Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Crop Production

Print ISSN: 2008- 739x
Online ISSN: 2008- 7403

Iranian Society of Agronomy and Plant Breeding Sciences

Performance evaluation of imported seed-shattering resistant sesame genotype under different planting arrangements and densities in Gorgan

Majid Gholamhoseini[1*], Kamal Peyghamzadeh[2], Saadollah Mansouri[3], Abolfazl Faraji[4], Farnaz Shariati[5]

1. Assistant Professor, Oilseeds Research Dep. Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. Email: m.gholamhoseini@areeo.ac.ir
2. Assistant Professor, Crop and Horticultural Science Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran, Email: kamalpey@gmail.com
3. Assistant Professor, Oilseeds Research Dep. Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. E.mail: sadollahmansouri@yahoo.com.
4. Professor, Crop and Horticultural Science Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran. Email: abolfazlfaraji@yahoo.com
5. Assistant Professor, Oilseeds Research Dep. Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. Email: sadollahmansouri@yahoo.com.

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2023-7-1
Accepted: 2023-10-6

Keywords:
Oilseed
Oil yield
Seed yield
Yield components

ABSTRACT

Background and Objectives: Like many other sesame-producing countries, Iran has numerous local sesame populations adapted to their respective production regions, climatic and soil conditions. However, these populations are not suitable for large-scale cultivation and mechanized farming. In 2016, a sesame genotype resistant to seed shattering was imported into the Iran suggesting its potential contribution to sesame cultivation programs in the country. Due to the lack of information regarding the appropriate planting arrangements and densities for this imported shatter-resistant genotype, especially in Golestan province, this research was conducted.

Materials and Methods: The experiment was set up as a split-plot design in an RCBD with three replications in 2020 and 2021 in the research fields of the Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (Gorgan), located at 54° 24' longitude and 36° 53' latitude, with an elevation of 5.5 meters above sea level and temperate climate with hot and dry summers. The main plots consisted of three-row spacing (30, 45, and 60 cm), and the sub-plots included four plant spacing (5, 8, 11, and 14 cm). The morphological traits, yield components, seed yield, seed oil percentage, and oil yield of the imported shatter-resistant genotype were evaluated. The data were analyzed using a mixed model approach assuming the random effect of year, and the analysis was performed using SAS software version 9.4. Mean comparisons of main effects were conducted using the LSD test at a significance level of 5%, and in the case of significant interaction effects, mean separation and comparison were performed using the LS-means test.

Results: The results showed that in the first year, the tallest plants were obtained from the 60×8 cm planting arrangement (193 cm),

while in the second year; the tallest plants were obtained from the 30×11 cm planting arrangement (211 cm). Increasing the planting density from 10 to 35 plants m^{-2} increased the plant height by 22 cm, but further increases in density due to increase competition decreased plant height. Furthermore, the highest number of capsules per plant (201 capsules) in the first year was obtained from the 60×14 cm planting arrangement, and in the second year (169 capsules), it was obtained from the 60×11 cm planting arrangement. Decreasing the distance between rows and plants, which corresponds to increased planting density, reduced the number of capsules per plant, the number of seeds per capsule, and the thousand-seed weight. The results indicated a significant interaction effect of row spacing and plant spacing on seed yield. The highest seed yield of 3025 Kg ha^{-1} was achieved with the 30×11 cm planting arrangement. Although increasing the planting density decreased the number of branches and yield components, this decrease was compensated by increasing the number of plants per unit area, and the highest seed yield was obtained at a density of 30 plants per square meter. Additionally, the results showed that increasing the planting density beyond 30 plants m^{-2} led to a decrease in seed oil percentage.

Conclusion: The results of this study revealed that the average and maximum seed yield of the shatter-resistant genotype were approximately 3 and 4 times higher, respectively, compared to the average sesame yield in the Gorgan region. Therefore, considering the mechanized harvesting potential of this genotype and its high seed yield, it is recommended to cultivate this genotype using the 30×11cm planting arrangement and a density of 30 plants m^{-2} in the Gorgan region.

Cite this article: Gholamhoseini, M., Peyghamzadeh, K., Mansouri, S., Faraji, A., Shariati, F. 2023. Performance evaluation of imported seed-shattering resistant sesame genotype under different planting arrangements and densities in Gorgan. *Crop Production Journal*, 16 (4), 133-148.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/ejcp.2024.21507.2588
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

تـولیـد گیـاهـان زراعـی
شـاپـا چـاپـی: ۲۰۰۸-۷۳۹x
شاپا الکترونیکی: ۲۰۰۸-۷۴۰۳
انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

بررسی عملکرد کنجد مقاوم به ریزش دانه در تیمارهای مختلف آرایش کاشت و تراکم در گرگان

مجید غلامحسینی[1*]، کمال پیغام زاده[2]، سعداله منصوری[3]، ابوالفضل فرجی[4]، فرناز شریعتی[5]

۱ استادیار بخش تحقیقات دانه‌های روغنی، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر ، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
رایانامه: m.gholamhoseini@areeo.ac.ir

۲ استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران.
رایانامه:kamalpey@gmail.com

۳ استادیار بخش تحقیقات دانه‌های روغنی، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر ، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
رایانامه: sadollahmansouri@yahoo.com

٤ استاد بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران.
رایانامه: abolfazlfaraji@yahoo.com

۵ استادیار بخش تحقیقات دانه‌های روغنی، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر ، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
رایانامه: frzshariati@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۲/٤/۱۰
تاریخ پذیرش:۱٤۰۲/۷/۱٤

واژه‌های کلیدی:
اجزاء عملکرد
دانه روغنی
عملکرد دانه
عملکرد روغن

چکیده

سابقه و هدف: در ایران مشابه بسیاری دیگر از کشورهای تولیدکننده کنجد انبوهی از توده‌های محلی کنجد وجود دارد که هر یک به شرایط اقلیمی- خاکی ناحیه مورد تولید کم وبیش سازگاری دارند، ولی مناسب کشت در اراضی بزرگ و زراعت مکانیزه نیستند. در سال ۱۳۹۵ بذر یک ژنوتیپ کنجد مقاوم به ریزش دانه وارد کشور شد که به نظر می‌رسد می‌تواند در برنامه‌های توسعه کشت کنجد در کشور مثمرثمر باشد. با توجه به کمبود اطلاعات در ارتباط با مباحث به‌زراعی از جمله آرایش کاشت و تراکم مناسب این ژنوتیپ خاص کنجد به‌ویژه در استان گلستان، این پژوهش اجرا گردید.

