Plant Prod., 2023, 46(2), 293-305
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2023.43685.2100
Received: 10 May 2023
Accepted: 13 July 2023

Plant Productions
Research Article

Evaluation of yield performance of a shattering tolerant sesame genotype under different Planting arrangements in the Darab and Dezful region

Majid Gholamhoseini[1*], Gholam Reza Ghodrati[2], Abolghasem Alhani[3], Saadollah Mansouri[1], Farnaz Shariati[1]

1. Assistant Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
2. Assistant Professor, Crops and Horticultural Science Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Dezful, Iran.
3. Assistant Professor, Crops and Horticultural Science Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Darab, Iran.

Citation: Gholamhoseini, M., Ghodrati, G.R., Alhani, A., Mansouri, S., & Shariati, F. (2023). Evaluation of Yield Performance of a Shattering Tolerant Sesame Genotype under Different Planting Arrangements in the Darab and Dezful Region. *Plant Productions,* 46(2): 293-305.

Abstract

Introduction

Sesame is a low-expected and low-input crop among oilseed crops, which holds economic significance not only in subsistence agriculture in arid and semi-arid regions of Iran but also in terms of its agronomical characteristics. Shattering tolerant sesame genotypes are crucial for developing sesame cultivation in countries such as Iran. There is a lack of comprehensive information on crop management, including the optimal planting arrangement for imported shattering tolerant sesame genotypes. Therefore, this research was planned and executed to answer the questions regarding the proper planting arrangement of this genotype in two crucial sesame producing provinces, Khuzestan and Fars.

Materials and Methods

The experiment was conducted in the Khuzestan (Dezful) and Fars (Darab) Agricultural and Natural Resources Research Center fields during 2019 and 2020. A split-block randomized complete block design with three replications was implemented at each location to investigate the effects of 30, 45, and 60 cm row spacing and 5, 8, 11, and 14 cm plant spacing on yield and yield components of shattering tolerant sesame genotypes. The collected data were analyzed using SAS software (version 9.4), and Bartlett's test confirmed homogeneity in the variance of all studied traits. The mean values for both years were presented since the data were consistent. It is important to note that the data from each region were analyzed separately due to

* **Corresponding Author:** Majid Gholamhoseini
E-mail: m.gholamhoseini@areeo.ac.ir

© 2023 The Author(s). Published by Shahid Chamran University of Ahvaz. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

inconsistent variances between regions. Statistical significance was determined using an F-test, and protected LSD was used to separate the main effects when necessary. Furthermore, significant interaction effects were separated using the slicing method.

Results and Discussion

The experiment results indicate that reducing the distance between rows and plants increased plant height in both locations. In Darab, increasing the row distance from 30 to 45 cm increased grain yield by 6%, while a further increase in distance to 60 cm decreased grain yield. The highest seed yield of 659 kg per hectare was obtained in Darab using a planting arrangement of 45x5 cm, and the lowest yield was observed with a 21% decrease in yield for the planting arrangement of 60x14 cm. In Dezful, the maximum seed yield of 684 kg per hectare was obtained with a planting arrangement of 45x11 cm. The study results showed that in both locations, the highest grain yields were achieved with a row distance of 45 cm, and the commonly used row distance of 60 cm did not produce the highest yield in either location. Additionally, in Darab, increasing planting density by up to 42 plants per square meter increased seed yield. In Dezful, the maximum seed yield was obtained at a density of 38 plants per square meter.

Conclusion

This research suggests that reducing the row distance while maintaining appropriate plant spacing can be a practical approach to achieving high sesame yields. Moreover, increasing plant density can lead to a certain extent of increase in grain yield. However, beyond a certain threshold, as the density further increases, yield decreases due to increased competition among plants. Thus, optimizing planting arrangements, including row and plant spacing, is essential to achieve maximum yields in sesame cultivation.

Keywords: Agronomical management, Plant density, Plant spacing, Row spacing, Seed yield

تولیدات گیاهی، ۱۴۰۲، ۴۶(۲)، ۲۹۳-۳۰۵
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2023.43685.2100
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۲۲

تولیدات گیاهی
مقاله پژوهشی

بررسی عملکرد ژنوتیپ متحمل به ریزش کنجد در آرایش کاشت‌های مختلف در مناطق داراب و دزفول

مجید غلامحسینی[1*]، غلامرضا قدرتی[2]، ابئالقاسم الحانی[3]، سعدالله منصوری[1]، فرناز شریعتی[1]

۱. استادیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر ، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
۲. استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، دزفول، ایران.
۳. استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، داراب، ایران.

چکیده

ارقام اصلاح شده متحمل به ریزش کنجد شاید تنها گزینه موجود برای توسعه کشت کنجد در کشورهای مستعد کشت این گیاه از جمله ایران باشد. در ارتباط با مدیریت زراعی از جمله آرایش کاشت بهینه ژنوتیپ وارداتی متحمل به ریزش کنجد اطلاعاتی در اختیار نیست. به همین منظور آزمایشی طی دو سال ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ در مزارع پژوهشی دو مرکز تحقیقات کشاورزی در استان‌های خوزستان (دزفول) و فارس (داراب) به صورت بلوک‌های خرد شده (نواری) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. در این پژوهش اثر فاصله ردیف‌های۳۰، ۴۵ و ۶۰ سانتی‌متری و فاصله بوته روی ردیف‌های ۵، ۸، ۱۱ و ۱۴ سانتی‌متری بر عملکرد، اجزای عملکرد، درصد روغن و عملکرد روغن ژنوتیپ متحمل به ریزش کنجد مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد در هر دو منطقه کاهش فاصله بین ردیف‌ها و بین بوته‌ها روی ردیف که پیامد آن افزایش تراکم در واحد سطح است موجب افزایش ارتفاع بوته شد. در ارتباط با عملکرد دانه، در منطقه داراب افزایش فاصله بین ردیف‌ها از ۳۰ به ۴۵ سانتی‌متر، شش درصد عملکرد دانه را افزایش داد اما بیش‌تر شدن این فاصله (از ۴۵ به ۶۰ سانتی‌متر) موجب کاهش عملکرد دانه شد. نتایج در این منطقه حاکی از آن است که بیش‌ترین عملکرد دانه به مقدار ۶۵۹ کیلوگرم در هکتار از آرایش کاشت ۵×۴۵ سانتی‌متر و کم‌ترین آن با کاهشی ۲۱ درصدی از آرایش کاشت ۱۴×۶۰ سانتی‌متر به‌دست آمد. در دزفول حداکثر عملکرد دانه از آرایش کاشت ۱۱×۴۵ سانتی‌متر به مقدار ۶۸۴ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. نتایج این پژوهش نشان داد در هر دو منطقه اجرای آزمایش بیش‌ترین عملکردهای دانه از فاصله بین ردیف‌های ۴۵ سانتی‌متری حاصل شد. به عبارت دیگر در هیچ یک از مناطق فاصله بین ردیف متداول ۶۰ سانتی‌متر بیش‌ترین عملکرد دانه را تولید نکرد. همچنین نتایج نشان داد که در منطقه داراب افزایش تراکم کاشت تا ۴۲ بوته در مترمربع عملکرد دانه را افزایش داد این در حالی است که حداکثر عملکرد دانه در دزفول در تراکم ۳۸ بوته در مترمربع به‌دست آمد. نتایج این پژوهش نشان داد که کاهش فاصله بین ردیف‌ها با حفظ فاصله مناسب بین بوته‌ها می‌تواند در حصول به عملکردهای بالا در کنجد موثر باشد. همچنین با افزایش تراکم، عملکرد دانه تا حد معینی افزایش می‌یابد و پس از آن در محدوده باریکی از تراکم عملکرد ثابت و با افزایش بیش‌تر تراکم به علت افزایش رقابت عملکرد کاهش پیدا می‌کند.

