

ORIGINAL RESEARCH PAPER

Improving Grain Oil Yield and Oil Fatty Acids of Different Sesame (*Sesamum indicum* L.) Cultivars with Sulfur Spraying

Dejam^{1*}, M., Madandoust^{2*}, M. and Daneshmandi³, Sh.

1. Assistant Professor, Department of Horticulture, Fasa Branch, Islamic Azad University, Fasa, Iran

2 and 3. Associate Professor and Instructor, Respectively, Department of Agronomy, Fasa Branch, Islamic Azad University, Fasa, Iran

*: Corresponding author Email: mehdi.madandoust@iau.ac.ir

Received: 2023/09/21 Accepted: 2024/03/8

Abstract

The global approach in the production of oil plants is to increase oil yield and change the proportion of fatty acids in seed oil through management methods such as optimal use of chemical fertilizers; Therefore, the main goal of this research was to improve the content of oil and fatty acids in the seed oil of different sesame cultivars with sulfur foliar application. This research was conducted as a factorial experiment in the form of randomized complete block design with three replications in 2018 and 2019 in Fasa city, located in the east of Fars province, Iran. The first factor was five sesame cultivars (including Darab, Fasa, Iraqi, Dashestan and Barazjan) and the second factor was sulfur spraying in five concentrations (including control, 2, 4, 6 and 8 grams per liter). In this experiment, the percentage of sesame seed oil and protein, seed yield, seed oil and its fatty acids were measured. The results showed that increasing the concentration of sulfur with a concentration of 8 grams per liter caused a 13.4% increase in seed oil compared to the control. Consumption of sulfur with a concentration of 8 grams per liter caused a decrease of 19.1% in grain protein compared to the control. The results showed the different response of cultivars in terms of oil yield and fatty acids of seed oil. Unsaturated fatty acids, oleic acid and linoleic acid (with a concentration of 44.4 and 36.8 percent and saturated fatty acids palmitic acid and stearic acid with a concentration of 9.6 and 7.2 percent, are the highest in different sesame cultivars) study showed. With the increase of sulfur level, the amount of fatty acids investigated increased in the seed, except for linoleic acid. In total, the results showed that the use of foliar spraying concentration of 8 grams per liter of sulfur increased the yield of oil and fatty acids of seed oil of different sesame cultivars.

Keywords: Oleic acid, Palmitic acid, Oil grain, Sulfat, Linoleic acid

Introduction

Sesame (*Sesamum indicum* L.) is one of the plants adapted to arid and semi-arid regions of the world. Sesame planting has been customary since ancient times, and features such as tolerance to drought and high quantity and quality of oil are among the things that have drawn attention to this plant. Sesame is widely used in the preparation of edible oil and medicine due to its quality oil, protein and antioxidants. Consumption of sulfur increases the yield of sesame. Native populations can be used as a valuable genetic resource in breeding new cultivars if they have suitable traits. The present research was aimed at evaluating the effect of foliar application of different concentrations of sulfur on the improvement of oil yield (quantity of oil yield) and fatty acids of seed oil (quality of oil yield) in different sesame cultivars.

Materials and Methods

This research was conducted as a factorial experiment in the form of randomized complete block design with three replications in 2018 and 2019 in Fasa city, located in the east of Fars province, Iran. The first factor was five sesame cultivars (including Darab, Fasa, Iraqi, Dashestan and Barazjan) and the second factor was sulfur spraying in five concentrations (including control, 2, 4, 6 and 8 g.L⁻¹). Sulfur was used as a liquid suspension with the brand name of Sulfur Samiran. In this experiment, the percentage of sesame seed oil and protein, seed yield, seed oil and its fatty acids were measured.

Results and Discussion

In all concentrations of sulfur application, the highest oil yield was observed in Dashtestan cultivar, while the lowest oil yield was observed in Iraqi cultivar. In all cultivars, with the increase in sulfur concentration, the oil yield of sesame cultivars increased significantly, so that the foliar spraying concentration of 8 grams per liter of sulfur caused a 24% and 28% increase in oil yield in Darab and Fasa cultivars, respectively. An increase of 13, 17 and 24% in oil yield in Iraqi, Dashtistan and Barazjan cultivars, respectively, was achieved with foliar spraying of 8 grams per liter of sulfur. 11 fatty acids including four saturated fatty acids (myristic acid, palmitic acid, margaric acid and stearic acid) and 7 unsaturated

Golzardi *et al.*, Improving Grain Oil Yield and Oil ...

fatty acids (palmitoleic acid, heptadecanoic acid, oleic acid, linoleic acid, alpha linoleic acid, arachidonic acid and gadoleic acid) was recognized from the investigated sesame cultivars.

Conclusions

In this experiment, sulfur had a positive contribution in bringing sesame closer to oil yield potential and seed oil quality. In all cultivars, the highest increase in the percentage of fatty acids obtained by applying foliar application of 8 grams per liter of sulfur fertilizer, which belongs to arachidonic acid. This unsaturated fatty acid increased by 17.2% compared to the control treatment with increasing concentration of sulfur spraying. The highest yield of sesame seed oil was obtained with foliar spraying of 8 grams per liter of sulfur in the Dashtestan cultivar at the rate of 1504 kg per hectare.

Citations: Golzardi, Dejam, M., Madandoust, M. & Daneshmandi, Sh. (2024). Improving Grain Oil Yield and Oil Fatty Acids of Different Sesame (*Sesamum indicum* L.) Cultivars with Sulfur Spraying. *Plant Production Technology*, 23(2), 69-83. <https://doi.org/10.22084/PPT.2024.26557.2085>

© 2022 The Author(s). Bu- Ali Sina University Publication. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Online ISSN: 2476-5651

Print ISSN: 2476-6321

بهبود عملکرد روغن و اسیدهای چرب روغن دانه ارقام مختلف کنجد (*Sesamum indicum* L.) با محلول پاشی گوگرد

Improving Grain Oil Yield and Oil Fatty Acids of Different Sesame (*Sesamum indicum* L.) Cultivars with Sulfur Spraying

محمود دژم^۱، مهدی مدن دوست^{۲*} و شهرام دانشمندی^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۱۸

(مقاله پژوهشی)

چکیده

رویکرد جهانی در تولید گیاهان روغنی به سمت افزایش عملکرد روغن و تغییر نسبت اسیدهای چرب روغن دانه از طریق روش‌های مدیریتی نظیر مصرف بهینه کودهای شیمیایی می‌باشد؛ بنابراین بهبود محتوای روغن و اسیدهای چرب روغن دانه ارقام مختلف کنجد با محلول پاشی گوگرد، هدف اصلی این پژوهش بود. این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ در شهرستان فسا، واقع در شرق استان فارس انجام شد. فاکتور اول پنج رقم کنجد (شامل داراب، فسا، عراقی، دشتستان و برازجان) و فاکتور دوم محلول پاشی گوگرد در پنج غلظت (شامل شاهد، ۲، ۴، ۶ و ۸ گرم در لیتر) بود. در این آزمایش درصد پروتئین و روغن دانه کنجد، عملکرد دانه و روغن دانه و اسیدهای چرب آن اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که افزایش غلظت گوگرد با غلظت ۸ گرم در لیتر سبب افزایش ۱۳/۴ درصدی روغن دانه نسبت به شاهد گردید. مصرف گوگرد با غلظت ۸ گرم در لیتر سبب کاهش ۱۹/۱ درصدی پروتئین دانه نسبت به شاهد گردید. نتایج حاصل نشان‌دهنده پاسخ متفاوت ارقام از نظر میزان عملکرد روغن و اسیدهای چرب روغن دانه بود. اسیدهای چرب غیراشباع اولئیک اسید و لینولئیک اسید (با غلظت ۴۴/۴ و ۳۶/۸ درصد و اسیدهای چرب اشباع پالمیتیک اسید و استئاریک اسید با غلظت ۹/۶ و ۷/۲ درصد، بیش‌ترین میزان را در ارقام مختلف کنجد مورد مطالعه نشان دادند. با افزایش سطح گوگرد مقدار اسیدهای چرب مورد بررسی به استثنای لینولئیک اسید در دانه افزایش یافت. در مجموع نتایج نشان داد که استفاده از غلظت محلول پاشی ۸ گرم در لیتر گوگرد باعث افزایش عملکرد روغن و اسیدهای چرب روغن دانه ارقام مختلف کنجد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: اولئیک اسید، پالمیتیک اسید، دانه روغنی، سولفات، لینولئیک اسید

ارجاع به مقاله: دژم، م.، مدن دوست، م. و دانشمندی، ش. (۱۴۰۲). بهبود عملکرد روغن و اسیدهای چرب روغن دانه ارقام مختلف کنجد (*Sesamum indicum* L.) با محلول پاشی گوگرد، مجله فناوری تولیدات گیاهی، ۲۳(۲)، ۶۹-۸۳. <https://doi.org/10.22084/PPT.2024.26557.2085>

حق نشر متعلق به نویسنده (گان) است و نویسنده تحت مجوز Commons Creative License Attribution

(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>) به مجله اجازه می‌دهد مقاله‌ی چاپ شده را در سامانه به اشتراک بگذارد، منوط بر اینکه حقوق مؤلف اثر حفظ و به انتشار اولیه مقاله در این مجله اشاره شود.