مواد و روش‌ها: آزمایش به صورت بلوک‌های خرد شده (نواری) در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو سال ۱۳۹۹ و ۱٤۰۰ در مزارع پژوهشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان (گرگان) با طول جغرافیایی ٥٤ درجه و ۲٤ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳٦ درجه و ٥۳ دقیقه و ارتفاع ۵/۵ متر از سطح دریا در اقلیم معتدل با تابستان‌های گرم و خشک اجرا شد. در این پژوهش اثر فاصله بین ردیف‌های ۳۰، ٤٥ و ٦۰ سانتی‌متری (به عنوان کرت‌های اصلی) و فاصله بین بوته‌های ۵، ۸، ۱۱ و ۱٤ سانتی‌متری (به عنوان کرت‌های فرعی) بر صفات مورفولوژیک، اجزاء عملکرد و عملکرد دانه، درصد روغن و عملکرد روغن دانه ژنوتیپ کنجد مقاوم به ریزش دانه مورد ارزیابی قرار گرفت. تجزیه و تحلیل آماری داده ها به روش تجزیه مرکب با فرض اثر تصادفی سال و با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/٤ انجام 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 LS-means انجام گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که در سال اول، بلندترین بوته‌ها (۱۹۳ سانتی‌متر) از آرایش کاشت ۸×۶۰ سانتی‌متر و در سال دوم (۲۱۱ سانتی‌متر) از آرایش کاشت ۱۱×۳۰ سانتی‌متر حاصل شد. علاوه بر این افزایش تراکم کاشت از ۱۰ به ۳۵ بوته در مترمربع، ۲۲ سانتی‌متر ارتفاع بوته را افزایش داد اما بیشتر شدن تراکم به دلیل افزایش شدت رقابت باعث کاهش ارتفاع بوته شد. همچنین در سال اول بیشترین تعداد کپسول در بوته (۲۰۱ عدد) از آرایش کاشت ۱٤×٦۰ سانتی‌متر و در سال دوم (۱٦۹ عدد) از آرایش کاشت ۱۱×٦۰ سانتی‌متر حاصل شد. از طرف دیگر با نزدیک شدن فاصله بین ردیف‌ها و بین بوته‌ها که با افزایش تراکم کاشت همراه است از تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه کاسته شد. نتایج نشان داد که اثر متقابل فاصله بین ردیف‌ها در فاصله بین بوته‌ها در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار بود. حداکثر عملکرد دانه با رکورد ۳۰۲۵ کیلوگرم در هکتار از آرایش کاشت ۱۱×۳۰ سانتی‌متر بدست آمد. گرچه با افزایش تراکم، تعداد شاخه فرعی و اجزاء عملکرد کاهش پیدا کرد، اما این کاهش اجزای عملکرد در تک بوته با افزایش تعداد بوته در واحد سطح جبران شده و در تراکم ۳۰ بوته در مترمربع، بیشترین عملکرد دانه بدست آمد. همچنین نتایج حاکی از آن بود که با افزایش تراکم کاشت بیشتر از ۳۰ بوته در مترمربع درصد روغن دانه کاهش یافت.

نتیجه‌گیری: نتایج این پژوهش نشان داد که متوسط و حداکثر عملکرد دانه ژنوتیپ مقاوم به ریزش در مقایسه با متوسط عملکرد کنجد در منطقه گرگان به ترتیب ۳ و ٤ برابر بیشتر بود. بنابراین با توجه به برداشت مکانیزه این ژنوتیپ و همچنین عملکرد دانه بالای آن، قابلیت توصیه کشت این ژنوتیپ کنجد در آرایش کاشت ۱۱×۳۰ سانتی‌متر و تراکم ۳۰ بوته در مترمربع در منطقه گرگان وجود دارد.

استناد: غلامحسینی، م.، پیغام زاده، ک.، منصوری، س.، فرجی، ا.، شریعتی، ف. (۱٤۰۲). بررسی عملکرد کنجد مقاوم به ریزش دانه در تیمارهای مختلف آرایش کاشت و تراکم در گرگان. *مجله تولید گیاهان زراعی*، ۱٦ (٤)، ۱٤۸-۱۳۳.

DOI: 10.22069/ejcp.2024.21507.2588

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

به منظور استفاده از حداکثر ظرفیت تولیدی کنجد مشابه با سایر گیاهان زراعی، تعیین آرایش کاشت و تراکم بوته بهینه با توجه به شرایط هر منطقه و ویژگی‌های رقم مورد کاشت امری لازم و ضروری است. افزایش تراکم گیاهی بیشتر از تراکم مطلوب، بازده فتوسنتزی را کاهش داده (۱) و منجر به افت انتقال تولیدات فتوسنتزی به دانه‌ها و در نتیجه کاهش عملکرد می‌شود (۲). در پوشش‌های گیاهی متراکم، رقابت درون و برون گیاهی بین اندام‌های رویشی و زایشی برای تولیدات فتوسنتزی شدت می‌یابد و از آنجا که اندام زایشی بعد از اندام رویشی تشکیل می‌شوند، اثرات منفی رقابت در ابتدا بر اندام‌های زایشی آشکار می‌گردد (۳). از طرف دیگر فاصله بین ردیف‌های کاشت نیز از عوامل مهم در زراعت مکانیزه گیاهان روغنی است. هدف از فاصله‌گذاری مناسب میان ردیف های کاشت آن است که ترکیبی مطلوب از عوامل محیطی برای دستیابی به حداکثر عملکرد تأمین شود (٤). همچنین، برای انجام عملیات داشت فضای کافی وجود داشته باشد. کشاورزان معمولاً فاصله ردیف های کشت کنجد را مطابق با فاصله ردیف‌های گیاه اصلی مانند گندم یا کلزا در نظر می گیرند تا مجبور به ایجاد تغییرات در تنظیم ادوات و تجهیزات کاشت نشوند.

این فرضیه محتمل است که کاشت کنجد در ردیف‌های نزدیک بهم با افزایش فاصله بین بوته‌ها، سبب توزیع یکنواخت‌تر بوته در واحد سطح می‌شود. در این شرایط، پوشش گیاهی زودتر بسته شده (۵)، گیاه سریع‌تر به شاخص سطح برگ مطلوب رسیده (٦) و از فصل رشد استفاده بیشتری می‌کند. همچنان که فنایی و همکاران (۲۰۲۰) افزایش ۱۸ درصدی عملکرد دانه کنجد در فاصله بین ردیف ۳۰ سانتی‌متری را در مقایسه با فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متری گزارش کرده‌اند (۷). با این حال، در برخی از پژوهش‌ها کاهش فاصله بین ردیف‌های کاشت در زراعت کنجد افزایش معنی‌دار عملکرد را به دنبال نداشته (۸) و یا حتی باعث افت عملکرد دانه شده است. برای نمونه، جان و همکاران (۲۰۱٤) گزارش کردند که کاهش فاصله بین ردیف‌ها موجب افت عملکرد دانه شد و آرایش کاشت متداول ۱۰×٦۰ سانتی‌متر در مقایسه با سایر آرایش‌های کاشت بیشترین مقدار عملکرد دانه را حاصل کرد (۹). با توجه به نتایج متناقض در آزمایش‌های مختلف، این فرض تقویت می‌شود که میزان اثر تغییر آرایش کاشت و تراکم بوته بر عملکرد کنجد به میزان فراهمی عوامل محیطی و همچنین ژنوتیپ مورد استفاده بستگی دارد. بنابراین ضرورت دارد واکنش هر ژنوتیپ به تغییر آرایش کاشت و تراکم با توجه به شرایط ویژه هر منطقه مورد ارزیابی قرار گیرد.