کلیدواژه‌ها: تراکم بوته، عملکرد دانه، فاصله بین بوته، فاصله بین ردیف، مدیریت زراعی

* **نویسنده مسئول:** مجید غلامحسینی
رایانامه: m.gholamhoseini@areeo.ac.ir

© 2023 The Author(s). Published by Shahid Chamran University of Ahvaz. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

مقدمه

در بین دانه‌های روغنی، گیاه کنجد محصولی کم‌توقع وکم‌نهاده است که نه تنها از لحاظ اقتصادی در کشاورزی معیشتی مناطق خشک و نیمه خشک کشور اهمیت دارد، بلکه از نظر ویژگی‌های زراعی نیز مهم می‌باشد (Mazrae et al., 2019). این گیاه سازگاری مناسبی به شرایط اقلیمی کشور دارد و مهم‌تر آنکه نیاز آبی آن نیز در مقایسه با سایر محصولات تابستانه پایین‌تر است (Sadeghi Garmaroodi et al., 2023). طبق آخرین آمار جهانی در سال ۲۰۲۱ سطح کشت کنجد در دنیا بالغ بر ۱۲/۵ میلیون هکتار با متوسط عملکرد ۵۰۸ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (Faostat, 2022). در سال ۱۴۰۰، سطح کشت کنجد در ایران ۴۹ هزار هکتار با تولیدی نزدیک به ۴۹ هزار تن برآورد شده است. همچنین استان خوزستان با سطح کشت ۱۶ هزار هکتار و استان فارس با سطح کشت ۱۰ هزار هکتار از مهم‌ترین مناطق تولید کنجد در کشور محسوب می‌شوند (Anonymous, 2022).

علی‌رغم سازگاری مناسب گیاه کنجد به شرایط اقلیمی کشور، زراعت این گیاه نسبت به دانه‌های روغنی دیگر ابتدایی بوده و برای ارتقای عملکرد کمی و کیفی آن به پژوهش‌های به‌زراعی در زمینه بهبود روش‌های مدیریت مزرعه نیاز است. از جمله این مدیریت‌ها آرایش کاشت و در پی آن تراکم بوته می‌باشد. آرایش کاشت مناسب، آرایش کاشتی است که در نتیجه آن تمامی عوامل محیطی به طور بهینه مورد استفاده قرار بگیرد و در عین حال رقابت درون بوته‌ای و برون بوته‌ای در حداقل باشد تا حداکثر عملکرد حاصل آید (Mahmoud et al., 2020). در ارتباط با اثر آرایش کاشت بر عملکرد کنجد در تحقیقات گذشته نتایج مختلفی گزارش شده است. به عنوان مثال Ali et al., (2020) بیان داشتند که تفاوت معنی‌داری در عملکرد کنجد در آرایش‌های مختلف کشت مشاهده نکردند در صورتی که Jakusko et al., (2013) بر این باورند که حداکثر عملکرد کنجد زمانی حاصل می‌شودکه فاصله ردیف‌ها نزدیک به‌هم و آرایش کاشت مربعی و یا نزدیک به مربعی باشد. علت تناقض و تفاوت نتایج پژوهشگران را باید در عکس‌العمل‌های متفاوت کنجد به آرایش کشت تحت تاثیر ویژگی‌های ارقام (به‌ویژه از لحاظ تیپ شاخه‌دهی)، تاریخ کاشت، روش آبیاری، حاصلخیزی خاک و طول فصل رشد جستجو کرد. باید توجه داشت که اگر چه کنجد دارای پتانسیل مناسبی برای تولید می‌باشد (Haghanian et al., 2019)، اما میزان عملکرد آن معمولا پائین است بطوریکه در اکثر نقاط جهان از جمله ایران عملکرد دانه کمتر از یک تن در هکتار گزارش شده است زیرا این گیاه عمدتاً در خاک‌های با حاصلخیزی کم و با حداقل مدیریت زراعی کشت و کار می‌شود و مهم‌تر اینکه در صورت عدم برداشت زودهنگام، که خود عاملی برای کاهش عملکرد می‌باشد، تا ۹۰ درصد از دانه تولید شده در اثر ریزش تلف می‌شود (Sadeghi Garmaroodi et al., 2023). بنابراین ارقام اصلاح شده متحمل به ریزش کنجد شاید تنها گزینه موجود برای توسعه کشت کنجد در کشورهای مستعد کشت این گیاه از جمله ایران باشد. تاکنون چند رقم متحمل به ریزش و پرمحصول کنجد توسط پژوهشگرانی مانند Langham (2012) معرفی شده است. از آن جمله بذر یک ژنوتیپ متحمل به ریزش کنجد از طریق دفتر طرح دانه‌های روغنی کشور در سال ۱۳۹۵ در اختیار موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، بخش تحقیقات دانه‌های روغنی قرار گرفت که امیدواری زیادی را برای توسعه کشت کنجد در کشور به همراه داشته است. با این حال در ارتباط با مدیریت زراعی این ژنوتیپ از جمله آرایش کاشت بهینه آن اطلاعاتی در اختیار نیست. بنابراین با توجه به کمبود اطلاعات جامع جهت پاسخ به سوالات مطرح در خصوص آرایش کاشت مناسب ژنوتیپ وارداتی متحمل به ریزش کنجد، این پژوهش برنامه‌ریزی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

آزمایش طی دو سال ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ در مزارع پژوهشی دو مرکز تحقیقات کشاورزی در استان‌های خوزستان (دزفول) و فارس (داراب) اجرا شد. ویژگی‌های اقلیمی مناطق اجرای آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. در این پژوهش اثر فاصله ردیف‌های ۳۰، ۴۵ و ۶۰ سانتی‌متری و فاصله بوته روی ردیف-های ۵، ۸، ۱۱ و ۱۴ سانتی‌متری بر صفات رشدی و عملکرد ژنوتیپ متحمل به ریزش کنجد (مشخصات ژنوتیپ در جدول ۲ ارایه شده است) مورد بررسی قرار گرفت. در هر مکان، آزمایش به صورت بلوک‌های خرد شده (نواری) در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد.