شاپا چاپی: ۶۳۲۱-۲۴۷۶

شاپا الکترونیکی: ۵۶۵۱-۲۴۷۶

۱. استادیار، گروه باغبانی، واحد فسا، دانشگاه آزاد اسلامی، فسا، ایران

۲ و ۳. به ترتیب دانشیار و مربی، گروه زراعت، واحد فسا، دانشگاه آزاد اسلامی، فسا، ایران

* نویسنده مسئول Email: mehdi.madandoust@iau.ac.ir

مقدمه

کنجد (*Sesamum indicum* L.) از جمله گیاهان سازگار با نواحی خشک و نیمه خشک دنیا است. کاشت کنجد از زمان‌های قدیم مرسوم بوده و ویژگی‌هایی هم‌چون تحمل به خشکی و بالا بودن کمیّت و کیفیت روغن از جمله مواردی است که باعث توجه به این گیاه شده است. کنجد به دلیل داشتن روغن با کیفیت، پروتئین و آنتی‌اکسیدان به‌طور گسترده‌ای در تهیه روغن خوراکی و دارو استفاده می‌شود (دوس سانتوس^۱ و همکاران، ۲۰۱۸). بذرهاى کنجد دارای محتوای بالای روغن (۴۲-۵۶ درصد) و پروتئین (۱۷-۳۲ درصد) و نیز منبع خوبی برای مواد معدنی به‌خصوص کلسیم، فسفر، پتاسیم و آهن است (پال^۲ و همکاران، ۲۰۲۰). براساس گزارش محققان اسیدهای چرب عمده در روغن کنجد شامل اسید لینولئیک، اسید اولئیک، اسید پالمیتیک، اسید استئاریک و آراشیدونیک اسید می‌باشد (جین^۳، ۲۰۲۰). اسیدهای چرب غیراشباع مانند اسید اولئیک دارای یک پیوند مضاعف است. این اسید چرب سبب دوام و پایداری بیش‌تر روغن کنجد در مقابل اکسیداسیون می‌گردد، درحالی‌که اسیدهای چرب غیر اشباع مانند اسید لینولئیک و اسید لینولنیک دارای چند پیوند مضاعف می‌باشند؛ اگرچه این ترکیبات در مقابل اکسیداسیون حساس‌تر هستند، ولی از نظر تغذیه‌ای و سلامت انسان اهمیت زیادی دارند (بدی جیان^۴، ۲۰۱۰). شرایط مختلف محیطی از طریق تغییر در نسبت اسیدهای چرب سبب تغییر در کیفیت روغن گیاهان روغنی می‌شوند. به‌طور مثال خادمیان و همکاران (۲۰۱۹) مشاهده کردند که تنش شوری بر نسبت اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع دانه ژنوتیپ‌های مختلف کنجد اثر معنی‌دار دارد و از این طریق کیفیت روغن کنجد را تغییر می‌دهد. بهبود درصد روغن و پروتئین از اهمیت زیادی در تولید کنجد برخوردار است.

فراهم نمودن مقدار کافی عناصر غذایی موردنیاز گیاه در خاک با مدیریت بهینه کودهای شیمیایی از جنبه‌های بسیار مهم مدیریت زراعی به‌منظور افزایش تولید و بهبود کیفیت محصولات است (عطارزاده^۵ و همکاران، ۲۰۱۹). گوگرد چهارمین عنصر ضروری بعد از نیتروژن، فسفر و پتاسیم است و به ساخت اسیدهای آمینه گوگرددار (نظیر متیونین و سیستئین) در گیاهان کمک می‌کند. گوگرد از مواد تشکیل‌دهنده کوآنزیم‌آ است. کوآنزیم‌آ وقتی با اسید استیک

ترکیب می‌شود، استیل کوآنزیم‌آ را به‌وجود می‌آورد. یکی از نقش‌های این ترکیب مشارکت در بیوسنتز اسیدهای چرب به‌عنوان پیش‌ماده اصلی است (اود^۶، ۲۰۰۶). گوگرد از طریق سیستم ریشه‌ای گیاهان به فرم سولفات جذب شده و به کلروپلاست سلول‌های برگ منتقل شده و در نهایت به ترکیبات آلی تبدیل می‌شود (فیوان-تز-لارا^۷ و همکاران، ۲۰۱۹). گوگرد با تأثیر بر مسیر بیوسنتز اسیدهای چرب به‌وسیله بیوتین که یک کوآنزیم دارای گوگرد است، مؤثر است. گوگرد از تبدیل اسید اولئیک به اسید اروسیک جلوگیری می‌کند (فیوگیت و جارت^۸، ۲۰۱۲). در هر حال نیاز به عنصر گوگرد در دانه‌های روغنی در مقایسه با دیگر محصولات زراعی بالاتر است (شرر^۹، ۲۰۰۱). اثرات مفید گوگرد در منابع متفاوت بر بهبود عملکرد روغن و نسبت اسیدهای چرب روغن دانه کنجد گزارش شده است (راز^{۱۰} و همکاران، ۲۰۱۸؛ مینا^{۱۱} و همکاران، ۲۰۱۹) استفاده از عناصر مغذی همراه با آبیاری، سبب کاهش کارایی آن‌ها و عدم قابلیت استفاده از آن‌ها به‌دلیل تثبیت در خاک می‌گردد، اما استفاده از این عناصر به‌صورت محلول‌پاشی به‌دلیل افزایش کارایی جذب عناصر، روش مناسبی می‌باشد (فاجریا^{۱۲} و همکاران، ۲۰۰۹).

کنجد به‌دلایلی مانند عملکرد پایین، حساسیت به بیماری‌ها و ریزش، در مقایسه با دیگر گیاهان زراعی کم‌تر موردتوجه قرار گرفته است (بدی جیان، ۲۰۱۰). مصرف گوگرد باعث افزایش عملکرد کنجد می‌شود (هلمریم^{۱۳}، ۲۰۱۸). دلیل آن نقش مهم گوگرد در ساخت پروتئین‌ها و فرایند فتوسنتز ذکر گردیده است (نسرین^{۱۴}، ۲۰۰۲). کمبود گوگرد به‌دلیل تأثیر در سنتز کلروفیل و بازده فتوسنتزی باعث اختلال در متابولیسم گیاه می‌گردد. علاوه‌بر این گوگرد نقش مهمی در فرآیندهای تنظیم بیوسنتز هورمون‌های گیاهی دارند (حسنوزمان^{۱۵} و همکاران، ۲۰۱۸). گوگرد یکی از عوامل تنظیم‌کننده متابولیسم گیاه است. به‌طور مثال این عنصر از طریق تنظیم بیوسنتز هورمون‌های گیاهی، در تنظیم نمو گیاه مؤثر است (جهان^{۱۶} و همکاران، ۲۰۱۹). تحقیقات نشان داده است که کاربرد گوگرد در خاک‌های دچار کمبود آن سبب افزایش عملکرد کنجد می‌گردد

