Journal of Plant Production Research

Print ISSN: 2322-2050
Online ISSN: 2322-2778

The Effect of Planting Arrangement and Plant Density on the Yield of Non-dehiscent Sesame in Sari and Moghan

Majid Gholamhoseini[*1], Hossein Zeinalzadeh-Tabrizi[2], Seyyed Abbasali Andarkhor[3], Saadollah Mansouri[4], Farnaz Shariati[5], Farzin Parchami-Araghi[6]

1. Corresponding Author, Assistant Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. E-mail: m.gholamhoseini@areeo.ac.ir
2. Assistant Prof., Dept. of Horticulture and Agronomy, Faculty of Agriculture, Kyrgyz-Turkish Manas University, Bishkek, Kyrgyzstan. E-mail: hosseinzt@gmail.com
3. Assistant Prof., Crop and Horticultural Science Research Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Sari, Iran. E-mail: a_andarkhor@yahoo.com
4. Assistant Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. E-mail: sadollahmansouri@yahoo.com
5. Assistant Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. E-mail: frzshariati@gmail.com
6. Assistant Prof., Agricultural Engineering Research Department, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, (AREEO), Moghan, Iran. E-mail: f.parchamiaraghi@areeo.ac.ir

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 05.30.2023
Revised: 06.21.2023
Accepted: 07.23.2023

Keywords:
Plant spacing,
Resistance to seed shattering,
Row spacing,
Seed yield

ABSTRACT

Background and Objectives: Although sesame has traditionally been grown in southern Iran's warm and arid regions, its desirable agronomic traits and economic profitability have led to increased interest in cultivating this crop in the northern regions. However, sesame often exhibits low performance due to poor agronomic management, environmental stress, and limited use of improved varieties. Therefore, the use of improved sesame varieties, mainly those resistant to shattering, along with proper agronomic management, maybe the key to successful cultivation in various parts of the country. The seed of a non-dehiscent sesame genotype (S29) was imported into the country in 2016. Several years of studies related to this genotype confirm that it is resistant to seed shattering. In this regard, the present study was designed and conducted to investigate the effects of planting arrangement and plant density on the performance of a non-dehiscent sesame genotype.

Materials and Methods: The experiment was conducted in research fields located in Mazandaran (Sari) and Ardabil (Moghan) in 2020 and 2021. The effects of three planting row distances (30 cm, 45 cm, and 60 cm) and four plant spacing on the rows (5 cm, 8 cm, 11 cm, and 14 cm), with a minimum density of 12 plants per square meter to a maximum density of 67 plants per square meter, were evaluated in terms of plant height, number of branches, yield components, seed yield and oil percentage of the shattering-resistant sesame genotype. The experiment was set up in a randomized complete block design with split-plot arrangements and three replications in each location.

Results: The results showed that the highest plant height in both regions was achieved with a row distance of 45 cm and a plant spacing of 8 cm. Additionally, increasing plant density up to 45 plants per square meter resulted in increased plant height, but further increase in density decreased plant height. Decreasing the distance between planting rows and plant

spacing, equivalent to increasing planting density, reduced the number of branches, capsules per plant, and seeds per capsule in both regions. The maximum seed yield in the Moghan region (1465 kg/ha) was obtained from the 45×8 cm arrangement. However, there was no significant difference compared to the yield obtained from the 45×5 cm planting arrangement. In contrast, the highest seed yield in the Sari region (824 kg/ha) was achieved with the planting arrangement of 30×14 cm. Based on regression analysis of seed yield, the optimum density was estimated to be 23 plants per square meter for the Moghan region and 31 plants per square meter for the Sari region.

Conclusion: The results indicated that the imported non-shattering sesame genotype did not exhibit desirable potential for cultivation in the Sari region due to its lower average yield than the regional average. However, in the Moghan region, this genotype showed a comparable average yield and even higher maximum yield (250 kg/ha) than the regional average, with the highest yield obtained from the 45×8 cm planting arrangement. Therefore, due to its suitable seed yield performance and the potential for mechanized harvesting, this genotype holds promise for cultivation in the Moghan region.

Cite this article: Gholamhoseini, Majid, Zeinalzadeh-Tabrizi, Hossein, Andarkhor, Seyyed Abbasali, Mansouri, Saadollah, Shariati, Farnaz, Parchami-Araghi, Farzin. 2024. The Effect of Planting Arrangement and Plant Density on the Yield of Non-dehiscent Sesame in Sari and Moghan. *Journal of Plant Production Research*, 31 (1), 171-188.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/JOPP.2023.21410.3045
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی

شاپا چاپی: ۲۳۲۲-۲۰۵۰
شاپا آنلاین: ۲۳۲۲-۲۷۷۸

تأثیر آرایش کاشت و تراکم بوته بر عملکرد کنجد ناشکوفا در ساری و مغان

مجید غلامحسینی*[۱]، حسین زینل‌زاده تبریزی[۲]، سید عباسعلی اندرخور[۳]، سعدالله منصوری[٤]، فرناز شریعتی[٥]، فرزین پرچمی عراقی[٦]

۱. نویسنده مسئول، استادیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. رایانامه: m.gholamhoseini@areeo.ac.ir

۲. استادیار گروه باغبانی و زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ماناس، بیشکک، قرقیزستان. رایانامه: hosseinzt@gmail.com

۳. استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران. رایانامه: a_andarkhor@yahoo.com

٤. استادیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. رایانامه: sadollahmansouri@yahoo.com

٥. استادیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. رایانامه: frzshariati@gmail.com

٦. استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مغان،ایران. رایانامه: f.parchamiaraghi@areeo.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۲/۰۳/۰۹
تاریخ ویرایش: ۱٤۰۲/۰۳/۳۱
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۲/۰٥/۰۱

واژه‌های کلیدی:
عملکرد دانه،
فاصله بین بوته‌ها،
فاصله بین خطوط کاشت،
مقاومت به ریزش دانه

چکیده

سابقه و هدف: اگرچه کنجد از دیرباز محصول مناطق گرم و خشک جنوب کشور بوده است اما ویژگی‌های زراعی مطلوب و هم‌چنین صرفه اقتصادی زراعت آن به‌دلیل افزایش شدید قیمت کنجد در چند سال اخیر موجب اقبال برای توسعه کشت این محصول در نیمه شمالی کشور شده است. با این‌حال کنجد علی‌رغم داشتن پتانسیل بالا به دلایلی از جمله مدیریت ضعیف زراعی، تنش‌های محیطی و عدم استفاده از ارقام اصلاح‌شده از عملکرد پایینی برخوردار است. بنابراین ارقام اصلاح شده کنجد به‌ویژه از نظر مقاومت به ریزش دانه در کنار مدیریت به‌زراعی صحیح شاید تنها گزینه موجود برای توسعه کشت کنجد در نقاط مختلف کشور باشد. بذر یک ژنوتیپ ناشکوفا کنجد (S29) در سال ۱۳۹٥ وارد کشور شد. بررسی‌های چندساله در ارتباط با این ژنوتیپ بیانگر مقاوم به ریزش بودن آن می‌باشد. با این‌حال در ارتباط با مدیریت زراعی این ژنوتیپ از جمله آرایش کاشت و تراکم بوته بهینه آن اطلاعاتی در اختیار نیست. به همین منظور آزمایش حاضر طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها: آزمایش در مزارع پژوهشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران (ساری) و اردبیل (مغان) در سال‌های ۱۳۹۹ و ۱٤۰۰ اجرا شد. در این آزمایش اثر

فاصله بین خطوط کشت۳۰، ٤٥ و ٦٠ سانتی‌متری و فاصله بوته‌ها روی خطوط کشت ٥، ٨، ١١ و ١٤ سانتی‌متری، با حداقل تراکم ١٢ بوته در مترمربع تا حداکثر تراکم ٦٧ بوته در مترمربع، بر ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، اجزای عملکرد، عملکرد دانه و درصد روغن ژنوتیپ ناشکوفا کنجد 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.