.

Table 1. Geographical coordinates, climatic and soil characteristics of study areas

Place of experiment	Longitude	latitude	Height above sea level (m)	Average annual temperature (°C)	Average temperature in summer season (°C)
Dezfol	48° 26′	32° 16′	83	23	34
Darab	54° 17′	28° 47′	1089	23	33
Place of experiment	Average annual precipitation (mm)	Average precipitation in summer season (mm)	Characteristics and type of climate	Soil texture	Soil organic matter (%)
Dezfol	350	0	Semi-hot and dry desert	Clay loam	0.71
Darab	180	0		Clay loam	0.51

The characteristics and type of the climate have been determined based on the Köppen-Geiger climate classification method. The characteristics of the soil are recorded at a depth of 0 to 30 cm.

Table 2. Characteristics of the shattering tolerant sesame genotype*

Genotype name	Origin	Introducing company	The length of growing period (day)	Branching	Seed color
S29	United State	Sesaco	130±10	Multi-branching	Light cream
Average seed yield (kg ha^{-1})	**Plant height (cm)**	**1000-seed weight (g)**	**Seed oil percentage**	**Shattering tolerant**	**Seed retention index (TIKETO)****
1100±50	137±5	2.39±0.1	50±2	+	776

Quoted by Sadeghi Garmaroodi *et al.,* 2023.** This index indicates the ability of the seed to be kept inside the capsule, and each number varies from zero to eight, and the higher the number, the greater the tolerant of the capsule to seed Shattering.

پس از اجرای عملیات آماده‌سازی زمین، بذور ضد عفونی شده با قارچ‌کش کاربوکسین تیرام (با غلظت دو در هزار) در سوم و پنجم مرداد ماه در دزفول و چهارم و ۱۳ تیر ماه در داراب به‌ترتیب در سال اول و دوم آزمایش در کرت‌های آزمایشی کشت شدند. هر کرت شامل چهار ردیف کاشت به فاصله ۶۰ سانتی‌متر از هم و به طول چهار متر بود. در هر دو مکان آبیاری واحدهای آزمایشی به روش قطره‌ای و با استفاده از نوار تیپ و پس از استقرار بوته‌ها هر هفت تا ۱۰ روز یکبار انجام شد. کنترل علف‌های‌هرز با استفاده از علف‌کش پیش کاشت ترفلان (تری فلورالین به مقدار دو لیتر در هکتار) و عملیات وجین در طول فصل رشد انجام شد. در هر دو مکان ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود اوره به صورت تقسیط شده در دو مرحله، نیمی در مرحله سه تا چهار برگی و مابقی به صورت جای‌گذاری کنار ردیف‌های کاشت، در مرحله هفت تا هشت برگی به کار برده شد. همچنین به‌ترتیب در دزفول و داراب ۵۰ و ۴۵ کیلوگرم فسفر در هکتار از منبع کود سوپر فسفات تریپل و ۵۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار از منبع کود سولفات پتاسیم قبل از کاشت استفاده گردید.

برداشت در تاریخ ۱۰ و ۱۲ آذر ماه در دزفول و ۲۱ و ۲۶ آبان ماه در داراب به‌ترتیب در سال اول و دوم آزمایش انجام گرفت. مساحت برداشت شدهٔ هر کرت از دو ردیف میانی با لحاظ کردن اثر حاشیه، بالغ بر سه مترمربع بود. عملکرد دانه بر اساس رطوبت شش درصدی دانه محاسبه گردید. جهت تعیین اجزاء عملکرد از کل بوته‌های برداشت شده از هر کرت، پنج بوته به صورت تصادفی انتخاب شد و سپس ارتفاع بوته و تعداد کپسول در بوته اندازه‌گیری شد. برای ثبت تعداد دانه در کپسول از هر واحد آزمایشی ۲۰ کپسول به‌طور تصادفی انتخاب و پس از بوجاری و شمارش تعداد بذور موجود در آن‌ها، متوسط تعداد دانه در کپسول برای هر واحد آزمایشی مشخص شد. برای تعیین وزن هزار دانه نیز دو نمونه ۵۰۰ تایی از بذور هر یک از کرت‌ها شمارش و توزین گردید و بر اساس آن وزن هزار دانه محاسبه شد. درصد روغن دانه (این صفت صرفاً در نمونه‌های منطقه داراب ارزیابی شد)، پس

ازخشک کردن دانه‌ها، با استفاده از دستگاه رزونانس مغناطیس هسته (Nuclear Magnetic Resonance, minispec mq 20 NMR Analyzer, Bruker, Rheinstetten, Germany) اندازه‌گیری شد.

از آنجائی‌که فرض تجانس واریانس‌ها در هر دو سال و برای هر مکان در صفات مختلف منطبق بر نتایج آزمون بارتلت صادق بود، در این آزمایش از تجزیه مرکب داده‌ها با فرض اثر تصادفی سال و با استفاده از رویه GLM در نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ استفاده شد. شایان ذکر است به دلیل عدم تجانس واریانس‌ها بین دو مکان، داده‌های هر مکان به طور جداگانه تجزیه شد. برای مقایسه میانگین اثرات اصلی از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد و در صورت معنی‌دار بودن اثر متقابل، برش‌دهی و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون lsmeans انجام گرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در هر دو منطقه نشان داد که اثر اصلی تیمارهای آزمایشی بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود (جدول ۳). در هر دو منطقه کاهش فاصله بین ردیف‌ها و بین بوته‌ها روی ردیف که پیامد آن افزایش تراکم در واحد سطح است موجب افزایش ارتفاع بوته شد (شکل ۱، جدول ۴). این نتایج هم‌راستا با نتایج El-Mehy and Awad (2022) است که بیان داشتند با افزایش تراکم در واحد سطح ارتفاع بوته کنجد افزایش می‌یابد. به نظر می‌رسد دو عامل در حصول این نتایج نقش دارند. اول، گزارش شده است که گیاهان در تراکم بالا تخصیص شیره پرورده به ساقه را افزایش می‌دهند (Poorter et al., 2015).