6. Oda
7. Fuentes-Lara
8. Fugate and Jarrett
9. Scherer
10. Raza
11. Meena
12. Fageria
13. Hailemariam
14. Nasreen
15. Hasanuzzaman
16. Jahan

1. Dos Santos
2. Pal
3. Jain
4. Bedigian
5. Attarzadeh

مجموع بارندگی در آذر سال‌های مذکور به ترتیب ۱۱/۹ و ۳۱/۷ میلی‌متر بود، اما در بقیه طول دوره رشد بارندگی اتفاق نیفتاد. بذر ارقام مختلف کنجد از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه گردید. قبل از کاشت عملیات خاک‌ورزی اولیه شامل شخم، دیسک و آماده‌سازی بستر کشت صورت گرفت. سپس کرت‌هایی با طول شش متر و به عرض سه متر با شش خط کشت آماده شد. فاصله ردیف‌ها از هم ۵۰ سانتی‌متر و بذرها روی ردیف با فاصله چهار سانتی‌متر و در عمق دو سانتی‌متر کاشته شد تا تراکم ۵۰ بوته در مترمربع به دست آید (سروش جانی^۴ و همکاران، ۲۰۱۹). فاصله بین کرت‌ها و بلوک‌ها دو متر بود. کشت به صورت دستی و در اواسط مرداد سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ انجام شد. وجین علف‌های هرز با دست و آبیاری به‌طور یکنواخت براساس ۲۵ درصد تخلیه رطوبت خاک انجام شد. آبیاری بر اساس اندازه‌گیری رطوبت خاک از طریق نمونه‌گیری مکرر و روزانه خاک از عمق توسعه ریشه در وسط هر کرت به روش وزنی و با هدف رسیدن به نقطه رطوبت ظرفیت زراعی انجام شد. نیتروژن موردنیاز گیاه از منبع کود اوره براساس نتیجه آزمون خاک به مقدار ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار و در سه قسمت مساوی (در مرحله گیاهچه‌ای، ساقه‌دهی و گلدهی بر مبنای مقیاس BBCH به ترتیب ۱۰، ۲۰ و ۶۵) تأمین شد (دوس سانتوس و همکاران، ۲۰۱۸؛ آتی بابا^۵ و همکاران، ۲۰۱۰). محلول‌پاشی گوگرد توسط سم‌پاش پشتی با کالیبراسیون ۳۰۰ لیتر در هکتار و طی دو مرحله ساقه‌دهی و گل‌دهی قبل از طلوع آفتاب انجام شد.

عملکرد دانه

برداشت نهایی برای محاسبه عملکرد دانه پنج ماه پس از کاشت، در اواسط آذر بود. برداشت از چهار ردیف میانی با لحاظ کردن اثر حاشیه‌ای در مساحتی بالغ بر دو مترمربع انجام گرفت. عملکرد دانه براساس رطوبت ۱۰ درصد دانه محاسبه شد.

و با کاربرد ۲۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد می‌توان عملکرد رضایت‌بخشی به دست آورد (ساهو^۱ و همکاران، ۲۰۱۷). گزارش شده است که محلول‌پاشی برگی عناصر کم‌تحرک مانند گوگرد در گیاه سبب بهبود کارایی جذب و افزایش عملکرد گیاهان دانه روغنی می‌شود (پوزینسکا^۲ و همکاران، ۲۰۱۸)، با این حال اطلاعات کمی در رابطه با تأثیر گوگرد بر عملکرد روغن و اسیدهای چرب روغن دانه در ارقام مختلف کنجد وجود دارد، به طوری که سطح بهینه گوگرد برای کنجد تا حد زیادی نامشخص است. توده‌های بومی نیز از این نظر که در طی سالیان متمادی قادر به حفظ بقاء خود بوده و سازگاری مناسبی با شرایط اقلیمی آن منطقه دارند از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. بنابراین توده‌های بومی در صورتی که دارای صفات مناسبی نیز باشند به عنوان یک منبع ژنتیکی ارزشمند در اصلاح ارقام جدید قابل استفاده است (ژانگ^۳ و همکاران، ۲۰۱۹). تحقیق حاضر با هدف ارزیابی اثر محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف گوگرد بر بهبود عملکرد روغن (کمیت عملکرد روغن) و اسیدهای چرب روغن دانه (کیفیت عملکرد روغن) در ارقام مختلف کنجد مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

طراحی آزمایش و تیمارها

این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ در شهرستان فسا، واقع در شرق استان فارس با طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۱۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۲۴ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۷۰ متر از سطح دریا انجام گردید. فاکتور اول شامل ۵ رقم مختلف کنجد (داراب، فسا، عراقی، دشتستان و برازجان) و فاکتور دوم محلول‌پاشی گوگرد در پنج غلظت (شامل شاهد، ۲، ۴، ۶ و ۸ گرم در لیتر) بود. گوگرد از نوع مایع سوسپانسیون با نام تجاری گوگرد سمیران با ماده مؤثره ۸۰۰ گرم در لیتر و با مواد همراه ۲۰۰ گرم در لیتر استفاده شد. در تیمار شاهد، محلول‌پاشی با آب خالص انجام شد. قبل از اجرای آزمایش از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تعیین شد (جدول ۱). در طول اجرای آزمایش در ایستگاه هواشناسی سینوپتیک فسا طی سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ به ترتیب حداقل دما ۲۲/۳ و ۲۲/۸ در مرداد و حداکثر دما ۴۰/۳ و ۴۱ درجه سلسیوس در تیر و مرداد نشان داده شد.

4. Soureshjani
5. Attibayeba

1. Sahu
2. Pużyńska
3. Zhang

جدول ۱: تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1: The soil physical and chemical analysis

سال	بافت	هدایت الکتریکی	کربن آلی	نیتروژن	اسیدیته	محلول سولفات	فسفر	پتاسیم	روی	منگنز	آهن	مس
Year	Texture	دسی زیمنس بر متر	O.C	N	pH	Soluble SO ₄ ²⁻	P	K	Zn	Mn	Fe	Cu
		دسی زیمنس بر متر	درصد	درصد	-	میلی اکی والان در لیتر	میلی گرم در کیلوگرم	میلی گرم در کیلوگرم	میلی گرم در کیلوگرم	میلی گرم در کیلوگرم	میلی گرم در کیلوگرم	میلی گرم در کیلوگرم
		dS m ⁻¹	%	%		meq.L ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹
۱۳۹۷	لومی	2.5	0.44	0.02	7.52	7.8	15.4	449	1.53	19.75	7.2	1.52
2018	Loam											
۱۳۹۸	لومی	3	0.46	0.01	7.6	7.8	13.4	438	1.4	19.8	7.1	1.50
2019	Loam											

درصد روغن و پروتئین دانه

دانه‌های کنجد به مدت سه روز در دمای ۶۵ درجه سلسیوس خشک شدند. روغن دانه به روش سوکسله با استفاده از حلال هگزان استخراج شد (Raja و همکاران، 2018). اندازه‌گیری پروتئین دانه از طریق اندازه‌گیری درصد نیتروژن دانه با دستگاه کجلدال که شامل مرحله هضم، تقطیر و تیتراسیون بود و طبق رابطه ۱ انجام شد (هورویتز و لاتیمی، 2006).

رابطه ۱: $\text{درصد پروتئین دانه} = \text{درصد نیتروژن دانه} \times 6.25$

عملکرد روغن

عملکرد روغن با احتساب عملکرد دانه و درصد روغن دانه طبق رابطه ۲ محاسبه شد (Raja و همکاران، 2007).

رابطه ۲: $\text{عملکرد روغن} = \text{عملکرد دانه} \times \text{درصد روغن دانه}$

اسیدهای چرب روغن دانه

برای تعیین ترکیب اسیدهای چرب ابتدا متیل استر اسیدهای چرب نمونه‌ها استخراج شد (سوخی‌جا و پالم کوئیست^۱، 1988). آنالیز اسیدهای چرب نمونه‌ها با دستگاه کروماتوگرافی گازی مدل Techcomp ساخت کشور چین مجهز به آشکارساز یونیزاسیون شعله و انژکتور انجام شد. ستون مؤینه دستگاه به طول ۳۰ متر، قطر ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت لایه فاز ساکن (ضخامت فیلم) ۰/۲۵ میکرون می‌باشد. برای SGA تحلیلی از منبع ملبورن، استرالیا استفاده شد (آوای‌سی^۲، 2003).