یافته‌ها: نتایج نشان داد در هر دو منطقه بیش‌ترین ارتفاع بوته از فاصله بین خطوط کاشت ٤٥ سانتی‌متری و فاصله بین بوته هشت سانتی‌متری به‌دست آمد و افزایش تراکم تا ٤٥ بوته در مترمربع موجب افزایش ارتفاع بوته شد اما بیش‌تر شدن تراکم، ارتفاع بوته را کاهش داد. از طرف دیگر با نزدیک شدن فاصله بین خطوط کاشت و بین بوته‌ها که مترادف با افزایش تراکم کاشت است از تعداد شاخه فرعی، تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول در هر دو منطقه کاسته شد. حداکثر عملکرد دانه در منطقه مغان به مقدار ١٤٦٥ کیلوگرم در هکتار از آرایش کاشت ٨×٤٥ سانتی‌متر به‌دست آمد هر چند تفاوت معنی‌داری با عملکرد حاصله از آرایش کاشت ٥×٤٥ سانتی‌متر نداشت. این در حالی است که بیش‌ترین عملکرد دانه در ساری به مقدار ٨٢٤ کیلوگرم در هکتار از آرایش کاشت ١٤×٣٠ سانتی‌متر حاصل شد. نتایج بیانگر آن است که در هیچ‌کدام از مناطق اجرای آزمایش، فاصله عریض بین خطوط کاشت (٦٠ سانتی‌متر) بیش‌ترین عملکرد دانه را حاصل نکرد. با مشتق‌گیری از تابع رگرسیونی عملکرد دانه، تراکم بهینه برای منطقه مغان ٢٣ بوته در مترمربع و برای منطقه ساری ٣١ بوته در مترمربع برآورد شد.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که ژنوتیپ وارداتی ناشکوفا پتانسیل مطلوبی برای کشت در منطقه ساری ندارد به این دلیل که متوسط عملکرد و حتی حداکثر عملکرد آن در مقایسه با متوسط عملکرد منطقه پایین‌تر بود. در مقابل در منطقه مغان متوسط عملکرد این ژنوتیپ با متوسط عملکرد منطقه تقریباً برابری داشته و حداکثر عملکرد حاصله از این ژنوتیپ که از آرایش کاشت ٨×٤٥ سانتی‌متر به‌دست آمد تا ٢٥٠ کیلوگرم در هکتار از متوسط عملکرد کنجد در منطقه مغان بیش‌تر بود. بنابراین این ژنوتیپ به‌دلیل عملکرد دانه مناسب و هم‌چنین کاهش هزینه‌های زراعت آن ناشی از امکان برداشت مکانیزه پتانسیل مطلوبی برای کشت در این منطقه دارد.

استناد: غلامحسینی، مجید، زینل‌زاده تبریزی، حسین، اندرخور، سید عباسعلی، منصوری، سعدالله، شریعتی، فرناز، پرچمی عراقی، فرزین (١۴٠٣). تأثیر آرایش کاشت و تراکم بوته بر عملکرد کنجد ناشکوفا در ساری و مغان. *نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی*، ٣١ (١)، ١٨٨-١٧١.

DOI: 10.22069/JOPP.2023.21410.3045

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

در بین دانه‌های روغنی، کنجد به دلیل دارا بودن میزان قابل‌توجهی اسیدهای چرب غیر اشباع (۸۰ تا ۸۵ درصد از روغن دانه) و سایر ترکیبات شامل لیگنان‌ها، محتوی پروتئین و ترکیب اسیدهای آمینه به‌عنوان ملکه دانه‌های روغنی شناخته می‌شود (۱). هم‌چنین این محصول به‌دلیل خصوصیات برجسته زراعی از جمله مقاومت بالا به گرما و خشکی (۲)، مناسب بودن در تناوب زراعی با گندم و جو (۳) و امکان کشت در نظام‌های زراعی کم‌نهاده (٤) از اهمیت بسیاری در توسعه کشاورزی پایدار برخوردار است. اگرچه کنجد از دیرباز محصول مناطق گرم و خشک جنوب کشور بوده است اما ویژگی‌های زراعی مطلوب و هم‌چنین قیمت مناسب آن (تا ۲۰۰ هزار تومان در هر کیلوگرم در خرده‌فروشی‌ها) موجب اقبال برای توسعه کشت این محصول در نیمه شمالی کشور شده به‌طوری‌که کشاورزان در این مناطق از جمله مازندران و دشت مغان مایل هستند کنجد در نظام تولیدی آن‌ها گنجانده شود. با این‌حال کنجد علی‌رغم داشتن پتانسیل بالا به دلایلی از جمله مدیریت ضعیف زراعی، تنش‌های محیطی و عدم استفاده از ارقام اصلاح‌شده از عملکرد پایینی برخوردار است (۵). بنابراین ارقام اصلاح‌شده کنجد به‌ویژه از نظر مقاومت به ریزش دانه در کنار مدیریت به‌زراعی صحیح شاید تنها گزینه موجود برای توسعه کشت کنجد در نقاط مختلف کشور باشد.

تاکنون تعدادی رقم کنجد مقاوم به ریزش توسط شرکت سیساکو (Sesaco Corporation) در آمریکا معرفی شده است (٦). بذر یک ژنوتیپ کنجد آمریکایی مقاوم به ریزش نیز در سال ۱۳۹۵ از طریق دفتر طرح دانه‌های روغنی وزارت جهاد کشاورزی در اختیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، بخش دانه‌های روغنی قرار گرفت که مهم‌ترین ویژگی‌های آن در جدول ۱ ارایه شده است. بررسی‌های چندساله در ارتباط با این ژنوتیپ بیانگر مقاوم به ریزش بودن آن می‌باشد (٦) که می‌تواند در برنامه‌های توسعه کشت کنجد در کشور مثمرثمر باشد. با این‌حال در ارتباط با مدیریت زراعی این ژنوتیپ از جمله آرایش کاشت و تراکم بوته بهینه آن اطلاعاتی در اختیار نیست. این در حالی است که برای استفاده از حداکثر ظرفیت تولیدی گیاهان، اعمال روش‌های صحیح زراعی از جمله آرایش کاشت و تراکم بهینه با توجه به ویژگی‌های هر رقم از جمله تیپ شاخه‌دهی، ارتفاع بوته، زمان رسیدگی و غیره امری اجتناب‌ناپذیر است.

در مورد اثر آرایش کاشت و تراکم بوته بر عملکرد کنجد در پژوهش‌های گذشته نتایج مختلفی گزارش شده است. به عنوان مثال کوچکی و همکاران (۲۰۱۷) بیان نمودند که متأثر از برهمکنش آرایش کاشت و تراکم بوته عملکرد دانه، تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول تغییرات معنی‌داری را نشان دادند و حداکثر عملکرد دانه در آرایش کاشت لوزی با تراکم ۵۰۰ هزار بوته در هکتار حاصل شد که در مقایسه با آرایش کاشت مستطیلی و مربعی به‌ترتیب ۱۳ و هشت درصد بیش‌تر بود (۷). در مقابل حبیب‌زاده و غلامحسینی (۲۰۲۲) بیان داشتند که تفاوت معنی‌داری در عملکرد کنجد در آرایش‌های مختلف کشت مشاهده نکردند (۸). علت تناقض و تفاوت نتایج پژوهش‌گران را باید در عکس‌العمل‌های متفاوت کنجد به آرایش کشت تحت‌تأثیر ویژگی‌های ارقام (به‌ویژه از لحاظ تیپ شاخه‌دهی)، تاریخ کاشت، روش آبیاری، حاصلخیزی خاک و طول فصل رشد جستجو کرد. بنابراین با توجه به کمبود اطلاعات در ارتباط با آرایش کاشت و تراکم مناسب ژنوتیپ وارداتی مقاوم به ریزش کنجد به‌ویژه در دو استان مازندران (ساری) و اردبیل (مغان)، این پژوهش اجرا گردید.

جدول ۱- ویژگی‌های ژنوتیپ متحمل به ریزش*.

Table 1. Characteristics of the shattering tolerant sesame genotype.