به این معنی که قسمت زیست توده سرمایه‌گذاری‌شده در ساقه‌ها افزایش می‌یابد که عمدتاً ناشی از هزینه‌ای است که ریشه‌ها و تا حدودی برگ‌ها می‌پردازند. دومین عامل این است که گیاهان در تراکم بالا طول ساقه ویژه خود را افزایش می‌دهند (Dejen et al., 2019). این افزایش نیز با تشکیل ساقه‌های باریک‌تر با قطر کم‌تر صورت می‌پذیرد. این تغییر مورفولوژیک از طریق تغییر در کیفیت نور دریافتی (نسبت‌های نور قرمز به قرمز دور کم‌تر) ایجاد می‌شود. افزایش ارتفاع و کاهش قطر ساقه در پوشش گیاهی متراکم منجر به افزایش شاخص باریکی می‌شود که عبارت است از نسبت ارتفاع گیاه به قطر ساقه (Poorter et al., 2015). این صفت از نظر دسترسی به سایبان فوقانی در پوشش گیاهی سودمند است هرچند می‌تواند در افزایش ریسک ناشی از خوابیدگی (ورس) بوته نیز موثر باشد.

اجزای عملکرد

اثر اصلی فاصله بین ردیف‌ها در منطقه داراب و اثر متقابل سال در فاصله بین ردیف‌ها در فاصله بین بوته‌ها در منطقه دزفول بر تعداد کپسول در بوته معنی‌دار بود (جدول ۳). در داراب فاصله بین ردیف ۴۵ سانتی‌متری در مقایسه با دو تیمار دیگر (۳۰ و ۶۰ سانتی‌متر) بیش‌ترین تعداد کپسول در بوته را حاصل کرد (جدول ۴). در دزفول و در سال اول بیش‌ترین تعداد کپسول (۶۱ عدد) از دو آرایش کاشت ۸×۶۰ سانتی‌متر و ۵×۶۰ سانتی‌متر به دست آمد (شکل ۲). در سال دوم حداکثر این صفت در آرایش کاشت ۱۴×۴۵ سانتی‌متر مشاهده شد (شکل ۲). همچنین در منطقه دزفول افزایش تراکم کشت موجب کاهش خطی تعداد کپسول در بوته شد. در مقابل در منطقه داراب و با افزایش تراکم تا ۲۵ بوته در مترمربع تعداد کپسول در بوته افزایش یافت اما تراکم بیش‌تر کاشت موجب کاهش این صفت شد (شکل ۳).

در منطقه داراب هیچ یک از تیمارهای آزمایشی تاثیر معنی‌داری بر تعداد دانه در کپسول نداشتند (جدول ۳). در منطقه دزفول نیز صرفاً اثر اصلی فاصله بین ردیف‌ها بر این صفت معنی‌دار بود (جدول ۳). افزایش فاصله بین ردیف‌ها از ۳۰ به ۴۵ سانتی‌متر تعداد دانه در کپسول را در دزفول افزایش داد اما افزایش بیش‌تر فاصله بین ردیف‌ها (از ۴۵ به ۶۰ سانتی‌متر) تاثیر معنی‌داری بر این صفت نداشت (جدول ۴). در هر دو منطقه نیز افزایش تراکم تا ۲۰ بوته در مترمربع اندکی تعداد دانه در کپسول را افزایش داد اما کشت‌های متراکم‌تر موجب کاهش این صفت شد به طوری که در هر دو منطقه متراکم‌ترین کشت (۶۵ بوته در مترمربع) حداقل تعداد دانه در کپسول را حاصل کرد (شکل ۳). در کشت‌ها متراکم (در این پژوهش بیش‌تر از ۴۰ بوته در مترمربع) به دلیل رقابت بیش‌تر بین دانه‌های در حال نمو جهت دریافت شیره پرورده، تعدادی از دانه‌ها در ابتدای تکامل سقط شده و ازبین می‌روند و در نتیجه تعداد دانه در کپسول کاهش می‌یابد (Jakusko et al., 2013).

Table 3. Analysis of variance (mean square) of traits measured in Darab and Dezfol

Darab								
S.O.V	**df**	**H**	**CP**	**SC**	**SW**	**SY**	**OP**	**OY**
Yr	1	136 ^{ns}	1.12 ^{ns}	43.5 ^{ns}	0.55 ^{ns}	493355 *	0.50 ^{ns}	113685 *
R(Yr)	4	171	12.4	0.80	0.02	11891	14.4	3071
A	2	2030.5 *	19.6 *	54.5 ^{ns}	0.33 ^{ns}	22125 *	2.62 ^{ns}	5805 *
Yr×A	2	74.0 ^{ns}	0.79 ^{ns}	47.1 ^{ns}	0.03 ^{ns}	397 ^{ns}	0.37 ^{ns}	116 ^{ns}
R×A(Yr)	8	48.4	10.1	28.6	0.07	4872	1.85	1014
B	3	794.1 *	69.5 ^{ns}	59.6 ^{ns}	0.41 *	16077 ^{ns}	12.2 ^{ns}	3627 ^{ns}
Yr×B	3	63.6 ^{ns}	14.8 ^{ns}	16.5 ^{ns}	0.02 ^{ns}	35679 ^{ns}	1.38 ^{ns}	7481 ^{ns}
R×B(Yr)	12	69.4	5.17	9.37	0.03	4884	1.43	943
A×B	6	144 ^{ns}	31.1 ^{ns}	26.0 ^{ns}	0.07 *	5821 ^{ns}	1.49 ^{ns}	1230 *
Yr×A×B	6	41.5 ^{ns}	7.36 ^{ns}	9.29 ^{ns}	0.01 ^{ns}	1805 ^{ns}	0.87 ^{ns}	285 ^{ns}
Error	24	88.5	4.61	4.79	0.03	5000	1.34	1205
C.V.		7.62	4.92	6.07	6.81	11.91	2.45	12.37