آنالیز آماری

قبل از تجزیه داده‌ها، ابتدا در رابطه با داده‌هایی که فرض نرمال بودن رد شده بود، تبدیل لگاریتمی انجام شد. پس از آزمون بارتلت و اطمینان از همگن بودن خطای آزمایش تجزیه واریانس داده‌ها به صورت مرکب با فرض تصادفی بودن اثر سال با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ انجام شد. مقایسه

میانگین داده‌ها نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

بحث و نتیجه‌گیری

درصد روغن و پروتئین دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر رقم و مصرف گوگرد بر درصد روغن و پروتئین دانه کنجد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین نشان داد که در بین ارقام مورد بررسی، رقم دشستان دارای بیش‌ترین درصد روغن و کم‌ترین درصد پروتئین دانه و رقم فسا بیش‌ترین درصد پروتئین و کم‌ترین درصد روغن بود (جدول ۳). رقم فسا دارای بیش‌ترین درصد پروتئین دانه و کم‌ترین درصد روغن دانه بود. در مطالعه حاضر، مصرف بیش‌تر گوگرد باعث بهبود درصد روغن دانه شد، اما درصد پروتئین را کاهش داد. به‌طور مشابه براساس گزارش محققان، هنگامی که گوگرد در مقدار بالاتری استفاده شد، سبب افزایش محتوای روغن و کاهش پروتئین در کنجد (شاه^۵ و همکاران، 2013؛ حسین و همکاران، 2018) و کلزا (مناف^۶ و همکاران، 2007) گردید. این ممکن است با استفاده از کربوهیدرات‌های ذخیره شده برای تولید روغن در ارتباط باشد (شاه و همکاران، 2013).

باتوجه به نتایج مشخص شد که بین درصد روغن و پروتئین دانه کنجد رابطه معکوسی وجود دارد و به همین دلیل افزایش درصد روغن دانه ناشی از اعمال تیمارها سبب کاهش درصد پروتئین دانه گردید (جدول ۳). محتوای روغن و پروتئین دانه معیار گزینش ارقام می‌باشد که نتایج مشابهی از همبستگی منفی بین محتوای این ترکیبات دانه در تحقیقات گذشته نشان داده شد (خادمیان و همکاران، 2019). این ترکیبات به‌طور قابل توجهی تحت‌تأثیر عوامل ژنتیکی، آب و هوایی و زراعی قرار دارد و از نظر تنوع بسیار متفاوت است. گزارش شده است که عواملی از جمله دما و در دسترس بودن عناصر غذایی سبب تغییر در محتوای روغن و پروتئین دانه گیاهان روغنی می‌شود (حسین^۷ و همکاران، 2019).

5. Shah
6. Monaf
7. Hossain

1. Horwitz and Latimer
2. Raja
3. Sukhija and Palmquist
4. AOAC

جدول ۲: تجزیه واریانس اثرات ارقام کنگد و مصرف گوگرد بر محتوای روغن و پروتئین دانه

Table 2: Analysis of variance for the effects of variety and sulfur application on theseed oil contents and seed protein content of sesame

درصد پروتئین دانه Grain protein percentage	درصد روغن دانه Grain oil percentage	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد روغن دانه Grain oil yield	درجه آزادی df	منابع تغییر Source of variation
32.85 ^{ns}	2861.76 ^{ns}	1130757.71 ^{ns}	222049.77 ^{ns}	1	سال Year (Y)
73.47	481.73	7068460.01	1001230.86	4	تکرار (سال) Rep (Y)
858.00 ^{**}	1761.78 ^{**}	5760789.05 ^{**}	2330222.9 ^{**}	4	رقم Cultivar (C)
0.77 ^{ns}	17.62 ^{ns}	106854.78 ^{ns}	51537.5 ^{ns}	4	سال×رقم C×Y
43.90 ^{**}	138.19 ^{**}	3963420.04 ^{**}	1167791.8 ^{**}	4	گوگرد Sulfur (S)
0.11 ^{ns}	1.38 ^{ns}	13035.8 ^{ns}	1533.69 ^{ns}	4	سال×گوگرد S×Y
0.84 ^{ns}	4.96 ^{ns}	96362.94 ^{**}	14616.46 ^{**}	16	گوگرد×رقم C×S
0.21 ^{ns}	0.05 ^{ns}	4180.53 ^{ns}	628.36 ^{ns}	16	سال×گوگرد×رقم C×S×Y
0.53	0.54	46812.58	9581.13	96	خطا Error
11.03	8.2	10.9	8.5	-	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)

ns, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

دارد. نتایج آزمایش حاکی از این است که ارقام برتر در این آزمایش عملکردی بیش از دو تن در هکتار را تولید کردند که برای کنگد قابل توجه است (مینا و همکاران، 2019). رقم برازجان با مصرف ۸ گرم در لیتر بیشترین مقدار عملکرد دانه به مقدار ۲۸۶۵/۲ کیلوگرم در هکتار بوده و رقم محلی فسا باتوجه به بومی بودن در منطقه به دلیل عدم اصلاح نبت به ارقام اصلاح شده عملکرد پایین تری در همه غلظت‌های گوگرد داشته است. کمترین مقدار عملکرد این رقم در شاهد (عدم مصرف گوگرد) به مقدار ۱۴۹۷/۲ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. افزایش عملکرد با افزایش سطح گوگرد مصرفی در نتایج مشابه در گیاه کنگد گزارش شده است (رضا و همکاران، 2018). تأثیر معنی‌دار مصرف گوگرد بر عملکرد به نقش آن در بهبود وضعیت فیزیکی خاک و افزایش قابلیت حفظ و نگهداری آب خاک، اسیدی کردن موضعی خاک و افزایش قابلیت انحلال عناصر غذایی خاک مربوط می‌گردد (راجا و همکاران، 2007).

ترکیبات محتوای روغن و پروتئین در فرایند بیوسنتز برای کربن رقابت می‌کنند. رابطه معکوس محتوای روغن و پروتئین با رقابت آن‌ها برای اسکلت‌های کربن در هنگام سوخت و ساز انرژی همراه است (راتک^۱ و همکاران، 2005). رابطه منفی بین مقدار روغن و پروتئین در دانه‌های روغنی قبلاً توسط محققان دیگر گزارش شده است (هarker^۲ و همکاران، 2015؛ استال^۳ و همکاران، 2017؛ حسین و همکاران، 2018).

عملکرد دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات رقم و محلول پاشی گوگرد و برهم کنش آن‌ها بر عملکرد دانه کنگد معنی‌دار بود (جدول ۲). با افزایش سطح محلول پاشی گوگرد در همه ارقام کنگد عملکرد دانه افزایش یافت. با افزایش غلظت گوگرد از ۲ به ۴ گرم در لیتر عملکرد دانه به طور میانگین ۳۰/۳ درصد افزایش یافت و باعث تغییر معنی‌داری در عملکرد دانه شد. محلول پاشی در غلظت‌های ۴ و ۸ گرم در لیتر در کلیه ارقام به طور متوسط باعث افزایش عملکرد به میزان ۴۰/۷۷ و ۴۳/۶ درصد شد. عملکرد دانه بستگی به رقم و ژنتیک گیاه

1. Rathke
2. Harker
3. Stahl

جدول ۳: مقایسه میانگین ارقام مختلف و غلظت‌های مصرف گوگرد بر درصد پروتئین و روغن دانه کنجد

Table 3: Mean comparison of effect of different cultivars and sulfur application levels on protein and oil (%) of sesame grain

درصد پروتئین دانه Grain protein (%)	درصد روغن دانه Grain oil (%)	تیمار Treatments	رقم Cultivar
15.73 ^b	43.27 ^b	داراب Darab	
24.31 ^a	36.74 ^d	فسا Fasa	
15.78 ^b	40.45 ^c	عراقی Iraqi	
9.28 ^c	56.72 ^a	دشتستان Dashtestan	
15.66 ^b	41.21 ^c	برازجان Borazjan	
17.87 ^a	41.22 ^d	0	مصرف گوگرد (گرم در لیتر)
16.19 ^b	42.34 ^{cd}	2	Sulfur application (g.L ⁻¹)
16.15 ^b	43.36 ^c	4	
16.10 ^b	44.72 ^b	6	
14.45 ^c	46.74 ^a	8	

میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۰/۰۵ بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارد

Means with the same letter in each column are not significantly different at 0.05 probability level by Duncan's test

عملکرد روغن دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات رقم و محلول‌پاشی گوگرد و برهم‌کنش آن‌ها بر عملکرد روغن دانه کنجد معنی‌دار بود (جدول ۲). در کلیه غلظت‌های محلول‌پاشی گوگرد بالاترین عملکرد روغن در رقم دشتستان مشاهده شد، در حالی که کم‌ترین عملکرد روغن در رقم عراقی مشاهده شد. در همه ارقام با افزایش غلظت گوگرد، عملکرد روغن ارقام کنجد به‌طور قابل‌توجهی افزایش یافت، به‌طوری‌که غلظت محلول‌پاشی ۸ گرم در لیتر گوگرد به‌ترتیب سبب افزایش ۲۴ و ۲۸ درصدی عملکرد روغن در ارقام داراب و فسا شد. افزایش ۱۳، ۱۷ و ۲۴ درصدی عملکرد روغن در ارقام عراقی، دشتستان و برازجان به‌ترتیب با محلول‌پاشی ۸ گرم در لیتر گوگرد به‌دست آمد (جدول ۴) که مشابه با نتایج تحقیقات قبلی بوده است (سبیر^۱ و همکاران، ۲۰۱۵). در تحقیقات قبلی نشان داده شده که گوگرد به‌دلیل این‌که جز ساختمان آنزیم‌هاست در واکنش تشکیل اسید چرب و پیوند این اسیدها برای تولید روغن دخالت دارد. با مصرف متعادل گوگرد منجر به سنتز کلروفیل شده که به افزایش فتوسنتز و عملکرد محصول روغن کمک می‌نماید (اور رحمان^۲ و همکاران، ۲۰۱۳). نتایج حاصل از پژوهش محققان نتایج مشابهی نشان می‌دهد که مصرف بهینه گوگرد، عملکرد دانه را بهبود داده و در نتیجه منجر به عملکرد بالای روغن می‌شود (یولاه^۳ و همکاران، ۲۰۱۹). در هر حال

افزایش عملکرد روغن در ارقام مختلف کنجد با مصرف متعادل گوگرد تاییدی بر این ادعا است (رازی و همکاران، ۲۰۱۷). بنابراین به‌نظر می‌رسد که مصرف گوگرد در مطالعه حاضر با تأثیر بر بهبود درصد روغن و عملکرد دانه سبب افزایش عملکرد روغن شده است.

اسیدهای چرب روغن دانه

۱۱ اسید چرب شامل چهار اسید چرب اشباع (میرستیک اسید، پالمیتیک اسید، مارگریک اسید و استئاریک اسید) و ۷ اسید چرب اشباع نشده (پالمیتولئیک اسید، هپتادکانوئیک اسید، اولئیک اسید، لینولئیک اسید، آلفا لینولئیک اسید، آراشیدونیک اسید و گادولئیک اسید) از ارقام کنجد مورد بررسی تشخیص داده شد. نتایج حاصل نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین ارقام مورد بررسی از نظر غلظت اسیدهای چرب مختلف در غلظت‌های مختلف گوگرد بود. بیش‌ترین اسیدهای چرب موجود در روغن در ارقام مورد بررسی کنجد با محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف گوگرد مربوط به اولئیک اسید (با متوسط ۴۴/۴ درصد) و لینولئیک اسید (با متوسط ۳۶/۸ درصد) بود؛ همچنین اسیدهای چرب پالمیتیک اسید و استئاریک اسید به‌ترتیب با متوسط ۹/۶ و ۷/۲ درصد بیش‌ترین غلظت را در بین اسیدهای چرب اشباع شده داشتند (جدول ۷).

1. Sabir
2. UR Rehman
3. Ullah

جدول ۴: مقایسه میانگین برهم‌کنش ارقام مختلف و غلظت‌های مصرف گوگرد بر عملکرد دانه و روغن دانه کنجد

Table 4: Mean comparison of interaction of different cultivars and sulfur application levels on grain yield and grain oil of sesame

عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد روغن دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain oil yield (kg.ha ⁻¹)	مصرف گوگرد (گرم در لیتر) Sulfur application (g.L ⁻¹)	رقم Cultivar
1951.4 ^c	797.0 ^f	0	
1967.8 ^c	824.4 ^f	2	
1974.1 ^c	831.1 ^f	4	
2646.0 ^a	1121.3 ^{bcd}	6	Darab
2665.6 ^a	1121.7 ^{bc}	8	
1497.2 ^{de}	481.1 ^g	0	
1504.0 ^{de}	501.6 ^g	2	
1511.5 ^{de}	548.6 ^g	4	Fasa
1936.4 ^c	740.8 ^f	6	
1974.0 ^c	793.9 ^f	8	
844.4 ^f	320.2 ^h	0	
847.9 ^f	321.6 ^h	2	
1422.9 ^e	546.2 ^g	4	Iraqi
1856.4 ^{cd}	750.6 ^f	6	
1874.1 ^{cd}	794.3 ^f	8	
1889.5 ^{cd}	1011.7 ^{de}	0	
1897.3 ^{cd}	1039.7 ^d	2	
1920.5 ^c	1071.4 ^{cd}	4	Dashtestan
2526.5 ^{ab}	1434.3 ^a	6	
2603.9 ^a	1503.9 ^a	8	
2164.1 ^{bc}	822.3 ^f	0	
2173.6 ^{bc}	864.3 ^{ef}	2	
2185.5 ^{bc}	876.0 ^{ef}	4	Borazjan
2776.3 ^a	1158.7 ^{bcd}	6	
2865.2 ^a	1252.3 ^b	8	

میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۰/۰۵ بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارد

Means with the same letter in each column are not significantly different at 0.05 probability level by Duncan's test

در رابطه با تأثیر محلول‌پاشی گوگرد، اسید چرب اشباع نشده پالمیتولئیک اسید محلول‌پاشی گوگرد در مقادیر ۴، ۶ و ۸ گرم در لیتر افزایش معنی‌دار نشان داد. با بررسی مقایسه اسید چرب اشباع میریستیک اسید بین ارقام مختلف مشخص شد که بیش‌ترین این اسید چرب در رقم دشتستان به‌دست آمد (جدول ۶).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که در رابطه با برهم‌کنش رقم و محلول‌پاشی گوگرد به استثنای دو اسید چرب میریستیک اسید و پالمیتولئیک اسید بر سایر اسیدهای چرب معنی‌دار شد و از بین این دو اسید اثر محلول‌پاشی گوگرد بر اسید چرب میریستیک معنی‌دار نشد و بر سایر اسیدهای چرب معنی‌دار شد. اثر رقم بر کلیه اسیدهای چرب معنی‌دار بود (جدول ۵).