نام ژنوتیپ Genotype name	منشأ Origin	شرکت معرفی‌کننده Introducing company	طول دوره رشد (روز) The length of growing period (day)	شاخه‌دهی Branching	رنگ بذر Seed color
S29	آمریکا United State	سیساکو Sesaco	130±10	چند شاخه Multi-branching	کرم روشن Light cream
متوسط عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Average seed yield (kg ha^{-1})	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	وزن هزاردانه (گرم) 1000-seed weight (g)	درصد روغن دانه Seed oil percentage	تحمل به ریزش Shattering tolerant	شاخص حفظ بذر** Seed retention index (TIKETO)
1100±50	137±5	2.39±0.1	50±2	+	776

* به نقل از رفرنس شماره (٦)

* Quoted from reference number (6)

** این شاخص بیانگر قدرت نگهداری بذر درون کپسول است و هر رقم آن از صفر تا هشت متغیر می‌باشد و هرچه عدد بزرگ‌تر باشد نشان‌دهنده مقاومت بیش‌تر کپسول به ریزش دانه است

** 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

مواد و روش‌ها

آزمایش در مزارع پژوهشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران (ساری) و اردبیل (مغان) در سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ اجرا شد. ویژگی‌های اقلیمی مناطق اجرای آزمایش در جدول دو ارائه شده است. در این آزمایش اثر فاصله بین خطوط کشت شامل ۳۰، ٤٥ و ٦٠ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی خطوط کشت شامل ۵، ۸، ۱۱ و ١٤ سانتی‌متر (جدول ۳) بر ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، اجزای عملکرد، عملکرد دانه و درصد روغن ژنوتیپ مقاوم به ریزش کنجد 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. پس از اجرای عملیات آماده‌سازی زمین، بذور ضدعفونی‌شده با قارچ‌کش کاپتان (با غلظت سه در هزار) در ۲۰ و ۲۳ خردادماه در ساری و ۱۱ و چهارم تیرماه در مغان به‌ترتیب در سال اول و دوم آزمایش کشت شدند. هر کرت شامل شش ردیف کاشت به طول سه متر بود. بذرها در واحدهای آزمایشی ابتدا به‌صورت متراکم کشت شده و سپس در مراحل اولیه رشد و نمو (دو تا سه برگی) تنک شدند به‌طوری‌که فاصله بین بوته‌های موردنظر در هر یک از تیمارهای آزمایشی حاصل گردد. در هر دو مکان آبیاری واحدهای آزمایشی به روش قطره‌ای و با استفاده از نوار تیپ و پس از استقرار بوته‌ها هر هفت تا ١٤ روز یک‌بار انجام شد. کنترل علف‌های هرز با دست و در طول فصل رشد در سه نوبت انجام شد. در ساری ۸۰ و در مغان ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع کود اوره به صورت تقسیط شده در دو مرحله، نیمی در مرحله آماده‌سازی زمین و بقیه به‌صورت جایگذاری کنار ردیف‌های کاشت قبل از گلدهی به کار برده شد. هم‌چنین به‌ترتیب در ساری و مغان ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم فسفر خالص در هکتار از منبع کود سوپر فسفات تریپل و در ساری ۵۰ کیلوگرم پتاسیم خالص در هکتار از منبع کود سولفات پتاسیم قبل از کاشت استفاده گردید.

برداشت در تاریخ ۱۵ و ۲۰ مهرماه در ساری و ۲٤ و هفتم آبان‌ماه در مغان به‌ترتیب در سال‌های اول و دوم آزمایش انجام گرفت. مساحت برداشت شده هر کرت با لحاظ کردن اثر حاشیه، بالغ بر چهار مترمربع بود. عملکرد دانه بر اساس رطوبت شش درصدی دانه محاسبه گردید. جهت تعیین اجزاء عملکرد از کل بوته‌های برداشت شده از هر کرت، هشت بوته به‌صورت تصادفی انتخاب شد و سپس ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی و تعداد کپسول در بوته اندازه‌گیری شد. برای ثبت تعداد دانه در کپسول از هر واحد آزمایشی ۳۰ کپسول به‌طور تصادفی انتخاب و پس از شمارش تعداد بذور موجود در آن‌ها، متوسط تعداد دانه در کپسول برای هر واحد آزمایشی مشخص شد. برای تعیین وزن هزاردانه نیز چهار نمونه ۲۵۰ تایی از بذور هر یک از کرت‌ها شمارش و توزین گردید. درصد روغن دانه (به‌دلیل محدودیت‌های اندازه‌گیری، این صفت صرفاً در نمونه‌های منطقه مغان 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 روش تجزیه مرکب داده‌ها با فرض اثر تصادفی سال و با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/٤ 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.

جدول ۲- مختصات جغرافیایی، ویژگی‌های اقلیمی و خاکی مناطق اجرای آزمایش.

Table 2. Geographical coordinates, climatic and soil characteristics of study areas.

محل اجرای آزمایش Place of experiment	طول جغرافیایی Longitude	عرض جغرافیایی Latitude	ارتفاع از سطح دریا (متر) Height above sea level (m)	میانگین دمای سالیانه (درجه سانتی‌گراد) Average annual temperature (°C)	میانگین دما در فصل تابستان (درجه سانتی‌گراد) Average temperature in summer season (°C)
ساری Sari	53° 50′	36° 40′	29	17.6	27
مغان Moghan	47° 42′	39° 39′	60	21.5	25.5

محل اجرای آزمایش Place of experiment	میانگین بارندگی سالیانه (میلی‌متر) Average annual precipitation (mm)	میانگین بارندگی در فصل تابستان (میلی‌متر) Average precipitation in summer season (mm)	ویژگی و نوع اقلیم Characteristics and type of climate	بافت خاک Soil texture	ماده آلی خاک (درصد) Soil organic matter (%)
ساری Sari	656	117	Temperate with hot and dry summers	Clay loam	1.74
مغان Moghan	250	27		Clay loam	1.76

ویژگی‌های و نوع اقلیم بر اساس روش تقسیم‌بندی اقلیمی کوپن-گایگر تعیین شده است. ویژگی‌های خاک در عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری ثبت شده است

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

جدول ۳- تیمارهای آزمایشی.

Table 3. Experimental treatments.

فاصله بین ردیف (سانتی‌متر) Row spacing (cm)	فاصله بین گیاهان (سانتی‌متر) Plant spacing (cm)	تراکم (بوته در مترمربع) Density (plant m^{-2})
30	5	67
	8	42
	11	30
	14	24
45	5	44
	8	28
	11	20
	14	16
60	5	33
	8	21
	11	15
	14	12

نتایج و بحث

ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی: نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد در هر دو منطقه اثر اصلی تیمارهای آزمایشی بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود (جدول ٤). در هر دو منطقه بیش‌ترین ارتفاع بوته از فاصله بین خطوط کاشت ٤٥ سانتی‌متری و فاصله بوته‌ها روی خطوط هشت سانتی‌متری بدست آمد (جدول ٥). هم‌چنین در هر دو منطقه افزایش تراکم تا ٤٥ بوته در مترمربع موجب افزایش ارتفاع بوته شد اما بیش‌تر شدن تراکم، ارتفاع بوته را کاهش داد (شکل ١). افزایش ارتفاع بوته با افزایش تراکم تا سطح ٤٥ بوته در مترمربع می‌تواند ناشی از افزایش رقابت بین بوته‌ای برای نور و هم‌چنین کیفیت نور دریافتی درون پوشش گیاهی باشد. هرچه تعداد بوته افزایش یابد، نور کم‌تری به لایه‌های پایینی پوشش گیاهی می‌رسد و رقابت برگ‌ها برای جذب نور بیش‌تر می‌شود. در این شرایط تخصیص شیره پرورده به ساقه افزایش می‌یابد که خود دلیلی برای افزایش ارتفاع بوته است (٩). از ظرف دیگر گزارش شده است که در کشت‌های متراکم به دلیل قرار گرفتن بوته‌ها در سایه تخریب نوری اکسین کاهش و در مقابل تولید جیبرلین در میانگره‌ها افزایش می‌یابد (١٠) که مجموع این عوامل می‌تواند موجب افزایش ارتفاع بوته گردد. با این‌حال باید توجه داشت که افزایش شدید تراکم (٦٥ بوته در مترمربع) نه تنها ارتفاع بوته را افزایش نداد بلکه موجب کاهش آن شد (شکل ١). به نظر می‌رسد در تراکم ٦٥ بوته در مترمربع رقابت برای آب و مواد غذایی در مقایسه با رقابت برای دریافت تشعشع بیش‌تر بوده است. به‌عبارت دیگر در تراکم ٦٥ بوته در مترمربع نور عامل محدودکننده رشد کنجد نبوده و گیاهان بیش‌تر برای آب و مواد غذایی با یکدیگر رقابت کردند که نتیجه آن کاهش ارتفاع بوته بوده است. هم‌چنین در هر دو منطقه با افزایش تراکم کاشت از تعداد شاخه فرعی کاسته شد (شکل ١). این نتایج با یافته‌های النعیم و همکاران (٢٠١٠) مطابقت دارد (١١). در تراکم‌های بالا به دلیل رقابت بین بوته‌های مجاور، گیاه ترجیح می‌دهد که تعداد شاخه فرعی کم‌تری تولید کند در حالی‌که در کشت در فواصل بین خطوط و بین بوته‌ای عریض‌تر گیاه فضای کافی در اختیار دارد، نور به عمق پوشش گیاهی نفوذ کرده جوانه‌های جانبی را تحریک می‌کند و تعداد شاخه‌های فرعی را افزایش می‌دهد.

