgharipour, M.R., 2012. Effect of different amounts of potassium sulfate on yield and yield components of grain sorghum under drought stress. Iranian Journal of Crop Research. 10: 371-384. [in Persian with English Summary].

Ivan, J., 2007. Micronutrient innovation. Potato Grower Magazine. Harris Publishing Inc. USA, 1: 58-61

Jahan, M., Jahani, M., 2007. The effects of chemical and organic fertilizers on saffron flowering. Acta Horticulturae, 739: 81-86.

Kafi, M., Rashedmohasel, M. H., Kuchaki, A., Molafilabi, A., 2002. Saffron production and processing technology. University of Mashhad, Iran. [in Persian].

Kariminejad, M., Pazouki A., Taraghi, A.F., 2016. Investigation of the effects of planting arrangement and density on yield and some agronomic traits of saffron (Crocus sativus L) in Shahre Rey. J. Res Crop Sci. No. 18, pp. 51-60. [in Persian with English Summary].

Kariminia, A., 1997. Identification of Thiobacillus species isolated from some soils of Iran and their effect on reducing the pH of different soils. Tarbiat Modares University Master Thesis. Tehran Iran. [in Persian with English Summary]

Koocheki, A., Jahani, M., Tabrizi, L., Mohammadabadi, A. A., 2011. Investigation on the effect of biofertilizer, chemical fertilizer and plant density on yield and corm criteria of saffron (Crocus sativus L.). Water and Soil, 25(1). [in Persian with English Summary].

Malakoti, M.J., Shhabi, A.A., Bazargan, K., 2005. Potash in Iran Agriculture. Sana Publications. Tehran. Iran. [in Persian].

Malakouti, M.J., Malakouti, A., Bybordi, I., Khamesi, E., 2010. Zinc (Zn) is the neglected element in the life cycle of plant, animal and human health (10th edition with complete revision). Tech. bulletin No. 007. Soil Science Department-Tarbiat Modares University. Sana Pub. Co., Tehran, Iran. 14 pp.

Ministiry of Agriculture-Jahad., 2020. Agricultural statistics of the cropping year 2019-2020, the second volume of horticultural products. Ministry of Jihad Agriculture, Deputy of Planning and Economy, Information and Communication Technology Center.

Molaei Niqabadi, M., Lebaschi, M.H., Ansari, Kh., 2014. Investigation of the effect of chemical fertilizer application time and coriander density on saffron yield in rainfed conditions of Damavand region. J. Crop. Prod. Res. 6 (1): 87-95. [in Persian with English Summary].

Molina, R.V., Valero, M., Navarro, Y., Guardiola, L. E., Garcia-Luice, A., 2005. Temperature effects on flower formation in saffron (Crocus sativus L.). Sci. Hortic . 103: 361-379.

Mostafavi Rad, M., Tahmasebi Sarvestani, Z.A., Modares Sanavi., S.A.M., Qalavand, A., 2011. Evaluation of yield, fatty acid composition and amount of seed micronutrients in high yielding rapeseed cultivars under different amounts of sulfur. Elec J. Crop. Prod. 4: 1 60-43. [in Persian with English Summary].

Nakhzari Moghaddam, A., Ghaffari, S., Rahmi Karizki, A., Salahi Farahi, M., 2016. Effect of different levels of sulfur and thiobacillus fertilizer on yield, yield components and percentage of sunflower seed oil in Gonbad region. J. Prod. Oil. Plants. 2 (2): 25-34. [in Persian with English Summary].

Omidi H., Naqdi Badi H.A., Golzad A., Torabi H., Fotokian M.H., 2010. The effect of chemical fertilizer and bio nitrogen on quantitative and qualitative yield of saffron. J. Med. Plants. 8 (2): 99-109. [in Persian with English Summary].

Omidi, H., Naghdibadi, H.A., Golzad, A., Torabi H., Fotoukian, M.H., 2009. The effect of chemical and bio-fertilizer source of nitrogen on qualitative and quantitative yield of saffron (Crocus sativus L.). J. Med. Plants. 8: 98-09. [in Persian with English Summary].

Ormanm S., Kaplanm M., 2007. Effects of Elemental Sulphur and Organic Manure on Sulphur, Zinc, and Total Chlorophyll Contents of Tomato in a Calcareous Sandy Loam Soil. a, A, 7, 7-76.