یکی از مهم ترین روش‌های دستیابی به افزایش تولید در واحد سطح و ارتقا بهره‌وری در تولید محصول در کنار رعایت اصول به‌زراعی، استفاده از ارقام گیاهی اصلاح شده با عملکرد کمی و کیفی بالا می‌باشد. علی رغم تلاش‌های جدی در فعالیت‌های به‌نژادی کشور در دهه‌های اخیر، همچنان حجم قابل توجهی از محصول کنجد در کشور از توده‌های محلی این گیاه تولید می‌گردد (۱۰). در ایران مشابه بسیاری دیگر از کشورهای تولیدکننده کنجد انبوهی از توده‌های محلی وجود دارد که هر یک به شرایط اقلیمی- خاکی ناحیه مورد تولید کم وبیش سازگاری دارند ولی مناسب کشت در اراضی بزرگ و زراعت مکانیزه نیستند (۱۱)، بنابراین ارقام اصلاح شده کنجد با پتانسیل عملکرد بالا و مهمتر از آن مقاوم به ریزش دانه عواملی هستند که با بهبود عملکرد و بازگشت سرمایه قادر به توسعه کشت کنجد می‌باشند. تعدادی رقم کنجد مقاوم به ریزش توسط

شرکت سیساکو در کشور آمریکا معرفی شده است (۱۲). بذر یک ژنوتیپ کنجد مقاوم به ریزش اخیرا وارد کشور شده است که می‌تواند در برنامه‌های توسعه کشت کنجد در کشور مثمرثمر باشد. با توجه به کمبود اطلاعات در ارتباط با آرایش کاشت و تراکم مناسب ژنوتیپ وارداتی مقاوم به ریزش کنجد بویژه در استان گلستان، این پژوهش اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

آزمایش در مزارع پژوهشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان (گرگان) در سال‌های ۱۳۹۹ و ۱٤۰۰ اجرا شد. ویژگی‌های اقلیمی مناطق اجرای آزمایش در جدول یک ارائه شده است. در این آزمایش اثر فاصله بین ردیف ۳۰، ٤٥ و ٦۰ سانتی‌متری (به عنوان کرت‌های اصلی) و فاصله بین بوته‌ها روی ردیف ۵، ۸، ۱۱ و ۱٤ سانتی‌متری (به عنوان کرت‌های فرعی) بر ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، اجزای عملکرد، عملکرد دانه، درصد روغن و عملکرد روغن دانه ژنوتیپ وارداتی مقاوم به ریزش کنجد (جدول ۲) مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش به‌صورت بلوک‌های خرد شده (نواری) در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. پس از اجرای عملیات آماده‌سازی زمین، بذور ضدعفونی شده با قارچ‌کش کاربوکسین تیرام (با غلظت دو در هزار) در ۳۱ اردیبهشت و ۱۸ خرداد ماه به‌ترتیب در سال اول و دوم آزمایش کشت شدند. هر کرت شامل شش ردیف کاشت به طول چهار متر بود. بذرها ابتدا به صورت متراکم کشت شده و سپس در مراحل اولیه رشد و نمو (دو تا سه برگی) تنک شدند به‌طوری که فاصله بین بوته‌های مورد نظر در هر یک از تیمارهای آزمایشی حاصل گردد. 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. برای کنترل علف‌های هرز از علفکش ترفلان (تری فلورالین به مقدار دو لیتر در هکتار) قبل از کاشت و علفکش سوپر سلکت (۱/۲ لیتر در هکتار) به صورت پس رویشی در مرحله سه برگی کنجد استفاده شد. کود نیتروژن‌دار (اوره)، با توجه به مقدار ماده آلی خاک (جدول ۱)، به مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار و به صورت تقسیط شده در سه مرحله، یک سوم در زمان کاشت، یک سوم در مرحله سه تا چهار برگی کنجد و مابقی به صورت جایگذاری کنار ردیف‌های کاشت، در مرحله هفت تا هشت برگی کنجد به کار برده شد. به‌علاوه ۱۰۰ کیلوگرم کود سوپر فسفات تریپل و ۱۰۰ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم نیز قبل از کاشت به خاک اضافه شد.

برداشت در تاریخ ۲۰ مهر ماه در سال اول و ۱۰ آبان ماه در سال دوم انجام شد. مساحت برداشت شدهٔ هر کرت با لحاظ کردن اثر حاشیه، بالغ بر چهار مترمربع بود. جهت تعیین اجزاء عملکرد از کل بوته‌های برداشت شده از هر کرت، ده بوته به صورت 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 ۵۰ 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 هزار دانه نیز دو نمونه ۵۰۰ تایی از بذور هر یک از کرت‌ها شمارش و توزین گردید. درصد روغن دانه پس از خشک کردن دانه‌ها با استفاده از دستگاه رزونانس مغناطیس هسته (minispec mq 20 NMR Analyzer, Bruker, Rheinstetten, Germany) اندازه‌گیری شد. میزان عملکرد روغن نیز از حاصل‌ضرب درصد روغن در میزان عملکرد دانه محاسبه شد. از آنجائی‌که فرض تجانس واریانس-ها در هر دو سال 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 9.4 استفاده 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 LS-means انجام گرفت.

جدول ۱- مختصات جغرافیایی، ویژگی‌های اقلیمی و خاکی مناطق اجرای آزمایش

Table 1. 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)
گرگان Gorgan	′54° 24	′36° 53	5.5	17	27

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)	و نوع اقلیم ویژگی Characteristics and type of climate	بافت خاک Soil texture	ماده آلی خاک (درصد) Soil organic matter (%)
گرگان Gorgan	675	75	معتدل با تابستان‌های گرم و خشک Temperate with hot and dry summers	لوم رسی سیلتی Silty clay loam	1.30

ویژگی‌های و نوع اقلیم بر اساس روش تقسیم بندی 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 ۲- ویژگی‌های ژنوتیپ مقاوم به ریزش (۱۱)

Table 2. Characteristics of the shattering resistance sesame genotype (11)

نام ژنوتیپ Genotype name	منشاء Origin	شرکت معرفی کننده Introducing company	طول دوره رشد (روز) The length of growing period (day)	شاخه‌دهی Branching	رنگ بذر Seed color
S29	آمریکا United State	سزاکو 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 هزار دانه (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

*این شاخص بیانگر قدرت نگهداری بذر درون کپسول است و هر رقم آن از صفر تا هشت متغیر می‌باشد و هر چه 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.

نتایج و بحث

صفات موفولوژیک: نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر متقابل سال در فاصله بین ردیف در فاصله بین بوته‌ها در سطح احتمال یک درصد بر ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین این اثرات متقابل نشان می‌دهد که در سال اول بلندترین بوته‌ها (۱۹۳ سانتی‌متر) از آرایش کاشت ۸×٦۰ سانتی‌متر و در سال دوم (۲۱۱ سانتی‌متر) از آرایش کاشت ۱۱×۳۰ سانتی‌متر حاصل شد (شکل ۱). همچنین در سال اول حداکثر تعداد شاخه فرعی (پنج عدد) در آرایش کاشت ۱٤×٦۰ سانتی‌متر و در سال دوم دو آرایش کاشت ۱۱×٤٥ و ۱٤×٤٥ سانتی‌متر با چهار عدد شاخه فرعی بیشترین مقدار این صفت را دارا بودند (شکل ۱). علاوه بر این افزایش تراکم کاشت از ۱۰ به ۳٥ بوته در مترمربع، ۲۲ سانتی‌متر ارتفاع بوته را افزایش داد اما بیشتر شدن تراکم باعث کاهش ارتفاع بوته شد (شکل ۲). در ارتباط با تعداد شاخه فرعی نیز نتایج نشان داد که افزایش تراکم با کاهش تعداد شاخه فرعی همراه بود (شکل ۲). با کاهش فواصل بین ردیف‌ها و افزایش تراکم بوته، نوری که به کف پوشش گیاهی می‌رسد کاهش یافته و رقابت بین اندام‌های گیاهی برای جذب بیشتر نور افزایش و تخریب نوری اکسین کاهش می‌یابد (۱۳) که نتیجه آن افزایش فاصله میان‌گره‌ها و در نهایت افزایش ارتفاع بوته است. همچنین در کشت‌های متراکم به علت رقابت بین بوته‌های نزدیک به یکدیگر، کنجد تعداد کمتری شاخه فرعی تولید می‌کند، حال آنکه در کشت‌های تنک گیاه فضای کافی در اطراف خود دارد و تعداد شاخه فرعی را افزایش می‌دهد. افزایش ارتفاع بوته و کاهش تعداد شاخه‌های فرعی در کشت‌های متراکم با فاصله کم بین ردیف‌های کاشت و بین بوته‌ها در گیاه کنجد توسط مهدی و السایم (۲۰۱۹) نیز گزارش شده است (۱٤).