اجزای عملکرد: اثر اصلی تیمارهای آزمایشی در مغان و اثر متقابل تیمارها در سال در منطقه ساری بر تعداد کپسول در بوته معنی‌دار بود (جدول ٤). نتایج در مغان بیانگر آن است که با افزایش فاصله بین خطوط کاشت و فاصله بین بوته‌ها بر تعداد کپسول در بوته افزوده شد (جدول ٥). در ساری نیز نتایج نشان می‌دهد که در هر دو سال آرایش کاشت ١٤×٤٥ سانتی‌متر بیش‌ترین تعداد کپسول در بوته را حاصل کرد (شکل ٢). هم‌چنین نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اصلی فاصله بین بوته‌ها روی خطوط کاشت در هر دو منطقه و اثر متقابل تیمارها در سال در منطقه ساری بر تعداد دانه در کپسول معنی‌دار بود (جدول ٤). در ساری افزایش فاصله بین بوته‌ها تا ١٤ سانتی‌متر در سال اول و تا ١١ سانتی‌متر در سال دوم موجب افزایش معنی‌دار تعداد دانه در کپسول در تیمار فاصله بین خطوط کاشت ٣٠ سانتی‌متری در هر دو سال آزمایش شد (شکل ٢). هم‌چنین در این منطقه بیش‌ترین تعداد دانه در کپسول در سال اول آزمایش از آرایش کاشت ١٤×٣٠ سانتی‌متر و در سال دوم از آرایش کاشت ١٤×٤٥ سانتی‌متر حاصل شد (شکل ٢). در مغان نیز فاصله ١٤ سانتی‌متری بین بوته‌ها بیش‌ترین تعداد دانه در کپسول را حاصل کرد (جدول ٥). از طرف دیگر با نزدیک شدن فاصله بین خطوط کاشت و بین بوته‌ها که با افزایش تراکم کاشت همراه است از تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول در هر دو منطقه کاسته شد (شکل ٣). نتایج نشان داد که در هر دو منطقه بیش‌ترین این صفات از تنک‌ترین کشت (تراکم ١٠ بوته در مترمربع) و کم‌ترین آن از متراکم‌ترین کشت (٦٥ بوته در مترمربع) حاصل شد (شکل ٣).

جدول ٤- آنالیز واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری‌شده در مغان و ساری.

Table 4. Analysis of variance (mean square) of traits measured in Moghan and Sari.

			مغان Moghan						
منابع تغییرات S.O.V		درجه آزادی df	ارتفاع H	تعداد شاخه فرعی در بوته SB	تعداد کپسول در بوته CP	تعداد دانه در کپسول SC	وزن هزاردانه SW	عملکرد دانه SY	روغن دانه OP
Yr	سال	1	22050 **	5.55 ns	9846 ns	5083 ns	1.53 ns	1168156 ns	47.3 ns
R(Yr)	تکرار در سال	4	165	0.03	265	4.80	0.05	50441	6.97
A	فاصله بین خطوط	2	1495 ns	6.95 ns	50562 *	984 ns	0.96 ns	5182060 *	3.09 ns
Yr×A	سال در فاصله بین خطوط	2	563 ns	1.55 ns	2625 ns	156 ns	0.26 ns	225259 ns	0.18 ns
R×A(Yr)	تکرار در فاصله بین خطوط در سال	8	45.7	0.31	474	66.2	0.04	22781	1.18
B	فاصله بین گیاهان	3	13.1 ns	5.48 *	6089 *	829 **	0.45 ns	52777 ns	1.79 ns
Yr×B	سال در فاصله بین گیاهان	3	224 ns	0.26 ns	603 ns	15.9 ns	0.11 ns	47493	1.60
R×B(Yr)	تکرار در فاصله بین گیاهان در سال	12	31.9	0.27	443	31.3	0.05	36754 ns	0.99 ns
A×B	فاصله بین خطوط در فاصله بین گیاهان	6	58.3 ns	0.43 ns	355 ns	99.6 ns	0.02 ns	159328 **	0.65 ns
Yr×A×B	سال درفاصله بین خطوط در فاصله بین گیاهان	6	21.0 ns	0.27 ns	109 ns	92.4 ns	0.05 ns	14231 ns	0.27 ns
Error	خطا	24	91.1	0.19	370	43.4	0.03	17060	1.08
C.V.	ضریب تغییرات		8.20	11.87	25.54	8.24	6.83	11.51	2.14

ادامه جدول ٤-

Continue Table 4.

			ساری Sari					
منابع تغییرات S.O.V		درجه آزادی df	ارتفاع H	تعدادشاخه فرعی در بوته SB	تعداد کپسول در بوته CP	تعداد دانه در کپسول SC	وزن هزاردانه SW	عملکرد دانه SY
Yr	سال	1	22.2 ns	0.013 ns	43.5 ns	1.38 ns	0.12 ns	6328 ns
R(Yr)	تکرار در سال	4	2.94	0.44	125	151	0.06	397
A	فاصله بین خطوط	2	5535 **	3.04 ns	3512 *	183 ns	0.011 ns	82318 *
Yr×A	سال در فاصله بین خطوط	2	30.8 ns	0.34 ns	167 ns	30.3 ns	0.001 ns	848 ns
R×A(Yr)	تکرار در فاصله بین خطوط در سال	8	144	0.05	52.5	20.0	0.01	4166
B	فاصله بین گیاهان	3	197 **	3.56 *	2454 *	451 **	0.09 ns	87649 **
Yr×B	سال در فاصله بین گیاهان	3	0.48 ns	0.12 ns	228 ns	0.38 ns	0.03 ns	810 ns
R×B(Yr)	تکرار در فاصله بین گیاهان در سال	12	158	0.13	11.6	10.2	0.01	1942
A×B	فاصله بین خطوط در فاصله بین گیاهان	6	45.0 *	0.37 ns	54.6 ns	44.1 ns	0.04 ns	38273 **
Yr×A×B	سال درفاصله بین خطوط در فاصله بین گیاهان	6	7.49 ns	0.12 ns	69.5 *	25.3 **	0.01 ns	1358 ns
Error	خطا	24	113	0.17	22.3	5.78	0.01	4612
C.V.	ضریب تغییرات		7.73	21.16	7.50	4.76	3.79	10.58

Yr: Year; R: Replication; A: Distance between rows; B: Distance of plants on the rows; df: degree of freedom; H: Height; SB: Number of Secondary Branch; CP: Number of Capsule in Plan; SC: Number of Seed in Capsule; SW: 1000-Seed Weight; SY: Seed Yield; OP: Seed Oil Percentage

ns، * و ** به‌ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, * and ** Respectively non-significant and significant at the 5% and 1% probability level

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمارهای آزمایشی بر صفات اندازه‌گیری‌شده در مغان و ساری.

Table 5. Mean comparison of main effects of experimental treatments on measured traits in Moghan and Sari.

