



Effect of Plant Pattern and Density on Morphological Characteristics and Yield-Related Traits of Non-Dehiscent Sesame Cultivar

Fatemeh Samadzadeh¹ | Alireza Pirzad² | Hossein Zeinalzadeh-Tabrizi³

1. Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran. E-mail: f.samadzadeh@urmia.ac.ir
2. Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran. E-mail: a.pirzad@urmia.ac.ir
3. Corresponding Author, Crops and Horticultural Science Research Department, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (Moghan), AREEO, Ardabil, Iran, and Department of Horticulture and Agronomy, Faculty of Agriculture, Kyrgyz-Turkish Manas University, Bishkek, Kyrgyzstan. E-mail: h.zeinalzadeh@areeo.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received: February 24, 2022

Received in revised form:

September 04, 2022

Accepted: September 14, 2022

Published online: April 16, 2023

Keywords:

Capsule number,
planting spacing,
row spacing,
thousand-seed weight,
total dry matter.

ABSTRACT

Determining the appropriate planting arrangement and plant density leads to better productivity of resources and increased yield per unit area. In this regard, an experiment was conducted in the Ardabil agricultural and natural resources research and education center (Moghan) during the 2021 crop year. This experiment uses a strip plot design based on randomized complete blocks with four replications. Its main factor is the effect of planting rows at a spacing of 30, 45, and 60 cm with planting spacing of 5, 8, 11, and 14 cm serving as the subfactor. According to the results, by increasing the distance between plants on the planting row, the maximum days to flowering initiation (47.25 days), growth period (122.25 days), stem diameter (8.33 mm), number of branches (2.97), and capsule length (24.20 mm) of sesame can be observed at a planting distance of 14 cm between the plants. Row spacing of 45 to 30 cm increases the number of capsules per plant, the number of seeds per capsule, and 1000-seed weight of sesame by 33%, 18.50%, and 16%, respectively. The highest seed yield, fresh and dry weight belong to 1455.40, 5021.80, and 1280.73 kg/ha, respectively, at 45 cm distance between planting rows. The results from this experiment show that planting arrangement with a distance between plants of 14 cm and a distance between planting rows of 45 cm, with optimal use of environmental resources is suitable for cultivation in Moghan plain and recommended for local farmers.

Cite this article: 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. DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2022.334457.2686>





اثر آرایش کاشت و تراکم بوته بر خصوصیات مورفولوژیکی و صفات مرتبط با عملکرد کنگد رقم ناشکופا