اجزای عملکرد: نتایج نشان داد اثر اصلی تیمارهای آزمایشی و اثر متقابل تیمارها در سال بر تعداد کپسول در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). در سال اول بیشترین تعداد کپسول در بوته (۲۰۱ عدد) از آرایش کاشت ۱٤×٦۰ سانتی‌متر و در سال دوم (۱٦۹ عدد) آرایش کاشت ۱۱×٦۰ سانتی‌متر حداکثر تعداد کپسول در بوته را حاصل کرد (شکل ۳). به‌طورکلی در سال اول، آزمایش افزایش فاصله بین بوته‌ها در هر فاصله بین ردیفی با افزایش تعداد کپسول در بوته همراه بود. این روند در سال دوم مشاهده نشد. از طرف دیگر با نزدیک شدن فاصله بین ردیف‌ها و بین بوته‌ها که همراه با افزایش تراکم کاشت است از تعداد کپسول در بوته کاسته شد (شکل ٤). نتایج نشان داد که بیشترین تعداد کپسول در بوته از تنک‌ترین کشت (تراکم ۱۰ بوته در مترمربع) و کمترین این صفت از متراکم‌ترین کشت (٦٥ بوته در مترمربع) حاصل شد. همچنین اثر سال و اثر متقابل فاصله بین ردیف‌ها در فاصله بین بوته‌ها بر تعداد دانه در کپسول و اثر فاصله بین گیاهان بر وزن هزار دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای آزمایشی نشان می‌دهد که در فاصله بین ردیف‌های ۳۰ سانتی‌متری، افزایش فاصله بین بوته‌ها تا ۱۱ سانتی‌متر موجب افزایش معنی‌دار تعداد دانه در کپسول شد (جدول ٤). در فاصله بین ردیف‌های ٤٥ سانتی‌متری این روند با افزایش فاصله بین بوته‌ها تا هشت سانتی‌متر مشاهده شد و در فاصله بین ردیف‌های ٦۰ سانتی‌متری بین تیمارهای مختلف فاصله بین بوته‌ها تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ٤). همچنین دو تیمار فاصله هشت و ۱٤ سانتی‌متری بین بوته‌ها بدون تفاوت معنی‌دار حایز بیشترین وزن هزار دانه بودند و تیمار فاصله پنج

سانتی‌متری بین بوته‌ها نیز حداقل وزن هزار دانه را حاصل کرد (شکل ۵). در نهایت اینکه افزایش تراکم کاشت بیش از ۳۰ بوته در مترمربع با کاهش تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه همراه بود (شکل ٦).

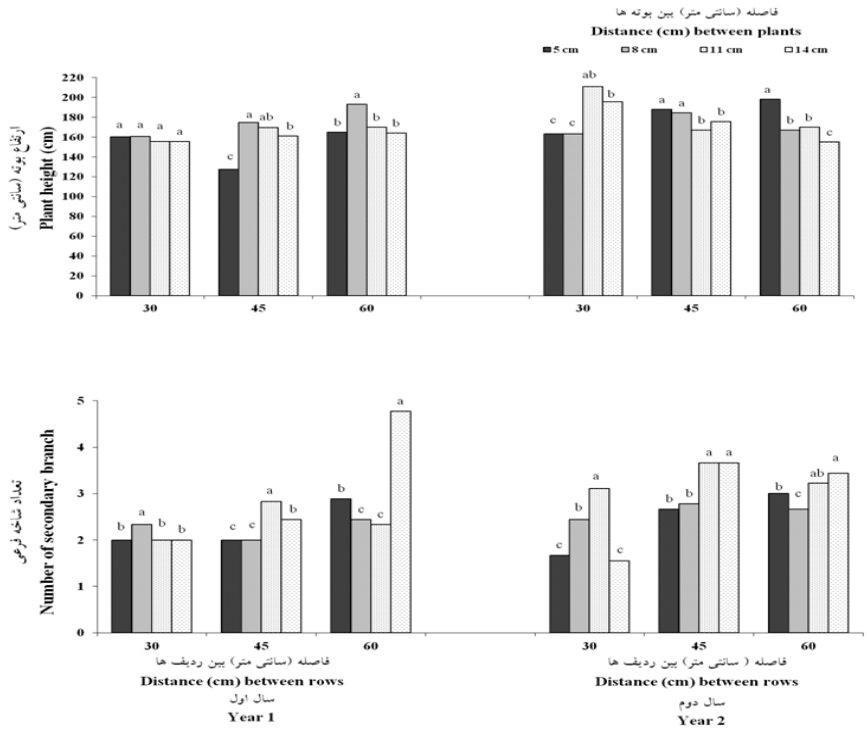
تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول از اجزای کلیدی عملکرد دانه کنجد می‌باشند که به شدت تحت تاثیر آرایش کاشت و تراکم قرار می‌گیرند (۱۵). با کاهش فاصله بین ردیف‌ها بدون افزایش فاصله بین بوته‌ها روند تغییرات تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول نزولی بود. افزایش رقابت گیاهی با افزایش تراکم در واحد سطح موجب عدم توزیع مناسب نور در پوشش گیاهی (۳) و کاهش فراهمی عناصر غذایی قابل دسترس (١٦) می‌شود که نتیجه آن تضعیف گیاه و عدم توانایی تولید فرآورده-های فتوسنتزی کافی برای تبدیل گل‌ها به کپسول و تشکیل دانه است که پیامد آن کاهش این دو جزء عملکرد می‌باشد. همچنین کاهش تعداد کپسول در بوته به دلیل تولید تعداد کمتری از شاخه های فرعی در تراکم بوته بالا را نیز نباید از نظر دور داشت. همچنان که در هر دو سال همبستگی بین تعداد شاخه فرعی با تعداد کپسول در بوته مستقیم و معنی‌دار بود (۰/۸۷ در سال اول و ۰/۸۱ در سال دوم). گزارش شده است که با کاهش تراکم کنجد از ۵۰ به ۲۰ بوته در مترمربع، تعداد شاخه فرعی، تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول افزایش یافت (۱۷). همچنین کاهش وزن هزار دانه کنجد با افزایش تراکم توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است (۱۸). عدم کفایت شیره پرورده به دلیل کاهش توان فتوسنتزی گیاه در تراکم‌های بالا (۱۹) می‌تواند دلیلی برای کاهش وزن هزار دانه با افزایش تراکم باشد.