Dezfol						
S.O.V	**df**	**H**	**CP**	**SC**	**SW**	**SY**
Yr	1	30.6 ^{ns}	125 ^{ns}	0.22 ^{ns}	0.006 ^{ns}	45300 ^{ns}
R(Yr)	4	296	5.23	4.55	0.01	6975
A	2	833 *	283 ^{ns}	24.0 *	0.04 ^{ns}	147846 **
Yr×A	2	34.8 ^{ns}	119 ^{ns}	0.84 ^{ns}	0.03 ^{ns}	307 ^{ns}
R×A(Yr)	8	532	9.56	10.0	0.02	3745
B	3	1054.8 *	370 ^{ns}	6.57 ^{ns}	0.005 ^{ns}	8644 ^{ns}
Yr×B	3	103 ^{ns}	60.3 ^{ns}	1.48 ^{ns}	0.01 ^{ns}	1472 ^{ns}
R×B(Yr)	12	154	7.68	7.33	0.01	6047
A×B	6	85.6 ^{ns}	122 ^{ns}	15.0 ^{ns}	0.01 ^{ns}	28346 *
Yr×A×B	6	26.1 ^{ns}	71.4 *	7.49 ^{ns}	0.02 ^{ns}	6452 ^{ns}
Error	24	292	19.5	7.11	0.01	4355
C.V.		10.38	8.14	7.76	6.06	11.45

S.O.V: Sources Of Variance; df: degree of freedom; H: Hieght; SB: Secondry Branch number; CP: Capsule in Plant number; SC: Seed in Capsule number; SW: 1000-Seed Weight; SY: Seed Yield; OP: Seed Oil Percentage; OY: Oil Yield; Yr: Year; R: Replication; A: Distance between rows; B: Distance of plants on the rows. *, ** Significant at the 0.05, 0.01 probability level, respectively. ns: non-significant.

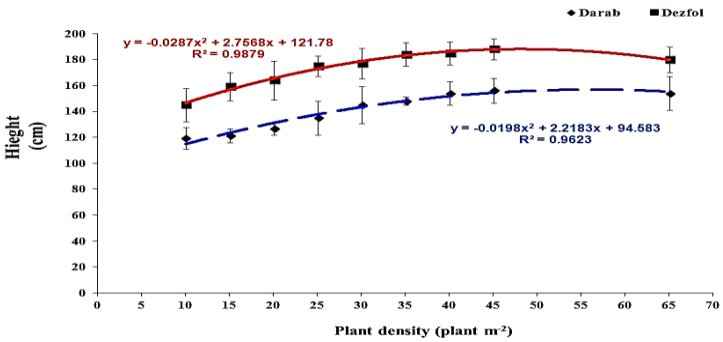


Figure 1. The effect of plant density on sesame height. The error bars (I) are the standard deviation.

Table 4. Mean comparison of main effects of experimental treatments.

Darab		H	CP	SC	SW	SY	OP	OY
A	**30**	135 a	43 b	36 a	2.65 a	590 ab	47.5 a	280 ab
	45	122 b	45 a	38 a	2.89 a	625 a	47 a	296 a
	60	113 c	43 b	35 a	2.77 a	565 b	47 a	265 b
B	**5**	127 a	41 a	33 a	2.55 b	621 a	47 a	288 a
	8	123 a	44 a	36 a	2.83 a	604 a	48 a	292 a
	11	113 b	45 a	38 a	2.87 a	598 a	47 a	282 a
	14	111 b	45 a	36 a	2.84 a	551 a	47 a	260 a
Yr	**1**	122 a	43 a	37 a	2.68 a	511 a	47 a	240 b
	2	125 a	44 a	32 a	2.83 a	676 a	47 a	320 a
Dezfol		**H**	**CP**	**SC**	**SW**	**SY**		
A	**30**	161 a	50 a	33 b	2.27 a	560 b		
	45	155 b	55 a	35 a	2.35 a	662 a		
	60	148 c	57 a	35 a	2.31 a	507 c		
B	**5**	167 a	48 a	33 a	2.28 a	548 a		
	8	163 a	54 a	35 a	2.31 a	592 a		
	11	155 b	55 a	35a	2.32 a	595 a		
	14	144 c	60 a	34 a	2.32 a	570 a		
Yr	**1**	164 a	53 a	35 a	2.32 a	551 a		
	2	165 a	55 a	34 a	2.30 a	601 a		

A: Distance (cm) between rows; B: Distance (cm) of plants on the rows; Yr: Year; H: Hieght (cm); SB: Secondry Branch number; CP: Capsule in Plant number; SC: Seed in Capsule number; SW: 1000-Seed Weight (g); SY: Seed Yield (kg ha^{-1}); OP: seed Oil Percentage; OY: Oil Yield (kg ha^{-1}); In each trait and for each treatment, means followed by the same letter are not significantly different ($p \leq 0.05$ and 0.01).

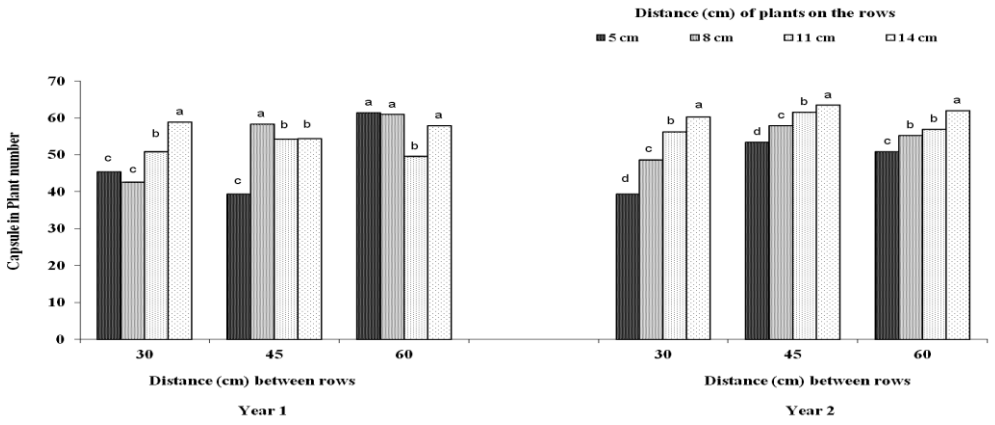


Figure 2. Slicing and mean comparing of year×row spacing×plant spacing interaction effect in number of capsule in plant in Dezfol. In each distance between rows treatment, means followed by the same letter are not significantly different ($p \leq 0.05$).