فاطمه صمدزاده^۱ | علیرضا پیرزاد^۲ | حسین زینلزاده تبریزی^۳ ✉

۱. گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. رایانامه: f.samadzadeh@urmia.ac.ir
۲. گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. رایانامه: a.pirzad@urmia.ac.ir
۳. نویسنده مسئول، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان)، سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی، اردبیل، ایران. رایانامه: h.zeinalzadeh@areeo.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
<p>نوع مقاله: مقاله پژوهشی</p> <p>تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۰۵</p> <p>تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۶/۱۳</p> <p>تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۲۳</p> <p>تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۱/۲۷</p> <p>کلیدواژه‌ها: تعداد کپسول، فاصله بین بوته، فاصله بین ردیف، ماده خشک کل، وزن هزاردانه.</p>	<p>تعیین آرایش کاشت و تراکم مناسب بوته باعث بهره‌وری بهتر از منابع و افزایش عملکرد در واحد سطح می‌شود. در این راستا آزمایشی به صورت کرت‌های خردشده نواری بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان) در سال زراعی ۱۳۹۹ انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل ردیف‌های کاشت ۳۰، ۴۵ و ۶۰ سانتی‌متری به‌عنوان فاکتور عمودی و فاصله کاشت در پنج، هشت، ۱۱ و ۱۴ سانتی‌متری به‌عنوان فاکتور افقی بودند. براساس نتایج به‌دست‌آمده، با افزایش فاصله بین بوته‌ها روی ردیف کاشت، بیش‌ترین تاریخ کاشت تا شروع گل‌دهی (۴۷/۲۵ روز)، طول دوره رشد (۱۲۲/۲۵ روز)، قطر ساقه (۸/۳۳ میلی‌متر)، تعداد شاخه فرعی (۲/۹۷ عدد) و طول کپسول (۲۴/۲۰ میلی‌متر) کنگد در فاصله کاشت بین بوته ۱۴ سانتی‌متری مشاهده شد. فاصله ردیف‌های کاشت ۴۵ نسبت به ۳۰ سانتی‌متری، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن هزاردانه کنگد را به ترتیب به میزان ۳۳، ۱۸/۵۰ و ۱۶ درصد افزایش داد. بیش‌ترین عملکرد دانه، وزن تر و خشک بوته به ترتیب با ۱۴۵۵/۴۰، ۵۰۲۱/۸۰ و ۱۲۸۰/۷۳ کیلوگرم در هکتار در فاصله ردیف کاشت ۴۵ سانتی‌متر مشاهده شد. نتایج کلی این آزمایش نشان داد آرایش کاشت کنگد رقم ناشکופا با فاصله بین بوته ۱۴ سانتی‌متر و فاصله بین ردیف کاشت ۴۵ سانتی‌متر با استفاده بهینه از منابع محیطی برای کشت کنگد در دشت مغان مناسب بوده و بنابراین قابل توصیه برای کشاورزان منطقه است.</p>

استناد: صمدزاده، ف.، پیرزاد، ع. ر. و زینلزاده تبریزی، ح (۱۴۰۲). اثر آرایش کاشت و تراکم بوته بر خصوصیات مورفولوژیکی و صفات مرتبط با عملکرد کنگد رقم ناشکופا. *به‌زراعی کشاورزی*، ۲۵ (۱)، ۵۱-۶۳. DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2022.334457.2686>



۱. مقدمه

بخش عمده‌ای از روغن خوراکی موردنیاز در کشور از منابع خارجی تأمین می‌شود، بنابراین توسعه کشت دانه‌های روغنی از اهمیت زیادی برخوردار است. از جمله این دانه‌های روغنی می‌توان به کنجد اشاره کرد. کنجد یکی از کهن‌ترین دانه‌های روغنی است که سطح زیر کشت آن در ایران ۵۲ هزار هکتار و تولید سالانه آن ۲۸ تن است که بیش‌تر در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری کشت می‌شود (Bahador *et al.*, 2019). کشت کنجد در منطقه مغان با توجه به خاک حاصلخیز و شرایط اقلیمی مناسب متداول است. کنجد (*Sesamum indicum* L.) گیاهی یک‌ساله بوده که به دلیل محتوی بالای روغن (۴۲-۵۲ درصد) و کیفیت مناسب آن (میزان کلسترول و وجود برخی آنتی‌اکسیدان‌ها) نقش مهمی در سلامت انسان داشته و گیاهی متحمل به کم‌آبی و تنش خشکی است (Mili *et al.*, 2021).

عملکرد هر محصول زراعی حاصل رقابت برون‌بوته‌ای و درون‌بوته‌ای برای دستیابی به عوامل محیطی رشد است. حداکثر عملکرد، زمانی حاصل می‌شود که این رقابت‌ها به حداقل خود رسیده و گیاه بتواند از عوامل محیطی حداکثر استفاده را داشته باشد (Oloniruha *et al.*, 2021). فاصله مناسب بین ردیف‌های کاشت و بین بوته‌ها روی خط کشت، تعیین‌کننده فضای رشد قابل استفاده هر بوته است (El-Shamy *et al.*, 2021). تراکم مناسب و توزیع متعادل بوته‌ها در واحد سطح، موجب استفاده بهتر از رطوبت، عناصر غذایی و نور شده و در نهایت سبب افزایش عملکرد می‌شود (El-Shamy *et al.*, 2021). مقدار بذر و نوع رقم نیز اثر زیادی در عملکرد دانه دارند و اغلب از عوامل تعیین‌کننده موفقیت در تولید محصول به‌شمار می‌آیند، زیرا یکی از نیازهای مهم در برنامه‌ریزی زراعی برای به‌دست‌آوردن حداکثر عملکرد و باکیفیت مطلوب، تعیین بهترین تراکم بوته است (Elobied, 2010). تعداد بوته در واحد سطح اثرات قابل‌توجهی بر روی فضایی که در هوا و خاک اشغال می‌کند، دارد (Oloniruha *et al.*, 2021). تراکم بوته در ارتباط با میزان تولید محصول و به‌عنوان یک عامل تحت کنترل دارای اهمیت بوده و از اصول اولیه زراعت هر محصول مشخص‌نمودن تراکم مناسب آن است (El-Shamy *et al.*, 2021).