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب دوساله (میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری شده

Table 3. Two-year compound variance analysis (mean square) of the measured traits

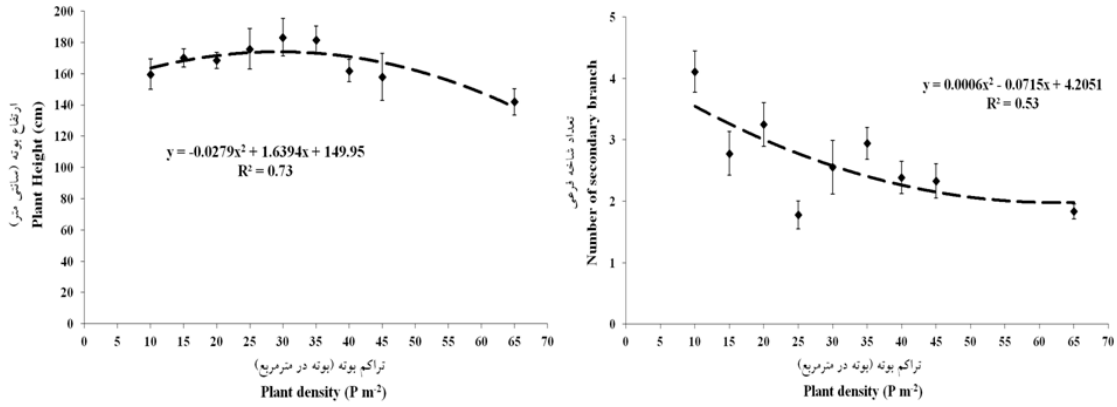
منابع تغییرات S.O.V		درجه آزادی df	ارتفاع H	تعداد شاخه فرعی SB	تعداد کپسول در بوته CP	تعداد دانه در کپسول SC	وزن هزار دانه SW	عملکرد دانه SY	روغن دانه OP	عملکرد روغن OY
Yr	سال	1	4186 ^{ns}	1.86 ^{ns}	672 ^{ns}	25350 *	0.45 ^{ns}	11715 ^{ns}	1.15 ^{ns}	9048 ^{ns}
R(Yr)	تکرار در سال	4	44.1	0.15	93.9	641	0.15	50056	76.2	38773
A	فاصله بین خطوط	2	110 ^{ns}	5.67 ^{ns}	40195 *	100 ^{ns}	0.002 ^{ns}	442540 ^{ns}	12.6 *	93356 ^{ns}
Yr×A	سال × فاصله بین خطوط	2	1103 ^{ns}	1.44 ^{ns}	1787 ^{ns}	723 ^{ns}	0.12 ^{ns}	35016 ^{ns}	0.15 ^{ns}	10639 ^{ns}
R×A(Yr)	تکرار × فاصله بین خطوط در سال	8	44.6	0.13	105	217	0.06	198357	2.21	49362
B	فاصله بین گیاهان	3	250 ^{ns}	1.63 ^{ns}	57828 *	559 ^{ns}	0.47 *	1553455 **	48.0 *	561184 **
Yr×B	سال × فاصله بین گیاهان	3	1041	0.99 ^{ns}	5778 ^{ns}	200 ^{ns}	0.04 ^{ns}	49708	2.00 ^{ns}	18846 ^{ns}
R×B(Yr)	تکرار × فاصله بین گیاهان در سال	12	68.3 ^{ns}	0.10	239	67.4	0.09	173078	2.55	44068
A×B	فاصله بین خطوط × فاصله بین گیاهان	6	761 ^{ns}	1.77 ^{ns}	843 ^{ns}	798 *	0.05 ^{ns}	1364128 **	11.3 **	415284 **
Yr×A×B	سال × فاصله بین خطوط × فاصله بین گیاهان	6	1043 **	0.56 **	1798 **	187 ^{ns}	0.03 ^{ns}	50698 ^{ns}	0.74 ^{ns}	10353 ^{ns}
Error	خطا	24	105	0.12	181	144	0.11	108324	1.10	24723
C.V.	ضریب تغییرات		6.02	13.19	10.92	13.99	9.78	14.79	2.10	14.05

Yr: Year; R: Replication; A: Distance between rows; B: Distance between plants; 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; OY: Oil Yield ; ns: non-significant; *, ** Significant at the 0.05, 0.01 probability level, respectively.



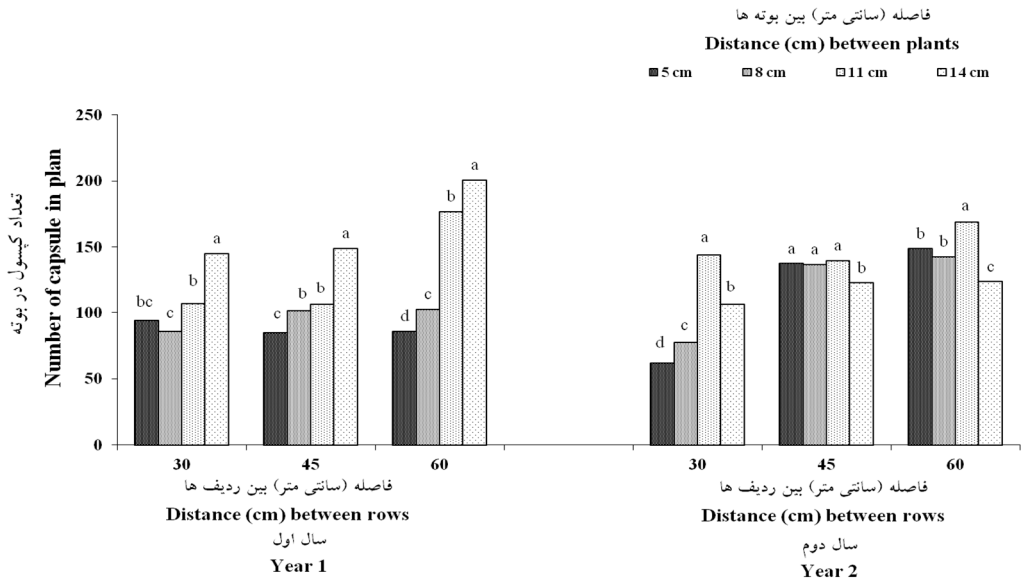
شکل ۱- برش‌دهی و مقایسه میانگین اثر متقابل سال در فاصله بین ردیف در فاصله بین بوته بر ارتفاع بوته (بالا) و تعداد شاخه فرعی (پایین). در هر تیمار فاصله بین ردیف، میانگین‌های دارای حرف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 1. Slicing and mean comparing of Yr×A×B interaction effect on plant height (up) and number of secondary branch (down). In each distance between rows treatment, means followed by the same letter are not significantly different ($p \leq 0.05$).



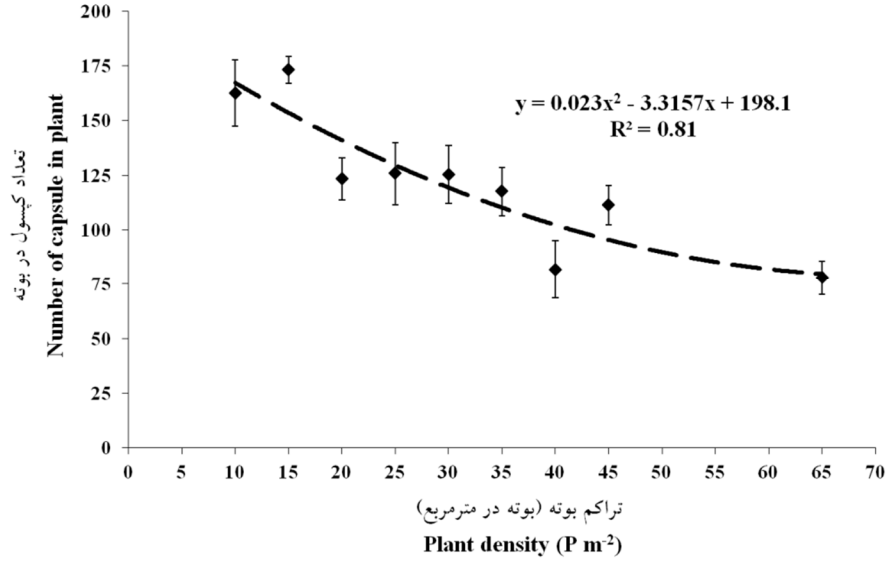
شکل ۲- اثر تراکم‌های مختلف بر ارتفاع بوته (سمت چپ) و تعداد شاخه فرعی (سمت راست). ارور بارها انحراف معیار می‌باشند

Figure 2. The effect of different densities on plant height (left) and the number of secondary branch (right). The error bars are the standard deviation.