مغان Moghan		ارتفاع H (cm)	تعداد شاخه فرعی در بوته SB	تعداد کپسول در بوته CP	تعداد دانه در کپسول SC	وزن هزاردانه SW (g)	عملکرد دانه SY (kg ha^{-1})	روغن دانه OP (%)
فاصله بین خطوط کاشت A	30	134 ab	3 a	51 b	73 a	2.69 a	981 b	48.9 a
	45	136 a	4 a	85 a	84 a	2.99 a	1273 a	49.0 a
	60	132 b	4 a	89 a	83 a	3.07 a	1149 a	48.3 a
فاصله بین گیاهان B	5	137 a	3 c	61 c	71 b	2.71 a	1109 a	48.9 a
	8	139 a	4 b	73 bc	80 a	2.89 a	1211 a	49.0 a
	11	131 b	4 b	74 b	83 a	2.96 a	1131 a	48.5 a
	14	130 b	5 a	93 a	86 a	3.10 a	1086 a	48.3 a
سال Yr	1	135 a	3 a	64 a	72 a	2.77 a	1007 a	49.3 a
	2	133 a	4 a	87 a	88 a	3.06 a	1262 a	48.1 a

ادامه جدول ۵-

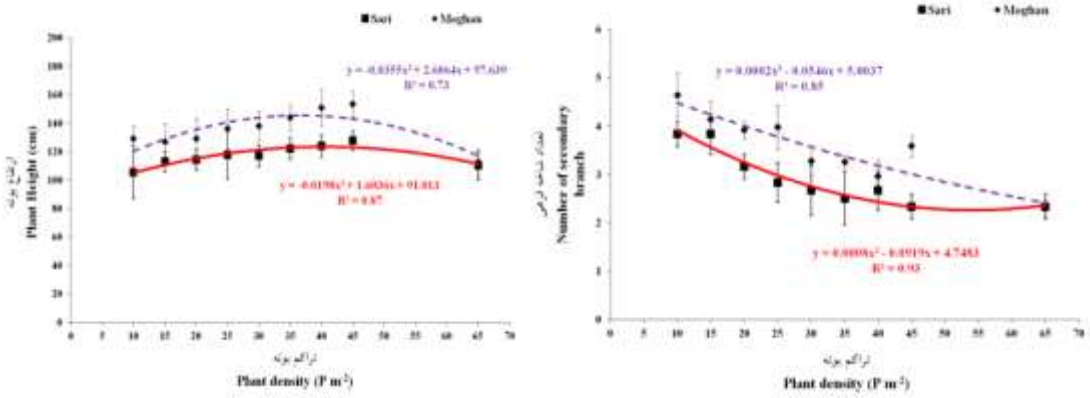
Continue Table 5.

عملکرد دانه SY (kg ha^{-1})	وزن هزاردانه SW (g)	تعداد دانه در کپسول SC	تعداد کپسول در بوته CP	تعدادشاخه فرعی در بوته SB	ارتفاع H (cm)		ساری Sari
709 ^{a}	3.10 ^{a}	49 ^{b}	54 ^{b}	2 ^{b}	115 ^{b}	30	فاصله بین خطوط کاشت A
610 ^{b}	3.20 ^{a}	54 ^{a}	68 ^{a}	3 ^{a}	117 ^{a}	45	
605 ^{b}	3.23 ^{a}	49 ^{b}	67 ^{a}	3 ^{a}	115 ^{b}	60	
541 ^{c}	3.12 ^{a}	44 ^{c}	53 ^{d}	2 ^{c}	117 ^{b}	5	فاصله بین گیاهان B
648 ^{b}	3.15 ^{a}	48 ^{b}	59 ^{c}	3 ^{b}	120 ^{a}	8	
682 ^{ab}	3.15 ^{a}	54 ^{a}	66 ^{b}	3 ^{b}	115 ^{c}	11	
695 ^{a}	3.28 ^{a}	55 ^{a}	74 ^{a}	4 ^{a}	111 ^{d}	14	
651 ^{a}	3.13 ^{a}	51 ^{a}	64 ^{a}	3 ^{a}	120 ^{a}	1	سال Yr
632 ^{a}	3.21 ^{a}	50 ^{a}	62 ^{a}	3 ^{a}	112 ^{b}	2	

A: Distance between rows; B: Distance of plants on the rows; df: degree of freedom; H: Height; SB: Number of Secondary Branch; CP: Number of Capsule in Plant; SC: Number of Seed in Capsule; SW: 1000-Seed Weight; SY: Seed Yield; OP: Seed Oil Percentage

در هر صفت و برای هر تیمار، میانگین‌های دارای حرف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند

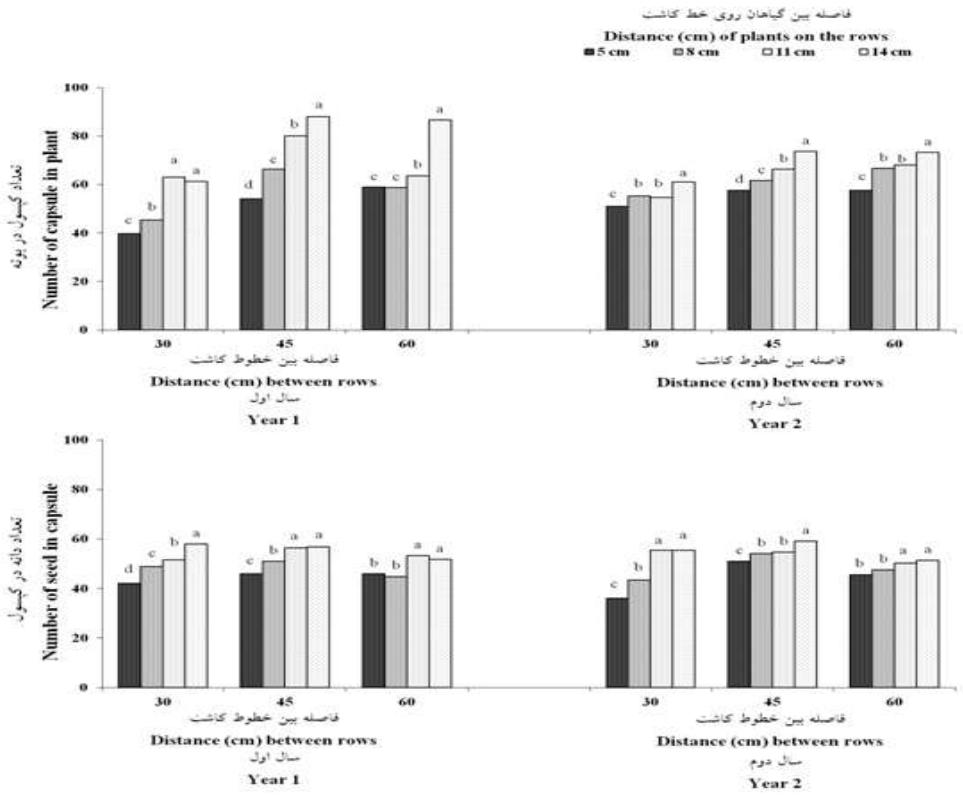
In each trait and for each treatment, means followed by the same letter are not significantly different (P≤0.05)



شکل ۱- اثر تراکم‌های مختلف بر ارتفاع بوته (سمت چپ) و تعداد شاخه فرعی (سمت راست).

ارور بارها انحراف معیار می‌باشند.

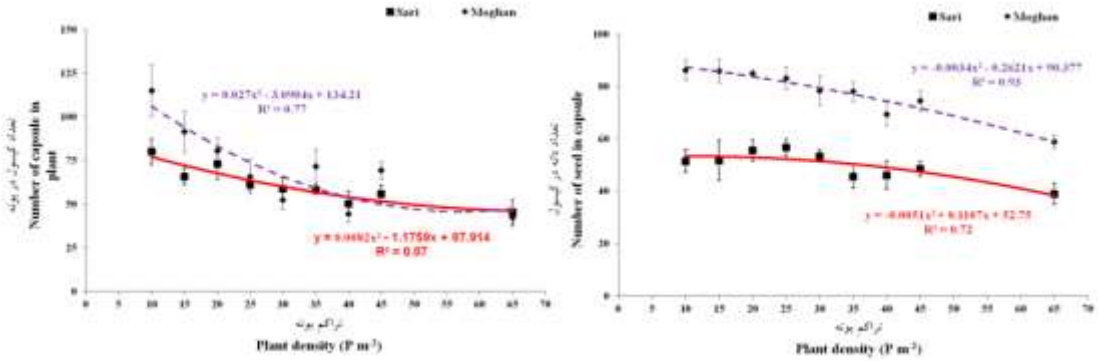
Fig. 1. The effect of different densities on plant height (left) and the number of secondary branch (right). The error bars are the standard deviation.



شکل ۲- برش‌دهی و مقایسه میانگین اثر متقابل سال در فاصله بین خطوط در فاصله بین بوته‌ها بر تعداد کپسول در بوته (بالا) و تعداد دانه در کپسول (پایین) در ساری.

در هر تیمار فاصله بین ردیف، میانگین‌های دارای حرف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Fig. 2. Slicing and mean comparing of Yr×A×B interaction effect on number of capsule in plant (up) and number of seed in capsule (down) in Sari.
In each distance between rows treatment, means followed by the same letter are not significantly different (P≤0.05).