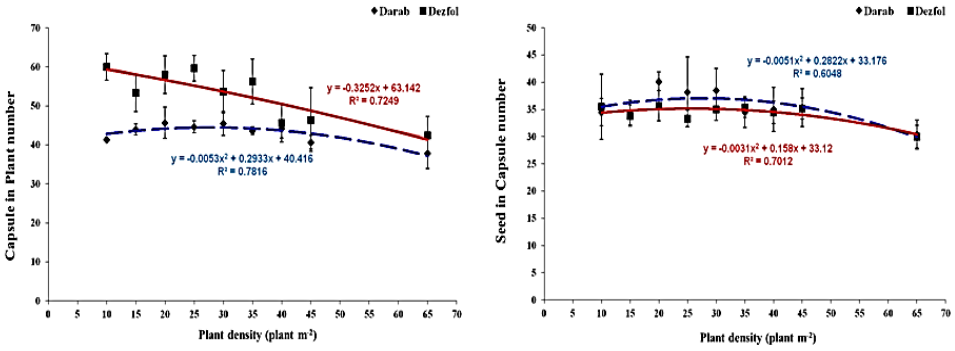


Figure 3. The effect of plant density on number of capsule in plant (left) and the number of seed in capsule (right) in sesame. The error bars (I) are the standard deviation.

از آنجا که با افزایش تراکم، تعداد شاخه فرعی، تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول کاهش پیدا می‌کند، بنابراین افت عملکرد تک بوته با افزایش تراکم قابل پیش‌بینی است، اما این کاهش اجزای عملکرد در تک بوته با افزایش تعداد بوته در واحد سطح جبران شده و از این رو در تراکم‌های بالاتر، تعداد دانه بیشتری در واحد سطح تولید می‌گردد.

اثر فاصله بین بوته و همچنین اثر متقابل فاصله بین ردیف در فاصله بین بوته بر وزن هزار دانه در داراب در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). در منطقه دزفول این صفت تحت تاثیر هیچ یک از تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل در داراب نشان می‌دهد که در هر سه تیمار فاصله بین ردیف (۳۰، ۴۵ و ۶۰ سانتی-متر) افزایش فاصله بین بوته‌ها از پنج به هشت سانتی‌متر موجب افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه شد با این حال افزایش بیش‌تر فاصله بین بوته‌ها تاثیر معنی‌داری بر وزن هزار دانه نداشت (جدول ۵). همچنین بیش‌ترین وزن هزار دانه در آرایش کاشت ۴۵×۱۴ سانتی‌متر به مقدار سه گرم و کم‌ترین آن در آرایش کاشت ۵×۳۰ سانتی‌متر ثبت شد (جدول ۵). از طرف دیگر وزن هزار دانه با افزایش تراکم بیشتر از ۲۰ بوته در مترمربع در داراب و بیش‌تر از ۱۵ بوته در مترمربع در دزفول کاهش یافت (شکل ۴). علت کاهش وزن دانه‌ها در شرایطی که بوته‌ها نزدیک هم هستند می‌تواند در اثر کاهش شدید فتوسنتز خالص باشد (Mahmoud et al., 2020)، زیرا در تراکم‌های بالا، سایه اندازی برگ‌های بالایی روی برگ‌های قسمت میانی و پایینی گیاه بیشتر می‌شود. با افزایش سایه-اندازی برگ‌ها روی یکدیگر، میزان مواد حاصل از فتوسنتز در مقایسه با کربوهیدرات‌های مصرف شده در تنفس کمتر بوده و در نتیجه برگ‌های قرار گرفته در سایه به جای آنکه تولید کننده باشند به‌صورت یک مقصد فیزیولوژیک عمل کرده و رقیب دانه‌ها برای مصرف کربوهیدرات‌های ساخته شده توسط برگ‌های بالایی می‌شوند. در این شرایط مقدار شیره پرورده‌ای که به دانه منتقل می‌شود کاهش می‌یابد و در نهایت وزن هزار دانه کم می‌شود.

عملکرد دانه

اثر سال و فاصله بین ردیف‌ها در داراب و اثر فاصله بین ردیف‌ها و اثر متقابل فاصله بین ردیف‌ها در فاصله بین بوته‌ها در دزفول بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۳). در داراب افزایش فاصله بین ردیف‌ها از ۳۰ به ۴۵ سانتی‌متر، شش درصد عملکرد دانه را افزایش داد اما بیش‌تر شدن این فاصله (از ۴۵ به ۶۰ سانتی‌متر) موجب کاهش عملکرد دانه شد (جدول ۴). مقایسه ترکیبات تیماری در این منطقه حاکی از آن است که بیشترین عملکرد دانه از آرایش کاشت ۴۵×۵ سانتی‌متر و کمترین آن با کاهشی ۲۱ درصدی از آرایش کاشت ۶۰×۱۴ سانتی‌متر به‌دست آمد (جدول ۵). در دزفول تغییر در فاصله بین بوته‌ها هنگامی‌که فاصله بین ردیف‌ها ۴۵ و ۶۰ سانتی‌متر بود تاثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه نداشت. در مقابل افزایش فاصله بین بوته‌ها از پنج به ۱۱ سانتی‌متر در تیمار فاصله بین ردیف‌های ۳۰ سانتی‌متری عملکرد دانه را به طور معنی‌داری افزایش داد (شکل ۴). در این منطقه حداکثر عملکرد دانه از آرایش کاشت ۴۵×۱۱ سانتی‌متر به مقدار ۶۸۴ کیلوگرم در هکتار حاصل شد.

Table 5. Mean comparison of interaction effects of treatments in Darab.

A	B	SW (g)	OY (kg ha^{-1})
30	5	2.28 b	266 b
	8	2.78 a	292 a
	11	2.78 a	292 a
	14	2.77 a	268 b
45	5	2.76 b	304 a
	8	2.88 ab	307 a
	11	2.93 ab	297 a
	14	3.00 a	276 b
60	5	2.60 b	292 a
	8	2.83 a	276 ab
	11	2.91 a	257 b
	14	2.75 a	235 c

A: Distance (cm) between rows; B: Distance (cm) of plants on the rows; SW: 1000-Seed Weight; OY: Oil Yield; In each trait and in each A treatment (distance between rows), means followed by the same letter are not significantly different ($p \leq .05$ and 0.01).