شکل ۳- برش‌دهی و مقایسه میانگین اثر متقابل سال در فاصله بین ردیف در فاصله بین بوته بر تعداد کپسول در بوته. در هر تیمار فاصله بین ردیف، میانگین‌های دارای حرف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند

Figure 3. Slicing and mean comparing of Yr×A×B interaction effect on number of capsule in plant. In each distance between rows treatment, means followed by the same letter are not significantly different ($p \leq 0.05$).



شکل ٤- اثر تراکم‌های مختلف بر تعداد کپسول در بوته. ارور بارها انحراف معیار می‌باشند.

Figure 4. The effect of different densities on number of capsule in plant. The error bars are the standard deviation.

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر متقابل فاصله بین ردیف در فاصله بین بوته در صفات اندازه گیری شده

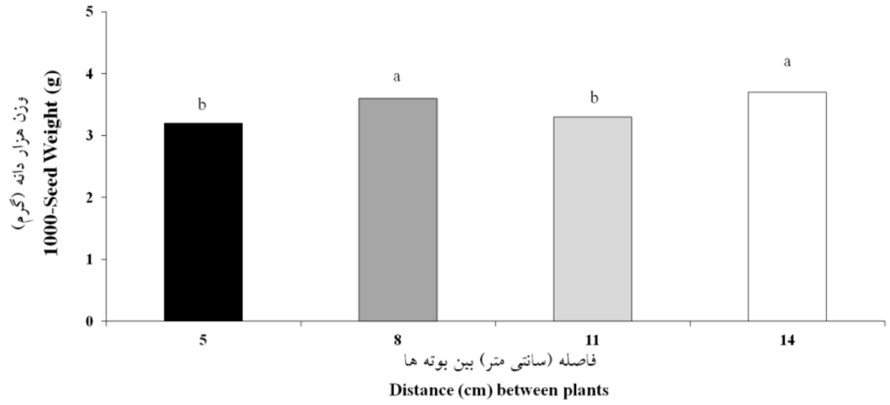
Table 4.Mean comparison of the interaction effect of distance between rows and distance between plants in the measured traits

فاصله بین ردیف (سانتی‌متر) A	فاصله بین بوته (سانتی‌متر) B	تعداد دانه در کپسول SC	عملکرد دانه SY (kg ha^{-1})	روغن دانه OP (%)	عملکرد روغن OY (kg ha^{-1})
30	5	67 c	1476 c	45 c	668 c
	8	78 c	2027 b	49 b	993 b
	11	105 a	3025 a	51 a	1556 a
	14	92 b	2850 a	52 a	1473 a
45	5	88 b	1713 b	48 b	826 b
	8	99 a	2509 a	51 a	1273 a
	11	84 b	2444 a	51 a	1249 a
	14	81 b	2342 a	51 a	1189 a
60	5	81 a	2229 a	50 a	1105 a
	8	82 a	2298 a	51 a	1176 a
	11	87 a	2005 ab	51 a	1015 ab
	14	87 a	1777 b	51 a	906 b

A: Distance between rows (cm); B: Distance between plants (cm); SC: Number of Seed in Capsule ; SY: Seed Yield ; OP: Seed Oil Percentage; OY: Oil Yield.

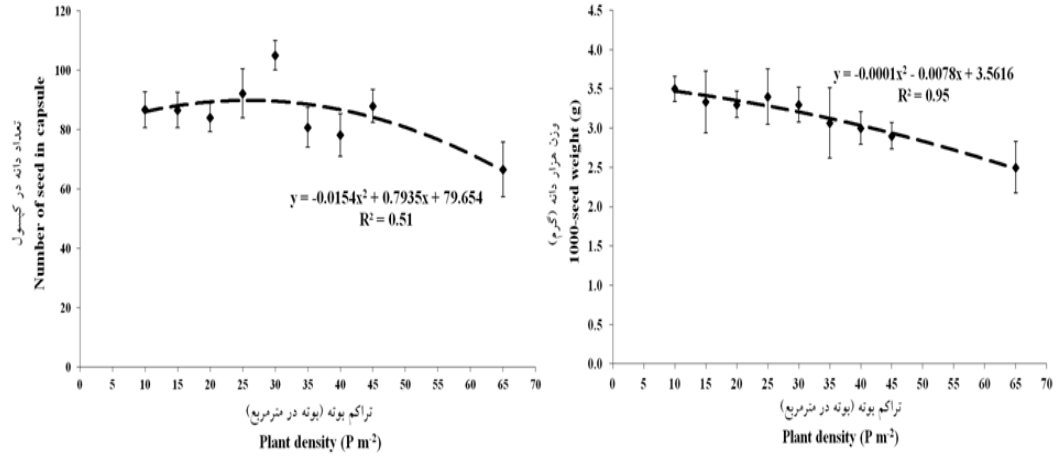
در هر تیمار فاصله بین ردیف، میانگین‌های دارای حرف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

In each distance between rows treatment, means followed by the same letter are not significantly different ($p \leq 0.05$).



شکل ٥- مقایسه میانگین اثر اصلی فاصله بین بوته بر وزن هزار دانه. در هر تیمار فاصله بین بوته، میانگین‌های دارای حرف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند. حداقل تفاوت معنی‌دار= ۰/۲.

Figure 5. Mean comparing of main effect of plant spacing on 1000-seed weight. Means followed by the same letter are not significantly different. Least significant difference (LSD) = 0.2

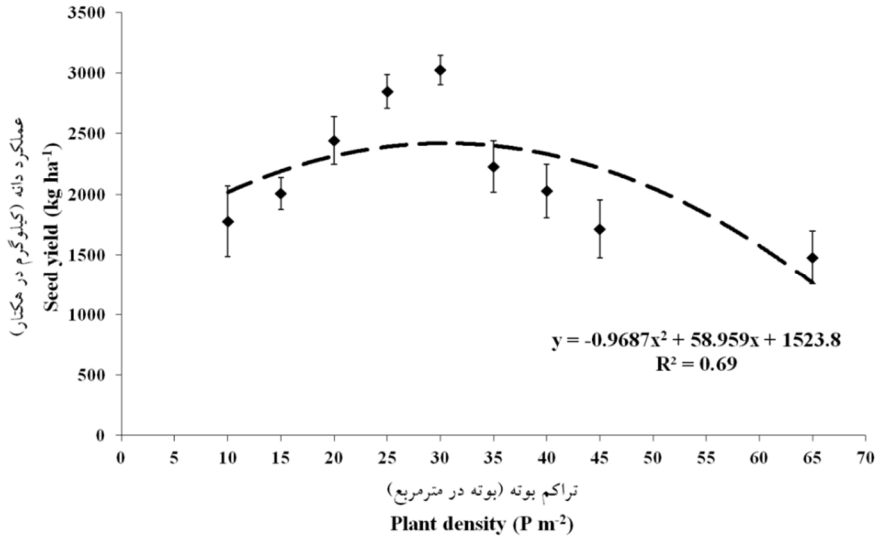


شکل ٦- اثر تراکم‌های مختلف بر تعداد دانه در کپسول (سمت چپ) و وزن هزار دانه (سمت راست). ارور بارها انحراف معیار می‌باشند.

Figure 6. The effect of different densities on number of seed in capsule (left) and the 1000-seed weight (right). The error bars are the standard deviation.