افزایش تراکم گیاه زراعی روشی برای بالابردن عملکرد محصول در واحد سطح است. از این طریق کانوپی گیاه زراعی سریع‌تر بسته شده و توانایی گیاه زراعی برای جذب تشعشع فتوسنتزی بیش‌تر خواهد بود (Mohammed & Hamidu, 2018). در آغاز فصل رشد که اندازه گیاهچه‌ها کوچک و نیازهای آن‌ها محدود است، تداخل مستقیم بین گیاهان مجاور حداقل است و با بزرگ‌تر شدن اندازه بوته‌ها و محدود شدن منابع، فشار ناشی از تراکم افزایش می‌یابد (Lakew *et al.*, 2018). توزیع فضایی گیاهان در یک جامعه زراعی با جذب تشعشع در ارتباط است و این صفت نقش تعیین‌کننده‌ای در ظرفیت فتوسنتزی و عملکرد دارد، زیرا سرعت رشد محصول تابعی از انرژی تشعشعی مورد استفاده در فتوسنتز است (Ngala *et al.*, 2013). به‌طور کلی، افزایش کارایی جذب تشعشع و عملکرد در گیاهان زراعی نیاز به سطح برگ کافی و توزیع یکنواخت برگ در پوشش گیاهی دارد (Ngala *et al.*, 2013). در مطالعه Naroueirad *et al.* (2020)، حداکثر عملکرد دانه و روغن در کنجد در شرایط منطقه سیستان برای ارقام چند شاخه مانند داراب یک و محلی سیستان با رعایت فاصله ردیف ۴۰ سانتی‌متر و تراکم ۳۰ بوته در مترمربع و در ارقام تک شاخه مانند شوین، با رعایت فاصله ردیف ۴۰ سانتی‌متر و تراکم ۴۰ بوته در مترمربع به‌دست آمد. در سال‌های اخیر یک ژنوتیپ کنجد ناشکوکا به روش معرفی^۱ از خارج وارد کشور شده که دارای خصوصیات مطلوبی مانند رنگ سفید دانه، تحمل به ریزش کپسول، سازگار به شرایط آب‌وهوایی کشور بوده و عملکرد دانه و روغن مناسبی دارد. از آنجایی که تراکم مطلوب این رقم وارداتی مشخص نیست، لذا این مطالعه با هدف بررسی اثرات فاصله بین ردیف و بین بوته بر خصوصیات کمی کنجد رقم ناشکوکا و تعیین مناسب‌ترین آرایش کاشت آن در شرایط آب‌وهوایی مغان اجرا شد.