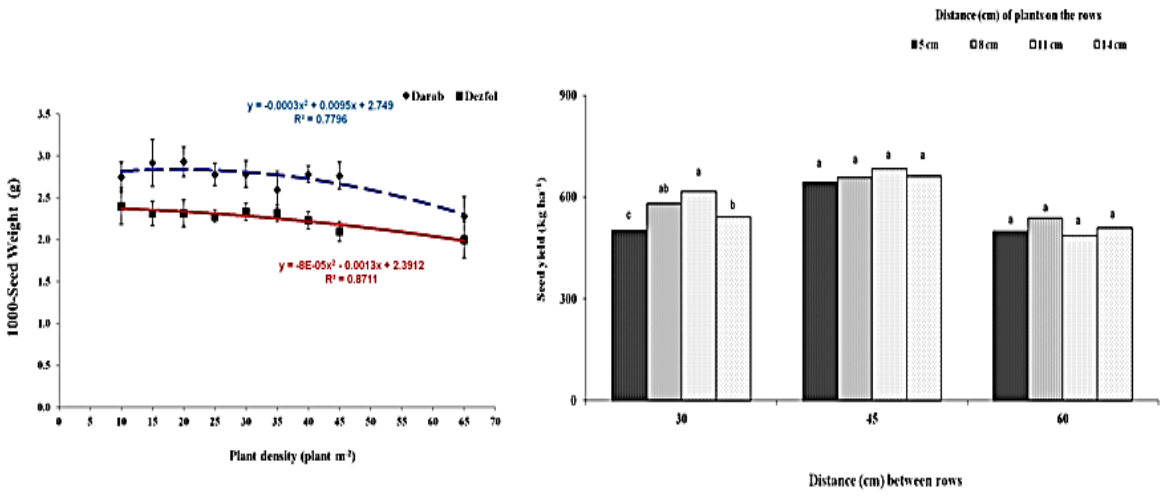
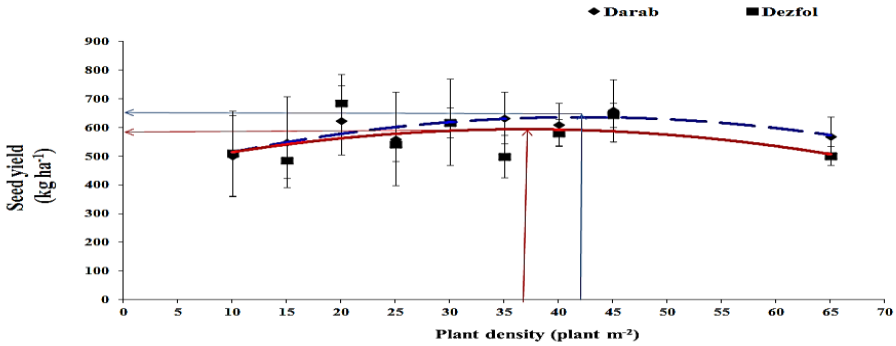


Figure 4. The effect of plant density on 1000-seed weight of sesame (left). The error bars (I) are the standard deviation. Slicing and mean comparison of row spacing×plant spacing interaction on seed yield of sesame in Dezfol (right). In each group of row distant treatment, means with the same letter are not significantly different ($p \leq 0.05$).

نتایج نشان داد که در منطقه داراب افزایش تراکم کاشت تا ۴۲ بوته در مترمربع عملکرد دانه را افزایش داد این در حالی است که حداکثر عملکرد دانه در دزفول در تراکم ۳۸ بوته در مترمربع به‌دست آمد (شکل ۵). نتایج حاکی از آن است که اگرچه افزایش تراکم بوته منجر به کاهش دو جزء مهم عملکرد یعنی تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول شد اما افزایش تعداد بوته در واحد سطح تا حد تراکم بهینه توانست کاهش در عملکرد تک بوته را جبران کند. Latifi et al., (2019) نیز بیان داشتند که با افزایش تراکم بوته در واحد سطح، سایه‌انداز گیاه سریع‌تر بسته شده، جذب نور بیش‌تری صورت گرفته و در نتیجه گیاه در واحد سطح ماده خشک بیش‌تری تولید می‌کند و این امر منجر به افزایش عملکرد می‌شود. بنابراین در زراعت کنجد ایجاد یک تراکم گیاهی کافی و یکنواخت برای دستیابی به عملکرد دانه بالا ضروری است. نتایج حاکی از آن است که در هر منطقه تراکم بهینه‌ای وجود دارد که در کشت‌های متراکم‌تر به دلیل افزایش رقابت بین بوته‌ها و در کشت‌های تنک‌تر به دلیل عدم بهره‌برداری مناسب از منابع، امکان دستیابی به حداکثر عملکرد مقدور نمی‌باشد.

درصد روغن و عملکرد روغن

نتایج حاکی از آن است که تغییرات معنی‌داری در درصد روغن دانه ناشی از تغییر در آرایش و تراکم کاشت مشاهد نشد (جدول ۳، شکل ۶). گزارش‌های دیگری نیز مشابه با نتایج این تحقیق در خصوص عدم تاثیرپذیری درصد روغن دانه کنجد (Begum et al., 2006) و یا سایر دانه‌های روغنی از جمله کلزا (Xie et al., 2020) از تیمارهای آرایش کاشت و یا تراکم در دسترس است.



	Regression eq.	R²	O.D (plant m⁻²)	M.Y (kg ha⁻¹)
Darab	SY = -0.119 D² + 10.017 D + 425	74	42	636
Dezfol	SY = -0.1099 D² + 8.1125 D + 443	72	38	592

SY: Seed Yield ; D: Density; O.D: Optimal Density (Vertical arrows); M.Y: Maximum Yield (Horizontal arrows)

Figure 5. The effect of plant density on seed yield of sesame. The error bars (I) are the standard deviation.

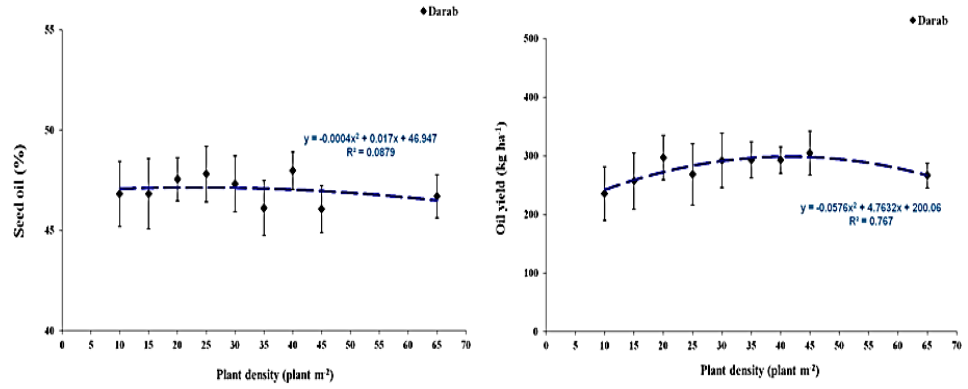


Figure 6. The effect of plant density on seed oil percentage (left) and oil yield (right) of sesame. The error bars are the standard deviation.