عملکرد دانه: نتایج تجزیه واریانس مرکب داده نشان داد که اثر متقابل فاصله بین ردیف‌ها در فاصله بین بوته‌ها در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۳). بر اساس نتایج حداکثر عملکرد دانه (۳۰۲۵ کیلوگرم در هکتار) از آرایش کاشت ۱۱×۳۰ سانتی‌متر بدست آمد هرچند که تفاوت معنی‌داری با عملکرد حاصله (۲۸۵۰ کیلوگرم در هکتار) از آرایش کاشت ۱٤×۳۰ سانتی‌متر نداشت (جدول ٤). نتایج نشان داد که کاهش فاصله بین ردیف‌ها از ٦۰ (فواصل عریض بین ردیف‌ها) به ۳۰ (فواصل باریک بین ردیف‌ها) سانتی‌متر با حفظ فاصله ۱۱ تا ۱٤ سانتی‌متری بین بوته‌ها می‌تواند در دستیابی به عملکردهای بالا در ژنوتیپ مقاوم به ریزش کنجد موثر باشد. با کاهش فاصله بین ردیف‌های 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 اظهار داشتند که با کاهش فاصله بین خطوط کاشت از ۵۰ به ٤۰ سانتی‌متر، عملکرد دانه کنجد به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا می‌کند (۷).

بررسی پاسخ عملکرد دانه به تراکم‌های مختلف نیز حاکی از آن است که روند تغییرات از تابع درجه دو پیروی می‌کند و تراکم بهینه ۳۱ بوته در مترمربع برآورد شد (شکل ۷). تراکم بهینه به مقدار فراوانی به عامل محدود کننده رشد بستگی دارد. تراکم بوته در واحد سطح بر میزان جذب نور، به عنوان مهم‌ترین عامل محدود کننده رشد در شرایط عدم وجود تنش، توسط پوشش گیاهی تاثیر گذاشته و چنانچه پوشش مزرعه بتواند حداکثر نور ورودی را جذب کند، عملکرد افزایش می‌یابد (۲۰). اگرچه نتایج نشان داد که در تراکم پایین‌تر از تراکم بهینه تعداد شاخه فرعی، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه بیشتر بود، ولی عملکرد دانه در واحد سطح به دلیل تعداد کم بوته‌ها کمتر بود. در تراکم‌های بیشتر از تراکم بهینه نیز شدت و نفوذ نور به درون پوشش گیاهی نامناسب و ناکافی می‌باشد (۲۱) و در نتیجه توان تولیدی مواد فتوسنتزی در هر بوته کاهش می‌یابد در این شرایط تعداد دانه‌های پر نشده افزایش می‌یابد که نتیجه آن کاهش عملکرد دانه می‌باشد. همچنین نتایج حاکی از آن است که ژنوتیپ مورد بررسی حساسیت بیشتری به تراکم‌های بیشتر از تراکم بهینه دارد. به عبارت دیگر تراکم‌های بیشتر از تراکم بهینه با شدت بیشتری عملکرد دانه را در مقایسه با تراکم‌های کمتر از تراکم بهینه کاهش می‌دهد. از طرف دیگر نتایج نشان داد که متوسط عملکرد ژنوتیپ مقاوم به ریزش (میانگین دو سال آزمایش ۲۲۲۵ کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با متوسط عملکرد منطقه گرگان (۷۱۰ کیلوگرم در هکتار (۱۱)) تا سه برابر برتری داشته و حداکثر عملکرد حاصله از این ژنوتیپ (میانگین حداکثر عملکرد دو سال آزمایش ۳۰۲۵ کیلوگرم در هکتار) تا چهار برابر از متوسط عملکرد کنجد در منطقه بیشتر است. به‌عبارت دیگر به نظر می‌رسد تطابق اقلیمی مناسبی برای رشد و تولید ژنوتیپ مقاوم به ریزش در منطقه گرگان وجود داشته باشد.



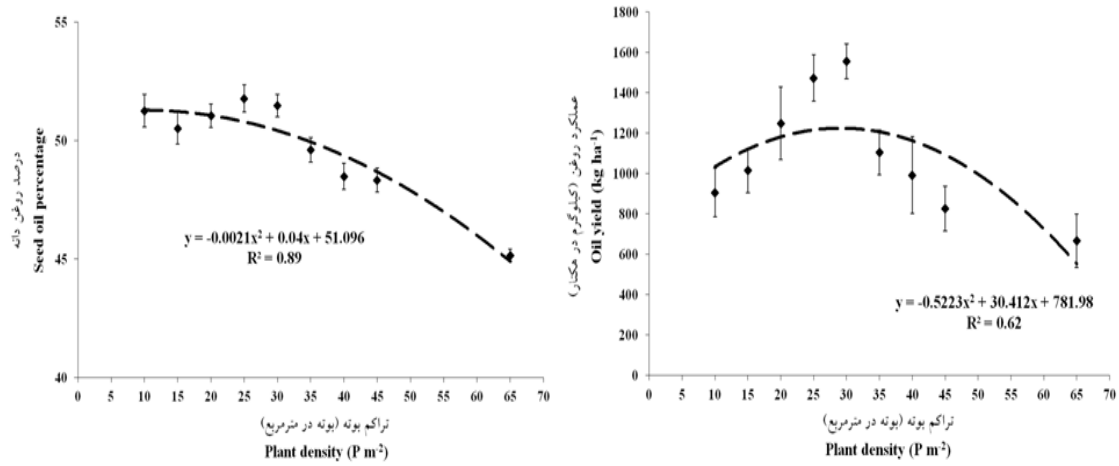
شکل ۷- اثر تراکم‌های مختلف بر عملکرد دانه. ارور بارها انحراف معیار می‌باشند.

Figure 7. The effect of different densities on seed yield. The error bars are the standard deviation.

درصد روغن دانه و عملکرد روغن: نتایج نشان داد که اثر متقابل فاصله بین ردیف‌ها در فاصله بین بوته‌ها بر هر دو صفت درصد روغن دانه و عملکرد روغن معنی‌دار بود (جدول ۳). افزایش در هر سطح فاصله بین بوته‌ها هنگامی که فاصله بین ردیف‌ها ۳۰ سانتی‌متر بود، با افزایش درصد روغن دانه همراه بود. در فاصله بین ردیف ٤٥ سانتی‌متری صرفا افزایش فاصله بین بوته‌ها بیشتر از پنج سانتی‌متر درصد روغن دانه را افزایش داد و در نهایت اینکه در فاصله بین ردیف‌های ٦۰ سانتی‌متری تغییر در فاصله بین بوته‌ها تاثیر معنی‌داری بر درصد روغن دانه نداشت (جدول ٤). همچنین نتایج حاکی از آن بود که با افزایش تراکم کاشت بیشتر از ۳۰ بوته در مترمربع درصد روغن دانه کاهش یافت، به طوری که حداقل این صفت در متراکم‌ترین کشت ثبت شد (شکل ۸). به نظر می‌رسد که بین وزن دانه کنجد و درصد روغن آن رابطه مستقیمی وجود داشته باشد. در این آزمایش تراکم‌هایی که حداقل وزن هزار دانه را داشتند حداقل درصد روغن دانه را نیز دارا بودند و بر عکس. وجود تعداد بوته کافی در واحد سطح در آرایش کاشت مناسب به رشد بهتر گیاهان از طریق نفوذ مناسب نور در پوشش گیاهی و در دسترس بودن مواد غذایی و آب کمک نموده و این موجب افزایش تجمع مواد غذایی در دانه به‌عنوان بخشی از عملکرد اقتصادی و روغن دانه‌ها می‌شود. آوالو و همکاران (۱۹۹۵) و کریمی و همکاران (۲۰۱۸) نیز کاهش محتوی روغن دانه کنجد را با افزایش تراکم کاشت گزارش کرده‌اند (۱۷ و ۱۸).