شکل ۳- اثر تراکم‌های مختلف بر تعداد کپسول در بوته (سمت چپ) و تعداد دانه در کپسول (سمت راست).

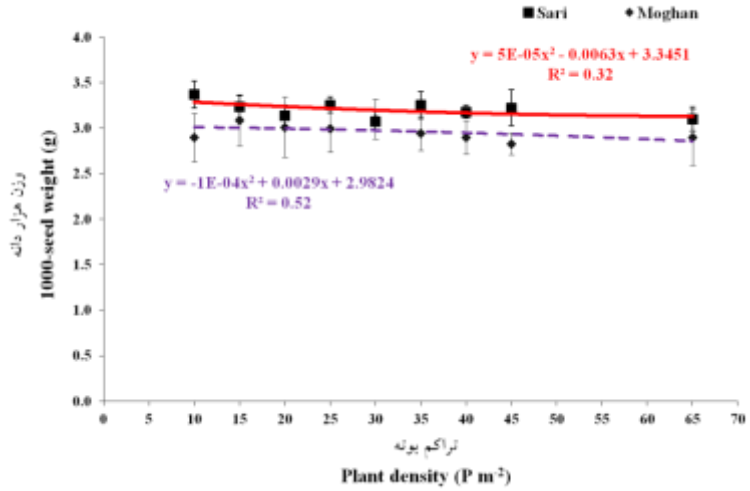
ارور بارها انحراف معیار می‌باشند.

Fig. 3. The effect of different densities on number of capsule in plant (left) and the number of seed in capsule branch (right).
The error bars are the standard deviation.

در تراکم پایین به‌دلیل وجود فضای کافی برای هر گیاه و نفوذ نور مستقیم درون پوشش گیاهی توان فتوسنتزی گیاه افزایش می‌یابد و ماده خشک بیش‌تری برای ایجاد شاخه‌های فرعی در اختیار گیاه قرار می‌گیرد (۱۲). بنابراین افزایش تعداد شاخه فرعی مهم‌ترین دلیل برای افزایش تعداد کپسول در بوته می‌باشد هم‌چنان که همبستگی بین این دو صفت در هر دو منطقه مثبت و معنی‌دار بود (به‌ترتیب ۰/۷۸ و ۰/۸۱ در ساری و مغان). علاوه بر این در تراکم‌های کم رقابت کم‌تری برای جذب آب و عناصر غذایی وجود دارد و در این شرایط تعداد گل‌های بیش‌تری تبدیل به کپسول شده و در نهایت تعداد کپسول در بوته افزایش می‌یابد. در مقابل در کشت‌های متراکم نفوذ نور به درون پوشش گیاهی کاهش یافته که موجب افزایش رشد رویشی می‌شود که نشانه آن افزایش ارتفاع بوته است. در این شرایط گره‌های پایین گیاه تعداد کپسول کم‌تری دارند و حتی بدون کپسول می‌باشند. بنابراین مجموع این عوامل منجر به افزایش تعداد کپسول در بوته در تراکم‌های کم در مقایسه با تراکم‌های بالا می‌شود. از طرف دیگر در تراکم‌های بالا (در این پژوهش بیش‌تر از ٤٠ بوته در مترمربع در آرایش کاشت‌های ۵×۳۰، ۸×۳۰ و۵×٤٥ سانتی‌متر) 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. جاکاسکو و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی تأثیر سه آرایش کاشت ۱۰×٦۰ سانتی‌متر، ۱۵×٦۰ سانتی‌متر و ۱۰×۷۵ سانتی‌متر به ترتیب با تراکم‌های ۱۷، ۱۱ و ۱۳ بوته در مترمربع گزارش کردند با کاهش تراکم تعداد دانه در کپسول افزایش می‌یابد و بیش‌ترین تعداد دانه در کپسول (٦٤ عدد) مربوط به آرایش کاشت ۱۵×٦۰ سانتی‌متر بود (۱۳). از آن‌جا که با افزایش تراکم، تعداد شاخه فرعی، تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول کاهش پیدا می‌کند، بنابراین افت عملکرد تک‌بوته با افزایش تراکم قابل پیش‌بینی است، اما این کاهش اجزای عملکرد در تک‌بوته با افزایش تعداد بوته در واحد سطح جبران شده و از این‌رو در تراکم‌های بالاتر، تعداد دانه بیش‌تری در واحد سطح تولید می‌گردد.

برخلاف دو جزء دیگر عملکرد، وزن هزاردانه در هیچ‌کدام از مناطق اجرای آزمایش تحت‌تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت (جدول‌های ٤ و ٥). به عبارت دیگر دامنه اختلاف بین تیمارهای آزمایشی در خصوص وزن هزاردانه در مقایسه با صفات دیگر از تغییرات کم‌تری برخوردار بود (شکل ٤). گزارش شده است که وزن هزاردانه با ثبات‌ترین جزء عملکرد گیاهان زراعی می‌باشد و از وراثت‌پذیری بالایی برخوردار بوده و کم‌تر تحت‌تأثیر عوامل محیطی (به‌استثناء شرایط تنش‌زا) قرار می‌گیرد (١٤). با این‌حال نتایج برای واکنش وزن هزاردانه کنجد به آرایش کاشت و تراکم متضاد می‌باشد. به عنوان مثال کوچکی و همکاران (۲۰۱۷) بیان نمودند که با افزایش فاصله ردیف و کاهش تراکم، وزن هزاردانه کنجد افزایش می‌یابد (۷). هم‌چنین کاهش وزن هزاردانه کنجد با افزایش تراکم از ۲۰ به ٤٠ بوته در مترمربع توسط فنایی و همکاران (۲۰۲۰) نیز گزارش شده است (۱۵). در مقابل بهادر و همکاران (۲۰۱۹) بیان داشتند که اثر تراکم بر وزن هزاردانه کنجد معنی‌دار نمی‌باشد (١٦). در ارتباط با سایر گیاهان زراعی از جمله کلزا (۱۷ و ۱۸)، ذرت (۱۹) و بزرک (۲۰) نیز گزارش‌هایی در ارتباط با عدم تأثیرپذیری وزن هزاردانه از تیمارهای آرایش کاشت و تراکم در دسترس است. بیان شده است که وزن هزاردانه به مقدار هیدرات کربن ذخیره شده در شروع پر شدن دانه و ژنوتیپ گیاه بستگی دارد و هر گونه شرایط تنش‌زایی از جمله تنش کم‌آبی یا کمبود شدید عناصر غذایی در این مرحله رشدی می‌تواند باعث کاهش شدید وزن هزاردانه شود (۱۷). در مطالعه حاضر با

توجه آبیاری به موقع مزرعه و عدم کمبود عناصر غذایی در خاک به نظر نمی‌رسد هیچ‌یک از عوامل اشاره شده، محدودکننده وزن دانه‌ها شده باشند. نتایج اسکاریسبریک و همکاران (۱۹۸۲) نیز در ارتباط با تغییرات اندک وزن هزاردانه در ترکم‌های بالا بیانگر این است که دانه‌ها به عنوان مقاصد فیزیولوژیک قوی عمل می‌کنند به‌نحوی‌که کم‌تر به تیمارهایی مانند تراکم بوته پاسخ می‌دهند (۲۱).



شکل ٤- اثر تراکم‌های مختلف بر وزن هزاردانه. ارور بارها انحراف معیار می‌باشند.