۲. مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر آرایش کاشت و تراکم بوته بر خصوصیات کمی کنگد رقم ناشکופا، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۹ در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل، ایستگاه تحقیقات کشاورزی مغان واقع در دشت مغان (با مشخصات عرض جغرافیایی ۶۱ درجه و ۶۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۲۱ درجه و ۲۲ دقیقه شرقی و ارتفاع از سطح دریا ۶۰ متر) به اجرا درآمد. این آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده نواری بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. برای این منظور اثر فاصله ردیف‌های کاشت ۳۰، ۴۵ و ۶۰ سانتی‌متری به‌عنوان فاکتور عمودی و فاصله کاشت گیاهان روی ردیف‌های پنج، هشت، ۱۱ و ۱۴ سانتی‌متری به‌عنوان فاکتور افقی در نظر گرفته شد. این منطقه دارای تابستان‌های گرم و نسبتاً مرطوب و زمستان‌های معتدل دارای یخبندان محدود با متوسط حداکثر دمای سالانه ۳۵ درجه سانتی‌گراد و متوسط حداقل دمای سالانه هشت درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی سالانه ۲۹۹ میلی‌متر می‌باشد. حداکثر درجه حرارت ثبت شده ۴۱ درجه سانتی‌گراد در تیرماه و حداقل آن ۱۶/۵- درجه در دی‌ماه است. متوسط تبخیر سالانه ۱۴۸۶ میلی‌متر بوده که بیش‌ترین مقدار آن متعلق به ماه‌های تیر و مرداد است. شرایط آب‌وهوایی محل اجرای آزمایش طی سال‌های اجرای آزمایش در جدول (۱) آورده شده است.

جدول ۱. داده‌های هواشناسی منطقه مغان در طول فصل رویش کنگد در سال ۱۳۹۹

پارامتر هواشناسی	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان
درجه حرارت کمینه (°C)	۱۹/۲	۲۱/۵	۱۷/۹	۱۴/۲	۷/۱
درجه حرارت بیشینه (°C)	۳۳/۳	۳۲/۵	۲۶/۸	۲۳/۹	۱۸/۸
میانگین درجه حرارت (°C)	۲۷/۶	۲۷/۰	۲۲/۳۵	۱۹/۰۵	۱۲/۹۵
بارش (mm)	۰/۱	۳/۹	۴۲/۵	۲۹/۲	۶/۲

پس از اجرای عملیات آماده‌سازی زمین در بهار شامل شخم، دیسک و ایجاد پشته (براساس تیمارهای آزمایشی و از طریق تغییر فاصله بین پشته‌ها) در محل اجرای آزمایش، در دهه سوم خردادماه بذور کنگد به‌صورت دستی در عمق ۲-۱ سانتی‌متری کشت شد. با توجه به نتایج آزمون خاک، خاک مزرعه دارای بافت لوم رسی با pH ۸، شوری ۰/۵۲ دسی‌زیمنس بر متر و ۰/۱۱ درصد نیتروژن بود، هم‌چنین میزان فسفر و پتاسیم در خاک مزرعه به‌ترتیب ۷/۲ و ۳۹۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. کوددهی به‌صورت عمومی و عرف منطقه مغان به‌صورت ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره و ۱۵۰ کیلوگرم کود فسفات، ۵۰ کیلوگرم کود اوره به‌صورت سرک در مرحله قبل از گل‌دهی صورت گرفت. هر کرت آزمایشی شامل شش ردیف کاشت به طول چهار متر بود. فاصله بین کرت‌ها یک متر و فاصله بین بلوک‌ها دو متر در نظر گرفته شد. در این آزمایش از کنگد رقم ناشکوفای مهاجر، با قوه نامیه ۹۸ درصد و خلوص ۹۹ درصد استفاده شد. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی بسته به نیاز آبی گیاه به‌صورت دور آبیاری انجام شد. برای مبارزه با علف‌های هرز قبل از کاشت از علف‌کش ترفلان به میزان دو لیتر در هکتار استفاده شد و در طول فصل رشد از طریق وجین دستی کنترل شدند. برای مبارزه با آفت برگ‌خوار از آفت‌کش آوانت به میزان ۲۵۰ میلی‌لیتر در هکتار در دو نوبت استفاده شد.