Rahimian, Z., 2011. Effect of Sulfur and Thiobacillus with Organic Matter on Quantitative and Qualitative Traits of Rapeseed. Plant.Phys.J. 12 (3): 19-27. [in Persian with English Summary].

Rahman, M.N., Sayem, S.M., Alam, M.K., Islam, M.S., Mondol, A.T.M.A.I., 2007. Influence of sulphur on nutrient content and uptake by rice and its balance in old Brahmaputra floodplain soil. J.Soil.Nature. 1, 5-10.

Rasouli, Z., Farahani, S.M., Besharati, H., 2015. Saffron (Crocus sativus L.) yield as affected by different fertilizing systems. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research

. 31(2). [in Persian with English Summary].

Ravi, S., Channal, H.T., Hebsur, N.S., Dharmatti, P.R., 2010. Effect of sulphur, zinc and iron nutrition on growth, yield, nutrient uptake and quality of safflower (Carthamus tinctorius L.). Karnataka. J. Agric. Sci. 21(3): 382-385.

Rezvani Moghadam, P., Khorramdel, S., Amin Ghafouri, A., Shabahang, J., 2013.

Ünal M., Çavuşoğlu A., 2005. The effect of various nitrogen fertilizers on saffron (Crocus sativus L.) yield. Akdeniz Üniversitrsi Ziraat Fakultesi Dergisi. 18 (2), 257-260.

Zabihi, H.R. Faizi, H., 2014. Reaction of saffron to the amounts of two types of potassium fertilizer. Journal of Saffron Agriculture and Technology. 2 (3): 191-198. [in Persian with English Summary].

Evaluation of growth and yield of saffron Crocus sativus L under the influence of fungal substrate compost and coriander density. Journal of Saffron Research. 1: 13-26. [in Persian with English Summary].

Temperini O., Rea R., Temperini A., Colla G., Rouphael Y., 2009. Evaluation of saffron (Crocus sativus L.) production in Italy: Effects of the age of saffron fields and plant density. J. Food, Agric. Environ. Vol. 7, Issue 1, pages 19-23.

Journal of Saffron Research (semi-annual)
Vol.9, No.1, Fall & Winter, 2021-2022
p. 228-242
http://dx.doi.org/10.22077/JSR.2021.4187.1156

University of Birjand

Original Article:

Effect of Sulfur and Potassium Fertilizers on Yield and Yield Components of Saffron (*Crocus Sativus* L.) in Kermanshah

Gholam Basatpour[1], Mohammad Kheirkhah[2], *Mahdi Babaeian[3]

1- M.Sc. Graduate of Agrotechnology, Agricultural Faculty of Shirvan, University of Bojnord, Iran.
2- Associate Professor, Agricultural Faculty of Shirvan, University of Bojnord, Iran.
3- Assistant Professor, Agricultural Faculty of Shirvan, University of Bojnord, Iran.
**Corresponding Author Email: mahdibbn@gmail.com*

Received 4 March 2021; Accepted 1 June 2021

Abstract

This study was conducted to investigate the effect of application of sulfur and potassium fertilizers on yield and yield components of saffron in the crop year 2018 in Kermanshah region. The experiment was performed as a factorial based on a randomized complete block design with three replications. Experimental treatments included potassium fertilizer (potassium sulfate) at four levels (0, 50, 75 and 100 kg / ha) and sulfur fertilizer (granular) at four levels (0, 100, 150 and 200 kg / ha). The traits studied in this experiment included: number of flowers per square meter, fresh flower weight, stigma length, style length, stigma and style length assembly, stigma weight, style weight, leaf fresh weight and leaf dry weight. The results showed that the consumption of sulfur and potassium had a significant effect on the quantitative characteristics of saffron. The highest number of flowers per unit area, fresh flower weight, leaf fresh weight and leaf dry weight were obtained in the treatment of 200 kg / ha of sulfur fertilizer. Also, the study of the role of potassium showed that the highest fresh weight of flowers was observed in the application of 100 kg of potassium. Interaction of 200 kg of sulfur with 100 kg of potassium produced the highest amount of stigma length, style length, stigma dry weight and style dry weight.

Keywords: Sulfur, Potassium, Saffron, Yield.