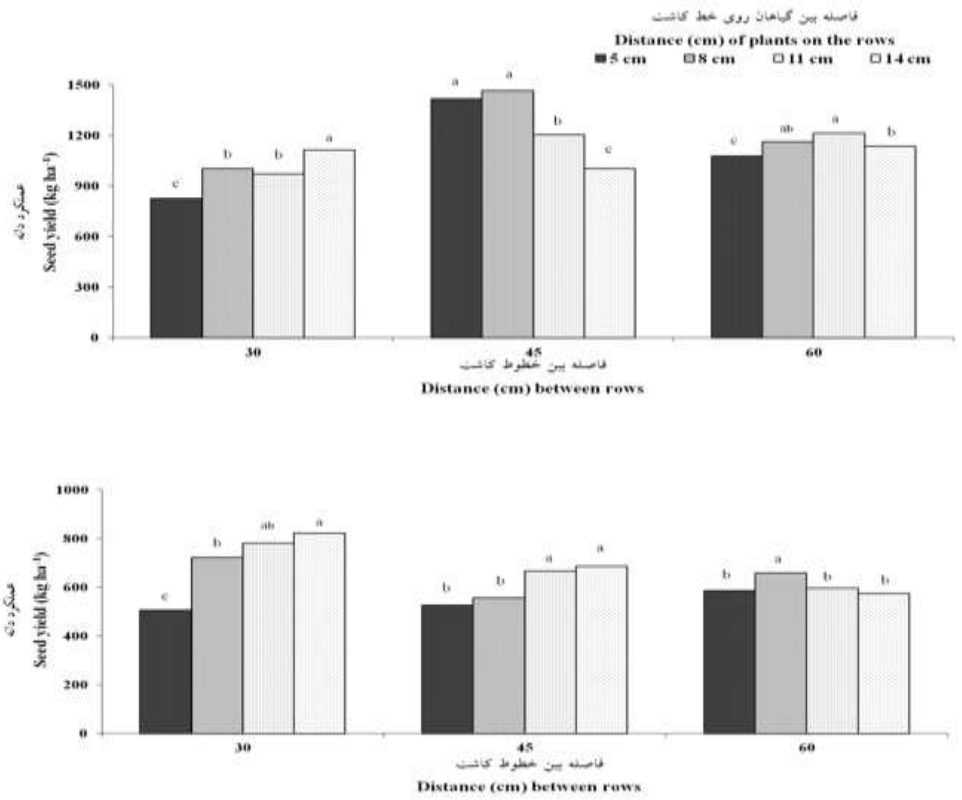
Fig. 4. The effect of different densities on 1000-seed weight. The error bars are the standard deviation.

عملکرد دانه: در هر دو منطقه اثر متقابل فاصله بین خطوط کاشت در فاصله بین بوته‌ها بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ٤). حداکثر عملکرد دانه در منطقه مغان به مقدار ١٤٦٥ کیلوگرم در هکتار از آرایش کاشت ٨×٤٥ سانتی‌متر به‌دست آمد هر چند تفاوت معنی‌داری با عملکرد حاصله از آرایش کاشت ٥×٤٥ سانتی‌متر نداشت (شکل ٥). این در حالی است که بیش‌ترین عملکرد دانه در ساری به مقدار ٨٢٤ کیلوگرم در هکتار از آرایش کاشت ١٤×٣٠ سانتی‌متر حاصل شد (شکل ٥). نتایج بیانگر آن است که در هیچ‌کدام از مناطق اجرای آزمایش فاصله عریض بین خطوط کاشت (٦٠ سانتی‌متر) بیش‌ترین عملکرد دانه را حاصل نکرد. به عبارت دیگر نتایج نشان می‌دهد که کاهش فاصله بین خطوط کاشت با حفظ فاصله مناسب بین بوته‌ها می‌تواند در دستیابی به عملکردهای بالا در کنجد مؤثر باشد. با کاهش فاصله بین خطوط کاشت، آرایش کاشت به سمت آرایش مربعی نزدیک‌تر می‌شود. انتظار می‌رود این شرایط موجب کاهش رقابت درون و بین گیاهی و افزایش کارایی استفاده از عوامل محیطی مانند نور، آب و عناصر غذایی شود. فنایی و همکاران (۲۰۲۰) نیز بیان نمودند که با کاهش فاصله بین خطوط کاشت از ۵۰ به ٤٠ سانتی‌متر، عملکرد دانه کنجد به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا می‌کند (۱۵).

بررسی روند تغییرات عملکرد دانه در پاسخ به تراکم‌های مختلف نیز بیانگر آن است که در هر دو منطقه، روند تغییرات از تابع درجه دو پیروی می‌کند (شکل ٦). با مشتق‌گیری از تابع رگرسیونی عملکرد دانه، تراکم بهینه برای منطقه مغان ٢٣ بوته در مترمربع و برای منطقه ساری ٣١ بوته در مترمربع برآورد شد. تراکم بهینه به مقدار فراوانی به عامل محدودکننده رشد بستگی دارد. گزارش شده است در شرایط عدم کمبود آب و عناصر غذایی (مانند شرایط اجرای این آزمایش)، نور مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد

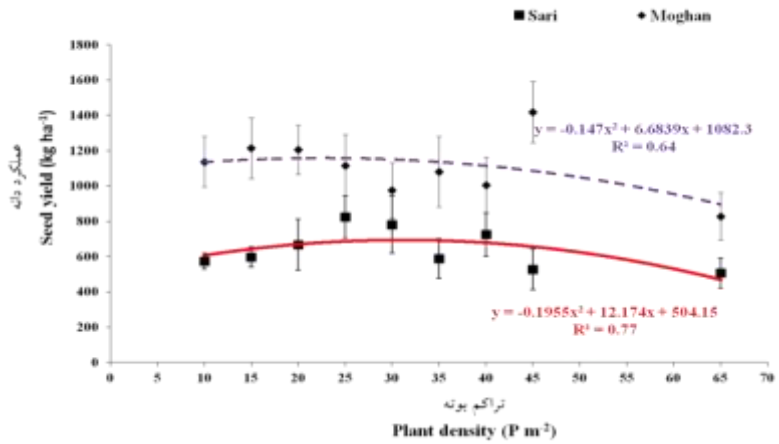
می‌باشد (۱۲). تراکم بوته در واحد سطح بر میزان جذب نور توسط پوشش گیاهی تأثیر گذاشته و چنان‌چه پوشش مزرعه بتواند حداکثر نور ورودی را جذب کند عملکرد افزایش می‌یابد. نتایج این پژوهش نشان داد که برای هر منطقه تراکم بهینه‌ای وجود دارد که در کشت‌های متراکم‌تر از آن به دلیل افزایش رقابت بین بوته‌ها و در کشت‌های تنک‌تر از آن به‌دلیل عدم بهره‌برداری مناسب از منابع، امکان دستیابی به حداکثر عملکرد مقدور نمی‌باشد.

از طرف دیگر نتایج نشان داد که در ساری متوسط عملکرد دانه ژنوتیپ وارداتی ناشکوفا (میانگین دو سال آزمایش ٦٤٢ کیلوگرم در هکتار) و حتی حداکثر عملکرد آن (میانگین حداکثر عملکرد دو سال آزمایش ٨٢٤ کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با متوسط عملکرد منطقه (۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار (٦)) پایین‌تر است. در مقابل در منطقه مغان متوسط عملکرد این ژنوتیپ (میانگین دو سال آزمایش ١١٣٤ کیلوگرم در هکتار) با متوسط عملکرد منطقه (۱۲۰۰ کیلوگرم در هکتار (٦)) تقریباً برابری داشته و حداکثر عملکرد حاصله از این ژنوتیپ (میانگین حداکثر عملکرد دو سال آزمایش ١٤٦٥ کیلوگرم در هکتار) تا ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار از متوسط عملکرد کنجد در منطقه مغان بیش‌تر است. علاوه‌بر عملکرد قابل‌قبول این ژنوتیپ به‌ویژه در منطقه مغان باید توجه داشت که با در نظر گرفتن ویژگی مقاومت به ریزش دانه این ژنوتیپ و امکان برداشت مکانیزه آن، به‌طور متوسط هکتاری چهار تا شش میلیون تومان در هزینه‌های زراعت این ژنوتیپ صرفه‌جویی می‌شود (٦) که برای اقتصاد زارع دارای اهمیت است.



شکل ۵- برش‌دهی و مقایسه میانگین اثر متقابل فاصله بین خطوط در فاصله بین بوته‌ها بر عملکرد دانه در مغان (بالا) و ساری (پایین).
در هر تیمار فاصله بین ردیف، میانگین‌های دارای حرف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

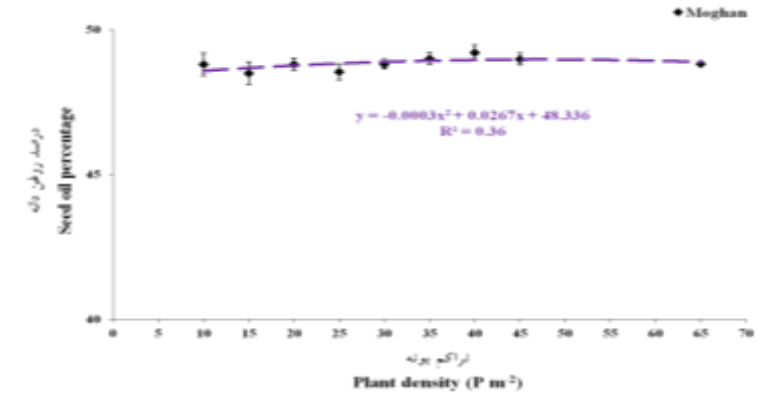
Fig. 5. Slicing and mean comparing of A×B interaction effect on seed yield in Mooghan (up) and Sari (down). In each distance between rows treatment, means followed by the same letter are not significantly different (P≤0.05).