جدول ۵: تجزیه واریانس اثرات ارقام کنگد و مصرف گوگرد بر اسیدهای چرب روغن دانه کنگد

Table 5: Analysis of variance for the effects of variety and sulfur application on fatty acids of and sesame grain oil

میربستیک اسید Myristic acid	پالمیتیک اسید Palmitic acid	مارگریک اسید Margaric acid	استتاریک اسید Stearic acid	پالمیتولئیک اسید Palmitoleic acid	هپتادکانونئیک اسید heptadecenoic acid	اولئیک اسید Oleic acid	لینولئیک اسید Linoleic acid	آلفا لینولئیک اسید alpha-Linolenic acid	آراشیدونیک اسید Arachidonic acid	گادولئیک اسید Gadoleic acid	درجه آزادی df	منابع تغییر Source of variation
0.022 ^{ns}	138.1 ^{ns}	0.009 ^{ns}	77.73 ^{ns}	0.016 ^{ns}	0.01 ^{ns}	2958.5 ^{ns}	2035.2 ^{ns}	0.74 ^{ns}	0.14 ^{ns}	0.03 ^{ns}	1	سال Year (Y)
0.001	23.26	0.002	13.09	0.0028	0.003	498.02	342.61	0.125	0.023	0.006	4	تکرار (سال) Rep (Y)
0.117 ^{**}	21.439 ^{**}	0.067 ^{**}	10.56 ^{**}	0.3528 ^{**}	0.055 ^{**}	37.54 ^{**}	127.72 ^{**}	0.877 ^{**}	0.032 ^{**}	0.223 ^{**}	4	رقم Cultivar (C)
0.001 ^{ns}	0.214 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.11 ^{ns}	0.0035 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.37 ^{ns}	1.28 ^{ns}	0.009 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.002 ^{ns}	4	سال×رقم C×Y
0.001 ^{ns}	0.515 ^{**}	0.001 ^{**}	0.02 ^{**}	0.0001 ^{**}	0.001 ^{ns}	0.65 ^{**}	22.70 ^{**}	0.007 ^{**}	0.010 ^{**}	0.001 ^{**}	4	گوگرد Sulfur (S)
0.001 ^{ns}	0.005 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.0001 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.006 ^{ns}	0.23 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.001 ^{ns}	4	سال×گوگرد S×Y
0.001 ^{ns}	0.250 ^{**}	0.001 ^{**}	0.01 ^{**}	0.0001 ^{ns}	0.002 ^{**}	0.34 ^{**}	22.54 ^{**}	0.003 ^{**}	0.002 ^{**}	0.001 ^{**}	16	گوگرد×رقم C×S
0.002 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.0001 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.23 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.001 ^{ns}	16	سال×گوگرد×رقم C×S×Y
0.001	0.006	0.001	0.00	0.0001	0.002	0.01	0.07	0.001	0.001	0.001	96	خطا Error
19.2	8.3	5.7	3.7	9.5	10.3	5.2	5.7	12.2	12.1	5.3		ضریب تغییرات (درصد) CV (%)

ns, * و **: به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد
ns, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۶: مقایسه میانگین ارقام مختلف و غلظت‌های مصرف گوگرد بر درصد میریستیک اسید و پالمیتولئیک اسید روغن دانه کنجد

Table 6: Mean comparison of effect of different cultivars and sulfur application levels on percentage of Myristic acid and Palmitoleic acid of sesame grain oil

میریستیک اسید Myristic acid	پالمیتولئیک اسید Palmitoleic acid	تیمار Treatments رقم Cultivar
0.12 ^{bc}	0 ^d	داراب Darab
0.03 ^d	0.15 ^b	فسا Fasa
0.1 ^c	0 ^d	عراقی Iraqi
0.19 ^a	0.12 ^c	دشتستان Dashtestan
0.17 ^{ab}	0.26 ^a	برازجان Borazjan
		مصرف گوگرد (گرم در لیتر) Sulfur application (g.L ⁻¹)
	0.102 ^c	0
	0.104 ^b	2
	0.106 ^a	4
	0.106 ^a	6
	0.106 ^a	8

میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۰/۰۵ بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارد

Means with the same letter in each column are not significantly different at 0.05 probability level by Duncan's test

جدول ۷: مقایسه میانگین برهم کنش ارقام مختلف و غلظت‌های مصرف گوگرد بر اسیدهای چرب روغن دانه کنجد

Table 7: Mean comparison of interaction of different cultivars and sulfur application levels on fatty acids of and sesame grain oil

پالمیتیک اسید Palmitic acid	مارگریک اسید Margaric acid	استئاریک اسید Stearic acid	هپتادکانوئیک اسید heptadecenoic acid	اولئیک اسید Oleic acid	لینولئیک اسید Linoleic acid	آلفا لینولئیک اسید alpha-Linolenic acid	آراشیدونیک اسید Arachidonic acid	گادولئیک اسید Gadoleic acid	مصرف گوگرد (گرم در لیتر) Sulfur application (g.L ⁻¹)	رقم Cultivar
درصد Percentage										
10.38 ^{de}	0.10 ^c	6.79 ^g	0.10 ^a	42.63 ^l	38.90 ^d	0.72 ^f	0.29 ^f	0.15 ^f	0	داراب Darab
10.51 ^{cd}	0.11 ^b	6.81 ^g	0.10 ^a	42.70 ^l	38.05 ^e	0.73 ^f	0.29 ^f	0.15 ^f	2	
10.58 ^{bc}	0.11 ^b	6.85 ^{fg}	0.10 ^a	42.98 ^k	38.00 ^e	0.73 ^f	0.29 ^f	0.15 ^f	4	
10.67 ^b	0.16 ^a	6.88 ^{fg}	0.11 ^a	43.15 ^k	37.92 ^e	0.73 ^f	0.29 ^f	0.15 ^f	6	
10.84 ^a	0.16 ^a	6.91 ^f	0.11 ^a	43.33 ^l	37.67 ^e	0.76 ^c	0.34 ^b	0.15 ^f	8	
9.17 ^k	0.09 ^d	7.21 ^e	0.04 ^{bc}	45.13 ^e	40.24 ^b	0.85 ^b	0.33 ^c	0.18 ^e	0	فسا Fasa
9.27 ^k	0.09 ^d	7.24 ^e	0.04 ^{bc}	45.28 ^{cde}	37.06 ^f	0.86 ^b	0.33 ^c	0.18 ^e	2	
9.28 ^k	0.09 ^d	7.26 ^e	0.04 ^{bc}	45.40 ^{bc}	36.55 ^{gh}	0.86 ^b	0.33 ^c	0.18 ^e	4	
9.30 ^{jk}	0.09 ^d	7.26 ^e	0.04 ^{bc}	45.41 ^{bc}	36.06 ^{ij}	0.86 ^b	0.33 ^c	0.18 ^e	6	
9.31 ^{jk}	0.09 ^d	7.27 ^e	0.04 ^{bc}	45.44 ^{bc}	35.37 ^{kl}	0.86 ^b	0.33 ^c	0.18 ^e	8	
9.29 ^{jk}	0.00 ^f	7.92 ^b	0.00 ^d	44.39 ^g	36.40 ^{ghi}	0.42 ⁱ	0.29 ^f	0.00 ^g	0	عراقی Iraqi
9.43 ^{ij}	0.00 ^f	7.97 ^b	0.00 ^d	44.62 ^f	36.38 ^{ghi}	0.42 ⁱ	0.29 ^f	0.00 ^g	2	
9.61 ^h	0.00 ^f	7.98 ^b	0.00 ^d	44.69 ^f	36.74 ^{fg}	0.42 ⁱ	0.29 ^f	0.00 ^g	4	
9.72 ^h	0.00 ^f	7.99 ^b	0.00 ^d	44.77 ^f	36.83 ^{fg}	0.42 ⁱ	0.29 ^f	0.00 ^g	6	
9.87 ^g	0.00 ^f	8.11 ^a	0.00 ^d	45.42 ^{bc}	36.14 ^{hi}	0.43 ⁱ	0.30 ^e	0.00 ^g	8	
9.47 ⁱ	0.08 ^e	7.41 ^d	0.03 ^c	45.17 ^{de}	37.97 ^e	0.78 ^{de}	0.23 ^h	0.21 ^b	0	دشتستان Dashtestan
10.21 ^f	0.08 ^e	7.45 ^{cd}	0.03 ^c	45.32 ^{bcd}	35.64 ^{jk}	0.78 ^{de}	0.23 ^h	0.21 ^b	2	
10.24 ^f	0.08 ^e	7.46 ^{cd}	0.04 ^{bc}	45.45 ^{bc}	35.17 ^l	0.80 ^{cd}	0.24 ^g	0.21 ^b	4	
10.32 ^{ef}	0.08 ^e	7.47 ^{cd}	0.04 ^{bc}	45.51 ^b	34.95 ^{lm}	0.81 ^c	0.24 ^g	0.21 ^b	6	
10.50 ^{cd}	0.08 ^e	7.54 ^c	0.04 ^{bc}	45.89 ^a	34.48 ^m	0.91 ^a	0.34 ^b	0.24 ^a	8	
8.27 ^m	0.09 ^d	6.41 ^h	0.05 ^b	43.41 ^{ij}	42.08 ^a	0.67 ^h	0.32 ^d	0.19 ^d	0	برازجان Borazjan
8.31 ^m	0.09 ^d	6.42 ^h	0.05 ^b	43.47 ^{ij}	40.29 ^b	0.68 ^h	0.33 ^c	0.19 ^d	2	
8.41 ^{lm}	0.09 ^d	6.44 ^h	0.05 ^b	43.48 ^{ij}	39.88 ^{bc}	0.69 ^{gh}	0.33 ^c	0.19 ^d	4	
8.48 ^l	0.09 ^d	6.45 ^h	0.05 ^b	43.56 ^{hi}	39.56 ^c	0.69 ^{gh}	0.33 ^c	0.20 ^c	6	
8.50 ^l	0.09 ^d	6.47 ^h	0.05 ^b	43.68 ^h	39.01 ^d	0.71 ^{fg}	0.38 ^a	0.20 ^c	8	

میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۰/۰۵ بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارد

Means with the same letter in each column are not significantly different at 0.05 probability level by Duncan's test

و همکاران، ۲۰۲۰)؛ هم‌چنین پیش از این، گزارش شده است که ژنوتیپ‌های مختلف نسبت به کاربرد گوگرد پاسخ متفاوتی نشان دادند (راز و همکاران، ۲۰۱۷). باتوجه‌به این‌که گوگرد یکی از اجزای ساختمانی می‌باشد و در سنتز پروتئین‌ها و آنزیم‌ها نقش اساسی دارد. بنابراین کافی نبودن این عنصر می‌تواند کیفیت محصول دانه‌های روغنی را تحت‌تأثیر قرار دهد (پاتل^۲ و همکاران، ۲۰۱۹). کیفیت روغن کنجد تحت تأثیر مصرف گوگرد قرار گرفت، به‌طوری‌که سبب تغییر در اسید پالمیتیک، اسید استئاریک، اسید لینولئیک و اسید اولئیک شد (راز و همکاران، ۲۰۱۷)؛ از سوی دیگر افزایش گوگرد در گیاه آفتابگردان سبب کاهش میزان لینولئیک اسید گردید (کریش نامورتی و ماتان^۳، ۱۹۹۶). بر این اساس، افزایش میزان اسیدهای چرب موردبررسی به استثنای لینولئیک اسید در دانه با کاربرد گوگرد قابل توضیح است، به‌طوری‌که افزایش اسیدهای چرب غیراشباع سبب بهبود کیفیت روغن کنجد شده است.

نتیجه‌گیری کلی

کاربرد گوگرد از اولویت‌های مهم دستیابی به تولید بهینه کمی و کیفی کنجد است. در این آزمایش گوگرد سهم به‌سزایی در نزدیک شدن کنجد به پتانسیل عملکرد روغن و کیفیت روغن دانه داشت. بهبود عملکرد روغن و اسیدهای چرب روغن دانه کنجد در ارقام مختلف در این پژوهش یک نتیجه موفقیت‌آمیز بود؛ به‌طوری‌که افزایش اسیدهای چرب دانه کنجد به‌ویژه از نوع اشباع نشده اساساً با برخی از غلظت‌های محلول‌پاشی گوگرد در ارتباط بود. در کلیه ارقام بیش‌ترین میزان افزایش درصد اسیدهای چرب که با اعمال محلول‌پاشی ۸ گرم در لیتر کود گوگرد به‌دست آمده بود که متعلق به آراشیدونیک اسید می‌باشد. این اسید چرب اشباع نشده با افزایش غلظت محلول‌پاشی گوگرد نسبت به تیمار شاهد ۱۷/۲ درصد افزایش یافت؛ هم‌چنین عمده‌ترین اسیدهای چرب موجود در بذر ارقام مختلف کنجد از نوع اشباع نشده به نام‌های پالمیتیک اسید، استئاریک اسید، اولئیک اسید و لینولئیک اسید به‌دست آمد. در انتها بر اساس یافته‌های این تحقیق استفاده از محلول ۸ گرم در لیتر گوگرد منجر به افزایش مطلوب عملکرد روغن و اسیدهای چرب روغن دانه به‌ویژه در ارقام برازجان و دشتستان کنجد گردید. بیش‌ترین عملکرد روغن دانه کنجد با محلول‌پاشی ۸ گرم در لیتر گوگرد در رقم دشتستان به میزان ۱۵۰۴ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد.

اسیدهای چرب مارگریک اسید، پالمیتولئیک اسید، هپتا دکانولئیک اسید و گادولئیک اسید در رقم عراقی مشاهده نشد و رقم داراب فاقد اسید چرب اشباع نشده پالمیتولئیک اسید بود. در کلیه غلظت‌های محلول‌پاشی گوگرد اسیدهای چرب میریستیک اسید و آلفا لینولئیک اسید در رقم فسا، استئاریک و اولئیک اسید در رقم عراقی، گادولئیک اسید در رقم دشتستان و مارگریک اسید، پالمیتولئیک اسید، لینولئیک اسید و آراشیدونیک اسید در برازجان بیش‌ترین مقدار را نسبت به سایر ارقام داشتند. مقایسه میانگین‌ها بین اسیدهای چرب روغن ارقام مختلف دانه کنجد نشان داد که محلول‌پاشی گوگرد بر میریستیک اسید و هپتا دکانولئیک اختلاف معنی‌دار ایجاد نکرد. در سایر اسیدهای چرب در کلیه ارقام با افزایش غلظت گوگرد، مقدار اسیدهای چرب موردبررسی در دانه افزایش یافت. در کلیه ارقام بیش‌ترین میزان افزایش درصد اسیدهای چرب که با اعمال محلول‌پاشی ۸ گرم در لیتر کود گوگرد به‌دست آمد متعلق به آراشیدونیک اسید بود. این اسید چرب با افزایش غلظت محلول‌پاشی گوگرد نسبت به تیمار شاهد ۱۷/۲ درصد افزایش یافت. پس از آن اسید چرب مارگریک اسید افزایش ۱۶/۶ درصدی نسبت به شاهد نشان داد. در کلیه ارقام افزایش غلظت تیمار محلول‌پاشی کود گوگرد تا غلظت ۶ گرم در لیتر تأثیر معنی‌دار بر محتوی در اسیدهای چرب آلفالینولئیک اسید و آراشیدونیک اسید نداشت، اما در غلظت ۸ گرم در لیتر محتوی این اسیدهای چرب به‌طور معنی‌دار افزایش یافت. پالمیتیک اسید، پالمیتولئیک اسید و لینولئیک اسید در بین اسیدهای چرب موردبررسی بالاترین واکنش معنی‌دار را به تغییرات در غلظت‌های پایین‌تر محلول‌پاشی کود گوگرد نشان دادند (جدول ۷).

مطالعه برهم‌کنش رقم و محلول‌پاشی گوگرد بر محتوی اسیدهای چرب روغن دانه کنجد نشان داد که در رقم داراب با افزایش غلظت محلول‌پاشی از صفر به ۸ گرم در لیتر، محتوی مارگریک اسید ۶۰ درصد افزایش یافت (جدول ۵). بیش‌ترین میزان افزایش در رقم فسا برای پالمیتیک اسید (۱/۵۳ درصد)، رقم عراقی برای پالمیتیک اسید (۶/۲۴ درصد)، رقم دشتستان برای آراشیدونیک اسید (۴۷/۸۳ درصد) و رقم برازجان برای آراشیدونیک اسید (۱۸/۷۵ درصد) بود. روند تغییرات لینولئیک اسید در تمامی ارقام موردبررسی نزولی بود. به‌طوری‌که بالاترین میزان کاهش در اثر محلول‌پاشی ۸ گرم در لیتر گوگرد، متعلق به رقم فسا بود (جدول ۷).