عملکرد روغن نیز روندی مشابه با عملکرد دانه داشت و حداکثر آن (۱۵۵٦ کیلوگرم در هکتار) از آرایش کاشت ۳۰×۱۱ سانتی‌متر به‌دست آمد (جدول ٤). این صفت نیز تا سطح تراکمی ۳۰ بوته در مترمربع افزایش و پس از آن با افزایش بیشتر تراکم کاشت کاهش یافت (شکل ۸). همچنین در هر دو سال آزمایش همبستگی مستقیم و معنی‌دار عملکرد دانه با عملکرد روغن (۰/۹۹ و ۰/۹٦ به‌ترتیب در سال اول و دوم آزمایش) در مقایسه با همبستگی ضعیف‌تر عملکرد روغن با درصد روغن (۰/٦۸ و ۰/٤٤ به‌ترتیب در سال اول و دوم آزمایش) علاوه بر اینکه توجیه کننده روند مشابه بین دو صفت عملکرد دانه و

عملکرد روغن می‌باشد گـواه ایـن مطلـب اسـت کـه عملکرد روغن به‌عنوان یـک صـفت تعیـین کننـده در کنجد بیشتر وابسته به عملکرد دانـه اسـت تـا درصـد روغن دانه.



شکل ۸- اثر تراکم‌های مختلف بر درصد روغن دانه (سمت چپ) عملکرد روغن (سمت راست). ارور بارها انحراف معیار می‌باشند.

Figure 8. The effect of different densities on seed oil percentage (left) and oil yield (right). The error bars are the standard deviation.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد کـه ژنوتیـپ وارداتـی کنجد مقاوم به ریزش پتانسیل مطلوبی برای کشت در منطقه گرگان دارد. حـداکثر عملکـرد حاصـله از ایـن ژنوتیپ که از آرایش کاشت ۱۱×۳۰ سـانتی‌متـری بـا تراکم ۳۰ بوته در مترمربع بدست آمد تا چهار برابر از متوسط عملکرد کنجد در منطقه گرگان بیشـتر اسـت. علاوه بر عملکرد بسیار قابل قبول باید توجـه داشـت که با در نظر گرفتن ویژگی مقاومت به ریزش دانه این ژنوتیپ و امکان برداشت مکـانیزه آن، در هزینـه‌هـای زراعت این ژنوتیپ صـرفه‌جـویی مـی‌شـود کـه ایـن افزایش عملکرد و کاهش هزینه‌های برداشت می‌تواند در توسعه کشت کنجد در منطقه موثر باشد.

References

1.Oloniruha, J.A., Ogundare, S.K. & Olajide, K. (2021). Growth and yield of sesame (*Sesamum indicum*) as influenced by plant population density and organo-mineral fertilizer rates. Agro-Science, 20(1), 15-21.

2.Raikwar, R.S. & Srivastva, P. (2013). Productivity enhancement of sesame (*Sesamum indicum* L.) through improved production technologies. African Journal of. Agricultural Research, 8(47), 6073–6078.

3.Zhang, Y., Xu, Z., Li, J. & Wang, R. (2021). Optimum planting density improves resource use efficiency and yield stability of rainfed maize in semiarid climate. Frontiers in Plant Science, 12, 752606.

4.Roy, N., Abdullah-Mamun, S. M. & Sarwar-Jahan, M. (2009). Yield performance of sesame (*Sesamum indicum* L.) varieties at varying levels of row spacing. Research journal of agriculture and biological sciences, 5(5), 823–827.

5.Latifi, H., Khorramdel, S., Nassiri Mahallati, M. & Farzaneh Belgerdi, M. R. (2018). Effects of nitrogen fertilizer and plant density on yield and nitrogen efficiency indices of sesame using a central composite design. Journal of Plant Production Research, 25(3), 125-140. [In Persia]

6.Olowe, V.I.O. & Busari, L.D. (2003). Growth and grain yield of two sesame (Sesamum indicum L.) varieties as affected by row spacing in Southern Guinea savanna of Nigeria. Samaru: Journal of Agriculture Research, 19, 91-101.
7.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]
8.Oztürk, O. & Şaman, O. (2012). Effects of different plant densities on the yield and quality of second crop sesame. International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering, 6(9), 644–649.
9.Jan, A., Ali, S., Adail, M. & Khan, A. (2014). Growth and yield components of sesame (*Sesamum indicum* L.) as influenced by phosphorus levels under different row spacing. Journal of Environment and Earth Science, 4(2), 150–154.
10.Ramazani, S.H.R. & Mansouri, S. (2017). Relationships of quantitative traits in advanced lines of sesame. Journal of Crop Breeding, 9(23), 58-66. [In Persian]
11.Sadeghi Garmaroodi, H., Gholamhoseini, M. & Habibzadeh, F. (2023). Sesame production challenges and approaches. Emam Khomeini International University Publication. Qazvin, Iran. 268 pp. [In Persian]
12.Langham, D. R. & Wiemers, T. (2002). Progress in mechanizing sesame in the US through breeding. In: J.Janick and A. Whipkey (eds.), Trends in new crops and new uses (pp. 157–173). Alexandria, VA: ASHS Press.
13.Mehdipour, H., Abbasi, R. & Abbasianh, A. (2017). Interaction of density and management of mungbean (*Vigna radiata* L.) on sesame (*Sesamum indicum* L.) seed yield and weeds control. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 27(2), 37-48. [In Persian]
14.Mahdi, A.R.A.E. & Alsayim, H.E. (2019). Influence of irrigation interval and plant population density on sesame growth and yield at high terrace soils. Nile Journal for Agricultural Sciences, 4(2), 1-10.
15.Samadzadeh, F., Pirzad, A.R. & Zeinalzadeh-Tabrizi, H. (2023). Effect of plant pattern and density on morphological characteristics and yield-related traits of non-dehiscent sesame cultivar. Journal of Crops Improvement, 25(1), 51-63. [In Persian]
16.Craine, J.M. & Dybzinski, R. (2013). Mechanisms of plant competition for nutrients, water and light. Functional Ecology, 27(4), 833-840.
17.Auwalu, B. M., Oseni, T. O., Okonkwo, C.A.C., Tenebe, V.A. & Pal, U. R. (1995). Influence of some agronomic practices on the growth and yield of vegetable sesame (*Sesamum radiatum* Schum.). Advances in Horticultural Science, 9(1), 33–36.
18.Karimi, Z., AghaAlikhani, M. & Gholamhoseini, M. (2018). Study of planting density on agronomic traits of sesame cultivars. Iranian Journal of Field Crops Research, 16(4), 821- 831. [In Persian]
19.Xu, C., Huang, S., Tian, B., Ren, J., Meng, Q. & Wang, P. (2017). Manipulating planting density and nitrogen fertilizer application to improve yield and reduce environmental impact in Chinese maize production. Frontiers in Plant Science, 8, 1234.
20.Li, X., Han, Y., Wang, G., Feng, L., Wang, Z., Yang, B., Du, W., Lei, Y., Xiong, S., Zhi, X., Xing, F., Fan, Z., Xin, M. & Li, Y. (2020). Response of cotton fruit growth, intraspecific competition and yield to plant density. European Journal of Agronomy, 114, 125991.
21.Yanegh, A., Rezvani Moghaddam, P., Zarghani, H. & Mohammadian, M. (2013). Assessment of above- and below-ground competition between sesame (*Sesamume indicum* L.) and pigweed (Amaranthus retroflexus) and its effects on sesame yield and yield components. Iranian Journal of Field Crops Research, 11(1), 88-96. [In Persian]