به‌منظور اندازه‌گیری صفات مورفولوژیکی و اجزای عملکرد از قبیل ارتفاع بوته (با استفاده از خط‌کش)، قطر ساقه (با استفاده از کولیس)، تعداد شاخه جانبی، وزن تر و خشک کل بوته (بعد از قرارگرفتن ۴۸ ساعت در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد در آون با استفاده از ترازو دقیق)، طول کپسول (با استفاده از خط‌کش)، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و وزن هزاردانه (با استفاده از ترازو دقیق)، تعداد پنج بوته از هر کرت آزمایشی به‌صورت تصادفی با در نظر گرفتن حذف اثرات حاشیه‌ای انتخاب شد و صفات ذکرشده مورد اندازه‌گیری قرار گرفت و میانگین آن‌ها به‌عنوان عدد مورد نظر یادداشت شد. اندازه‌گیری عملکرد دانه نیز از یک مترمربع در وسط کرت‌های آزمایشی صورت گرفت.

تجزیه داده‌ها پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌های آزمایشی و هم‌چنین یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) انجام گرفت. هم‌چنین مقایسه میانگین‌های صفات به روش آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح یک و پنج درصد انجام شد.

۳. نتایج و بحث

۳.۱. شروع گل‌دهی

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که شروع گل‌دهی کنگد تحت تأثیر اثرات ساده آرایش کاشت و تراکم بوته قرار گرفت (جدول ۲). نتایج حاصل نشان داد که فاصله ردیف ۴۵ سانتی‌متر با ۴۷/۳۷ روز بیش‌ترین تعداد روز تا شروع گل‌دهی را داشت، درحالی‌که فاصله ردیف ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متر با ۴۶ روز تا شروع گل‌دهی اختلاف معنی‌داری نشان ندادند (جدول ۳). بیش‌ترین و کم‌ترین روز تا شروع گل‌دهی ۴۷/۲۵ و ۴۵/۵۸ روز به‌ترتیب در فاصله بین بوته ۱۴ و ۵ سانتی‌متر مشاهده شد (جدول ۴). گزارش شده است که در کنگد را با فواصل بین بوته‌ای ۳۰، ۴۰ و ۵۰ سانتی‌متر گزارش نمودند که در فاصله ردیف ۴۰ سانتی‌متری به‌دلیل کاهش رقابت بین بوته‌ای، امکانات محیطی از قبیل فضا، آب و مواد غذایی به مقدار بیش‌تری در اختیار هر گیاه قرار گرفته که همین امر سبب کاهش شروع گل‌دهی و افزایش رشد رویشی و عملکرد گیاه شده است (Bakhshandeh, 2006). بالابودن مدت زمان لازم تا شروع گل‌دهی در تراکم‌ها و فاصله بین بوته بالا را می‌توان به وجود رقابت شدید بین گیاهان، کاهش دسترسی به منابع، کاهش فتوسنتز و در نتیجه کاهش تولید ماده خشک‌شده، به‌طوری‌که وجود چنین شرایطی سبب اعمال تنش به گیاه می‌شود و در شرایط تنش معمولاً گل‌دهی زودتر اتفاق می‌افتد (Karimi et al. 2018).

جدول ۲. تجزیه واریانس صفات کمی گیاه کنگد رقم ناشکوف تحت تأثیر اثر آرایش کاشت و تراکم بوته

منابع تغییر	درجه آزادی	شروع گل‌دهی	طول دوره رشد	ارتفاع بوته	قطر ساقه	تعداد شاخه فرعی	طول کپسول
بلوک	۳	۲/۱۳	-/۵۲	۱۵۷/۲۱	-/۲۵	۰/۰۴	۰/۰۹
فاصله ردیف	۲	۱۰/۰۸**	۱۳۴/۳۱**	۲۵۵۳/۲۸**	۲۹/۴۹**	۴/۳۹**	۱۱/۴۳**
اشتباه فاصله ردیف	۶	۱/۸۰	-/۸۱	۵۱/۰۲	-/۶۲	۰/۲۷	۰/۷۸
فاصله بوته	۳	۶/۴۷ns	۳۵/۵۲ns	۱۳۴/۵۲ns	۲/۵۰*	۱/۰۸*	۷/۶۵**
اشتباه فاصله بوته	۹	-/۴۵	۱/۵۰	۶۴/۰۵	-/۷۸	۰/۳۶	۱/۴۶
فاصله ردیف × فاصله بوته	۶	۰/۳۰ns	۱/۰۶ns	۵۷/۲۳ns	۰/۵۶ns	-/۲۲ns	۰/۵۹ns
اشتباه کل	۱۸	۰/۷۳	۱/۱۵	۱۴۱/۹۱	-/۶۴	۰/۲۴	۰/۷۹
ضریب تغییرات (%)		۱/۸۴	-/۸۹	۱۲/۱۱	۱۰/۲۷	۱۹/۱۸	۳/۷۷