علاوه‌بر عملکرد کنجد، می‌توان از صفات کیفی از جمله اسیدهای چرب برای شناسایی ارقام مطلوب استفاده کرد (می^۱

2. Patel
3. Krishnamurthi and Mathan

1. He

- AOAC. 2003. Official Methods of Analysis (No. 963.22). Washington, D.C. Association of Official Agricultural Chemists.
- Attarzadeh, M., Balouchi, H., Rajaie, M., Dehnavi, M. M. and Salehi, A. 2019. Growth and nutrient content of *Echinacea purpurea* as affected by the combination of phosphorus with *Arbuscular mycorrhizal* fungus and *Pseudomonas fluorescent* bacterium under different irrigation regimes. *Journal of Environmental Management*, 231: 182-188.
- Attibayéba, Nsika-Mikoko, E., Kounkou, N., Sérina, J., Galet, J., Dianga, C. and Mandoukou-Yembi, F. 2010. Description of different growth stages of (*Sesamum indicum* L.) using the extended BBCH scale. *Pakistan Journal of Nutrition*, 9 (3): 235-239.
- Bedigian, D. 2010. Sesame. The genus *Sesamum*. CRC press.
- Dos Santos, M. G., Ribeiro, R. M. P., de Albuquerque, J. R. T., Lins, H. A., Júnior, A. P. B., Neto, F. B., da Silveira, L. M., Soares, E. B. and de Souza, A. R. E. 2018. Production performance of sesame cultivars under different nitrogen rates in two crops in the Brazilian semi-arid region. *Industrial Crops and Products*, 124: 1-8.
- Fageria, N., Filho, M. B., Moreira, A. and Guimarães, C. 2009. Foliar fertilization of crop plants. *Journal of Plant Nutrition*, 32: 1044-1064.
- Fuentes-Lara, L. O., Medrano-Macías, J., Pérez-Labrada, F., Rivas-Martínez, E. N., García-Enciso, E. L., González-Morales, S., Juárez-Maldonado, A., Rincón-Sánchez, F. and Benavides-Mendoza, A. 2019. From elemental sulfur to hydrogen sulfide in agricultural soils and plants. *Molecules*, 24: 2282.
- Fugate, C. J. and Jarrett, J. T. 2012. Biotin synthase: Insights into radical-mediated carbon-sulfur bond formation. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Proteins and Proteomics*, 1824: 1213-1222.
- Harker, K., O'Donovan, J., Smith, E., Johnson, E., Peng, G., Willenborg, C., Gulden, R., Mohr, R., Gill, K. and Grenkow, L. 2015. Seed size and seeding rate effects on canola emergence, development, yield and seed weight. *Canadian Journal of Plant Science*, 95: 1-8.
- Hasanuzzaman, M., Bhuyan, M., Mahmud, J., Nahar, K., Mohsin, S., Parvin, K. and Fujita, M. 2018. Interaction of sulfur with phytohormones and signaling molecules in conferring abiotic stress tolerance to plants. *Plant Signaling & Behavior*, 13: e1477905.
- He, Q., Lee, T. -R., Yu, J., Oo, W. H., Yoon, M. -Y., Min, M. -H., Chu, S. -H., Kim, K. -W., Lee, Y. -S. and Park, Y. J. 2020. Genotypic variation in fatty acids in whole grain sesame (Fatty acids in whole grain sesame). *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 23: 9-20.
- Horwitz, W. and Latimer, G. 2006. Association of Official Analytical Chemists International. official methods of analysis of AOAC International, Gaithersburg: Maryland, pp. 200.
- Hossain, Z., Johnson, E. N., Blackshaw, R. E., Liu, K., Kapiniak, A., Gampe, C., Molnar, L., Luan, L., Poppy, L. and Gan, Y. 2018. Agronomic responses of *Brassica carinata* to herbicide, seeding rate, and nitrogen on the Northern Great Plains. *Crop Science*, 58: 2633-2643.
- Jahan, B., Sehar, Z., Masood, A., Anjum, N. A., Khan, M. I. R. and Khan, N. A. 2019. Sulfur availability potentiates phytohormones-mediated action in plants. *Plant Signaling Molecules*. Elsevier, pp. 287-301.
- Jain, T. 2020. Fatty Acid Composition of Oilseed Crops: A Review. *Emerging Technologies in Food Science*. Springer, pp. 147-153.
- Krishnamurthi, V. and Mathan, K. 1996. Studies on the influence of sulphur and magnesium on the quality of sunflower oil. *Journal of the Indian Society of Soil Science*, 44: 104-106.
- Meena, R. S., Kumar, S., Bohra, J. S., Lal, R., Yadav, G. S. and Pandey, A. 2019. Response of alley cropping-grown sesame to lime and sulphur on yield and available nutrient status in an acidic soil of Eastern India. *Energy, Ecology and Environment*, 4: 65-74.
- Oda, H. 2006. Functions of sulfur-containing amino acids in lipid metabolism. *The Journal of Nutrition*, 136: 1666S-1669S.
- Pal, D., Chandra, P., and Sachan, N. 2020. Sesame Seed in Controlling Human Health and Nutrition. *Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention*. Elsevier, pp. 183-210.
- Parsaeian, M., Shahabi, M. and Hassanpour, H. 2020. The integration of image processing and artificial neural network to estimate four fatty acid contents of sesame oil. *LWT*, 109476.
- Patel, P. K., Kadivala, V. A. H. and Patel, V. N. 2019. Role of sulphur in oilseed crops: A review. *Journal of Plant Development Sciences*, 11: 109-114.
- Pużyńska, K., Kulig, B., Halecki, W., Lepiarczyk, A. and Pużyński, S. 2018. Response of oilseed rape leaves to sulfur and boron foliar application. *Acta Physiologiae Plantarum*, 40: 169.
- Raja, A., Hattab, K. O., Gurusamy, L. and Suganya, S. 2007. Sulphur levels on nutrient uptake and yield of sesame varieties and nutrient availability. *International Journal of Soil Science*, 2: 278-285.
- Rathke, G. -W., Christen, O. and Diepenbrock, W. 2005. Effects of nitrogen source and rate on productivity and quality of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown in different crop rotations. *Field Crops Research*, 94: 103-113.
- Raza, M. A., Feng, L. Y., Manaf, A., Wasaya, A., Ansar, M., Hussain, A., Khalid, M. H. B., Iqbal, N., Xi, Z. J. and Chen, Y. K. 2018. Sulphur application increases seed yield and oil content in sesame seeds under rainfed conditions. *Field Crops Research*, 218: 51-58.
- Sabir, M., Hanafi, M. M. and Hakeem, K. R. 2015. Sulfur nutrition of oil palm for enhancing oil yield in tropics. *Crop Production and Global Environmental Issues*. Springer, pp. 349-368.

- Scherer, H. W. 2001. Sulphur in crop production. *European Journal of Agronomy*, 14: 81-111.
- Shah, M. A., Manaf, A., Hussain, M., Farooq, S. and Zafar-ul-Hye, M. 2013. Sulphur fertilization improves the sesame productivity and economic returns under rainfed conditions. *International Journal of Agriculture and Biology*, 15: 1301-1306.
- Soureshjani, H. K., Bahador, M., Tadayon, M. and Dehkordi, A. G. 2019. Modelling seed germination and seedling emergence of flax and sesame as affected by temperature, soil bulk density, and sowing depth. *Industrial Crops and Products*, 141: 111770.
- Stahl, A., Pfeifer, M., Frisch, M., Wittkop, B. and Snowdon, R. J. 2017. Recent genetic gains in nitrogen use efficiency in oilseed rape. *Frontiers in Plant Science*, 8: 963.
- Ullah, S., Anwar, S., Khan, G. R., Anjum, M. M., Ali, N., Jalal, A., Ali, K., Zaman, K. U., Miraj, M. and Sohail, A. 2019. Effect of potassium and sulfur on grain yield, oil concentration and fatty acid profile of sunflower. *Pure and Applied Biology (PAB)*, 8: 139-150.
- UR Rehman, H., Iqbal, Q., Farooq, M., Wahid, A., Afzal, I. and Basra, S. M. 2013. Sulphur application improves the growth, seed yield and oil quality of canola. *Acta Physiologiae Plantarum*, 35: 2999-3006.
- Zhang, H., Miao, H. and Ju, M. 2019. Potential for Adaptation to Climate Change Through Genomic Breeding in Sesame. *Genomic Designing of Climate-Smart Oilseed Crops*, Springer, 371-440.