شکل ٦- اثر تراکم‌های مختلف بر عملکرد دانه. ارور بارها انحراف معیار می‌باشند.

Fig. 6. The effect of different densities on seed yield. The error bars are the standard deviation.

درصد روغن دانه: نتایج نشان داد که تیمارهای آزمایشی و اثرات متقابل آن‌ها تأثیر معنی‌داری بر درصد روغن دانه نداشتند (جدول ٤، شکل ٧). این نتایج منطبق با یافته‌های دیگر پژوهش‌گران در خصوص عدم تأثیرپذیری درصد روغن دانه کنجد (١٥) و یا سایر دانه‌های روغنی از جمله سویا (٢٢)، گلرنگ (٢٣) و کلزا (٢٤) از تیمارهای آرایش کاشت و تراکم بوته است. این نتایج بیانات برخی از پژوهش‌گران مبنی بر این‌که صفت درصد روغن دانه بیش‌تر تحت کنترل عوامل ژنتیکی می‌باشد را تأیید می‌کند (٢٥).



شکل ٧- اثر تراکم‌های مختلف بر درصد روغن دانه. ارور بارها انحراف معیار می‌باشند.

Fig. 7. The effect of different densities on seed oil percentage. The error bars are the standard deviation.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که ژنوتیپ وارداتی ناشکوفا به‌دلیل عملکرد دانه پایین‌تر در مقایسه با متوسط عمکلرد منطقه پتانسیل مطلوبی برای کشت در منطقه ساری ندارد. در مقابل در منطقه مغان متوسط عملکرد این ژنوتیپ با متوسط عملکرد منطقه تقریباً برابری داشته و حداکثر عملکرد حاصله از این ژنوتیپ که از آرایش کاشت ۸×۴۵ سانتی‌متری به‌دست آمد تا ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار از متوسط عملکرد کنجد در منطقه مغان بیش‌تر است. بنابراین این ژنوتیپ به‌دلیل عملکرد دانه مناسب و هم‌چنین کاهش هزینه‌های زراعت آن ناشی از امکان برداشت مکانیزه پتانسیل مطلوبی برای کشت در این منطقه دارد.

منابع

1. Wei, P., Zhao, F., Wang, Z., Wang, Q., Chai, X., Hou, G. & Meng, Q. (2022). Sesame (*Sesamum indicum* L.): A comprehensive review of nutritional value, phytochemical composition, health benefits, development of food, and industrial applications. *Nutrients*, 14 (19), 4079-4115.
2. Hota, T., Pradhan, C. & Rout, G. R. (2019). Identification of drought tolerant Sesamum genotypes using biochemical markers. *Indian Journal of Experimental Biology*, 57, 690-699.
3. Afzalinia, S., Karami, A. & Rousta, M. J. (2018). Effect of conservation agriculture on soil properties and sesame yield in the sesame-wheat rotation. *Applied Field Crops Research*, 31(3), 20-40. [In Persian]
4. Golan, E., Peleg, Z., Tietel, Z. & Erel, R. (2022). Sesame response to nitrogen management under contrasting water availabilities. *Oil Crop Science*, 7 (4), 166-173.
5. Myint, D., Gilani, S. A., Kawase, M. & Watanabe, K. N. (2020). Sustainable sesame (*Sesamum indicum* L.) production through improved technology: An overview of production, challenges, and opportunities in Myanmar. *Sustainability*, 12, 3515-3602.
6. Sadeghi Garmaroodi, H., Gholamhoseini, M. & Habibzadeh, F. (2023). Sesame production challenges and approaches. Emam Khomeini International University Publication. Qazvin, Iran. 268 p. [In Persian]
7. Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Nourbakhsh, F. & Nehbandani, A. (2017). The Effect of planting pattern and density on yield and yield components of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Iranian Journal* of *Field Crops Research*. 15 (1), 31-45. [In Persian]
8. Habibzadeh, F. & Gholamhoseini, M. (2022). Selection of the best planting method and plant density for two sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars with different growth types in Karaj region. *Journal of Plant Production Research*, 29 (1), 191-207. [In Persian]
9. 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.
10. Ahmad, R. M., Tariq, M. F. & Ahmad, S. (2002). Comparative performance of two sesame varieties under different row spacing. *Asian Journal* of *Plant Sciences*, 1 (5), 546-547.
11. El Naim, A. M., El Day, E. M. & Ahmed, A. A. (2010). Effect of plant density on the performance of some sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars under rainfed. *Research journal of agriculture* and *biological sciences*, 6 (4), 498-504.
12. Isaac, A. A., Oyebisi, A. K., Kayode, O. S. & Mojisola, A. S. (2020). Effects of spatial arrangement and population density on the growth and yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) in a sesame/maize intercrop. *Journal of Agricultural Sciences (Belgrade)*, 65(4), 337-350.
13. 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. Journal of *Agriculture* and *Veterinary Science*, 2 (3), 36-39.

14. Degenhart, D. F. & Hondva, Z. P. (1981). The influence of seeding date and seeding rate on seed yield and growth characteristic of five genotype of *Brassica napus* L. *Journal* of *Plant Sciences*, 61, 158-190.
15. Fanaie, H. R., Naroueirad, M. R. & Keshtkat, M. K. (2020). Evaluation of seed and oil production of sesame cultivars affected by row spacing and plant density. *Journal of Plant Production Research*, 27 (3), 163-177. [In Persian]
16. Bahador, M., Moosavi, S. G. & Ramazani, S. H. R. (2019). Effect of weed free periods and crop density on morphological traits, yield, and yield components of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Iranian Plant Protection Research*, 33 (2), 193-211. [In Persian]
17. Eilkaeei, M. N. & Emam, Y. (2003). Effect of plant density on yield and yield components in two winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) cultivars. *Iranian Journal of Agriculture Science*, 34 (3), 509-515. [In Persian]
18. Fathi, Gh. (2009). Grain yield response of three rapeseed cultivars to different plant densities. *Iranian Journal* of *Field Crop Science*, 29 (1), 1-10. [In Persian]
19. Saberi, R., Feyzbakhsh, M. T., Mokhtarpour, H., Mosavat, S. A. & Askar, M. (2010). Effect of plant density and planting pattern on grain yield and yield components in grain maize cv. KSC704. *Seed and Plant Production Journal*, 26 (2), 123-136. [In Persian]
20. Lisson, S. N. & Mendham, N. J. (2000). Agronomic studies of flax (*Linum usitatissimum* L.) in south-eastern Australia. *Australian Journal* of *Experimental Agriculture*, 40, 1101-1112.
21. Scarisbrick, D. H., Daniels, R. W. & Nor Rawi, A. B. (1982). The effect of varying seed rate on the yield and yield components of oil-seed rape (*Brassica napus* L.). *The Journal of Agricultural Science*, 99, 561-568.
22. Kalantar Ahmadi, S. A., Daneshian, J., Tavakoli Hasanaklou, H. & Tavakoli Hasanaklou, N. (2015). Effects of planting pattern and density on yield of soybean genotypes under North Khuzestan conditions. *Journal of Crop Production and Processing*, 5 (17), 285-294. [In Persian]
23. Pourhadian, H. & Khajehpour, M. (2008). Effects of row spacing and planting density on growth indices and yield of safflower, local variety of Isfahan "Koseh" in summer planting. *Journal of Crop Production and Processing*, 11 (42), 17-31. [In Persian]
24. Koocheki, A., Azizi, M., Noroozian, A. & Najibnia, S. (2020). Evaluation of a wide range of plant density on yield and yield components of rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. *Journal of Agroecology*, 12 (1), 1-13. [In Persian]
25. Cheema, M. A., Malik, M. A., Hussain, A., Shah, S. H. & Basra, S. M. A. (2001). Effect of time and rate of nitrogen and phosphorus application on the growth and the seed and oil yield of canola (*Brassica napus* L.). *Crop Science*, 186, 103-110.