این نتایج اظهارات برخی از پژوهش‌گران مانند Bates et al., (2013) مبنی بر اینکه صفت محتوی روغن دانه عمدتا تحت کنترل عوامل ژنتیکی می‌باشد را تایید می‌کند. حداکثر عملکرد روغن از آرایش کاشت ۸×۴۵ سانتی‌متر به مقدار ۳۰۷ کیلوگرم در هکتار و حداقل آن با افتی ۲۳ درصدی از آرایش کاشت ۱۴×۶۰ سانتی‌متر به‌دست آمد (جدول ۵). علاوه بر این عملکرد روغن نیز مشابه با عملکرد دانه در پاسخ به تراکم‌های مختلف از تابع درجه دو پیروی می‌کرد (شکل ۶). نتایج نشان داد که تراکم‌های حداقلی (۱۵ بوته در مترمربع و کم‌تر) و حداکثری (بیش‌تر از ۴۵ بوته در مترمربع) کم‌ترین مقادیر عملکرد روغن را حاصل کردند.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد در دو منطقه اجرای آزمایش بیشترین عملکردهای دانه از فاصله بین ردیف‌های ۴۵ سانتی‌متری حاصل شد. آرایش کاشت‌هایی که در این دو منطقه بیشترین عملکرد دانه را حاصل کردند عبارت بودند از آرایش کاشت ۵×۴۵ سانتی‌متر در داراب و ۱۱×۴۵ سانتی‌متر در دزفول. این نتایج گواهی است بر این واقعیت که کاهش فاصله بین ردیف-ها با حفظ فاصله مناسب بین بوته‌ها می‌تواند در حصول به عملکردهای بالا در ژنوتیپ متحمل به ریزش کنجد موثر باشد. نتایج این پژوهش نشان داد با افزایش تراکم (بترتیب ۴۲ و ۳۸ بوته در مترمربع در داراب و دزفول)، عملکرد دانه تا حد معینی افزایش می‌یابد و پس از آن در محدوده باریکی از تراکم عملکرد ثابت و با افزایش بیش‌تر تراکم به علت افزایش رقابت عملکرد کاهش پیدا می‌کند.

سپاس‌گزاری

از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر به‌خاطر تأمین هزینه‌های اجرایی این پژوهش تشکر و قدردانی‌می‌شود.

References

Ali, Y., Guisheng, A,Z., Hassan, A., Yagoub, S.O., Farah, G.A., Ahamed, N., Ibrahim, A.M., Ibrahim, M.E.H., Suliman, M., Elradi, S.B., Ibrahim, E.G., & Omer, S.M. 2020. Sesame seed yield and growth traits response to different row spacing in semi-arid regions. *Universal Journal of Agricultural Research*, 8(4), 88-96.

Anonymous. 2022. Crop statistics. Ministry of Agriculture-Jahad. Deputy of Planning and Economy (Deputy of Planning and Economy). [In Persian]

Bates, P.D., Stymne, S., & Ohlrogge, J. 2013. Biochemical pathways in seed oil synthesis. *Current Opinion in Plant Biology*, 16(3), 358–364.

Begum, R., Samad, M.A., Amin, M.R., Pandit, D.B., & Jahan, M.A. 2001. Effect of row spacing and population density on the growth and yield of sesame. *Bangladesh Journal of Agricultural Sciences*, 28(2), 311-316.

Dejen, T., Woldu, B., Tegegn, F., & Adugna, G. 2019. Determination of optimum spatial arrangement and plant population in sesame sorghum intercropping. *International Journal of Development Research*, 9, 29192-29196.

El-Mehy, A.A., & Awad, M.A. 2022. Response of sesame to intercropping with maize under different sowing dates and plant distributions of sesame. *Moroccan Journal of Agricultural Sciences*, 3(1), 39-48.

Faostat. 2022. Food and Agriculture Organization Statistical Databases statistics service. www.faostat.fao.org. Food and Agriculture Organization. 2022. FAO Statistics. Retrieved July 1, 2022 from http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC.

Haghanian, S., Yadavi, A., Blouchi, H.R., Moradi, A., & Behzadi, Y. 2019. The effect of nitrogen on yield and yield components of different sesame (*Sesamum indicum* L.) varieties under weed competition. *Plant productions*, 42(2), 195-210. [In Persian]

Jakusko, B.B., Usman, B.D., & Mustapha, A.B. 2013. Effect of row spacing on growth and yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) in Yola, Adamawa State, Nigeria. *IOSR journal of Agriculture and Veterinary Science*, 2(3), 36–39.

Langham, D.R. 2012. Non-dehiscent sesame IND variety Sesaco 33. US Patent Application. No. 8,207397 B1.

Latifi, H., Khorramdel, S., Nasiri mahalati, M., Vafabakhsh, J., & Mollafilabi, A. 2019. Effect of nitrogen fertilizer and plant density on seed yield and oil yield of sesame using a central composite design. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 17(3), 427-439. [In Persian]

Mahmoud, A.M., Ali, E.A., Said, M.T., Abdelazeem, A.H., & Salem, A.M. 2020. Impact of planting methods on some sesame cultivars production. *Assiut Journal of Agricultural Sciences*, 51(3), 49-61.

Mazrae, F., Aynehband, A., Fateh, E., & Gorooei, A. 2019. The influence of PGPRs and planning methods on yield quantity and quality of sesame in Ahvaz. *Plant Productions*, 42(2), 239-252. [In Persian]

Poorter, H., Jagodzinski, A.M., Ruiz-Peinado, R., Kuyah, S., Luo, Y., Oleksyn, J., & Sack, L. 2015. How does biomass distribution change with size and differ among species? An analysis for 1200 plant species from five continents. *New Phytologist*, 208(3), 736–749.

Sadeghi Garmaroodi, H., Gholamhoseini, M., & Habibzadeh, F. 2023. Sesame production challenges and approaches. Emam Khomeini International University Publication. Qazvin, Iran. 268 pp. [In Persian]

Xie, Y., Yan, Z., Niu, Z., Coulter, J.A., Niu, J., Zhang, J., Wang, B., Yan, B., Zhao, W., & Wang, L. 2020. Yield, oil content, and fatty acid profile of flax (*Linum usitatissimum* L.) as affected by phosphorus rate and seeding rate. *Industrial Crops and Products*, 145, 112087.