ns * و ** به‌ترتیب نشانگر عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

ادامه جدول ۲. تجزیه واریانس صفات کمی گیاه کنگد رقم ناشکوف تحت تأثیر اثر آرایش کاشت و تراکم بوته

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد کپسول در بوته	تعداد دانه در کپسول	وزن هزاردانه	عملکرد دانه	وزن زیست‌توده	شاخص برداشت
بلوک	۳	۱۷۷/۲۸	۳۹/۱۴	-/۲۴	۱۶۸۴۲۴/۰۵	۲۳۷۱۵/۴۰	۲۱/۸۳
فاصله ردیف	۲	۱۰۴۸۵/۶۷**	۸۹۴/۶۳**	۰/۹۹**	۱۳۵۷۸۸۴/۱۵**	۱۸۰۳۹۲۹/۸۹**	۶۴/۸۸*
اشتباه فاصله ردیف	۶	۲۰۳/۰۷	۵۰/۷۰	-/۰۷	۱۲۹۸۴۹/۸۲	۳۳۴۳۹/۴۹	۲۹/۶۳
فاصله بوته	۳	۱۲۰۵/۹۱*	۲۷/۵۰ns	۰/۰۹ns	۷۲۰۷۵/۳۶ns	۸۹۱۰۲/۰۸ns	۸/۲۵ns
اشتباه فاصله بوته	۹	۲۵۵/۷۵	۵۷/۳۷	-/۰۶	۸۵۳۹۳/۲۴	۴۸۱۰/۴۲	۵/۷۲
فاصله ردیف × فاصله بوته	۶	۱۶۳/۹۷ns	۱۰/۴۷ns	۰/۱۰ns	۸۴۸۳۰/۳۶ns	۱۳۴۴۷/۱۲ns	۱۶/۶۹ns
اشتباه کل	۱۸	۲۹۲/۴۹	۸۴/۶۴	-/۰۴	۹۰۴۴۳/۹۲	۳۰۹۱۲/۱۱	۱۵/۸۸
ضریب تغییرات (%)		۲۶/۶۲	۱۲/۶۲	۷/۵۱	۲۶/۷۰	۱۹/۶۵	۲۹/۸۶

ns * و ** به‌ترتیب نشانگر عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

۲.۳. طول دوره رشد

اثرات ساده آرایش کاشت و تراکم بوته بر طول دوره رشد کنگد معنی‌داری بود (جدول ۲). به‌طوری که بیش‌ترین طول دوره رشد کنگد با ۱۲۲/۳۷ روز در فاصله ردیف ۴۵ سانتی‌متر مشاهده شد. درحالی‌که فاصله ردیف ۳۰ سانتی‌متر با ۱۱۷ روز کم‌ترین طول دوره رشد را داشت (جدول ۳). در تیمار فاصله بین بوته‌ها روی ردیف، بیش‌ترین (۱۲۲/۲۵ روز) و کم‌ترین (۱۱۸/۱۶ روز) طول دوره رشد کنگد در فاصله بین بوته ۱۴ و پنج سانتی‌متر بود (جدول ۴). افزایش طول دوره رشد گیاه منجر به افزایش رشد رویشی و در نتیجه افزایش عملکرد دانه می‌شود (Karimi *et al.*, 2018)، به‌نظر می‌رسد در فاصله ردیف ۴۵ سانتی‌متر به‌دلیل توزیع یکنواخت‌تر بوته‌ها در مقایسه با فواصل ردیف ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متری گیاه در استفاده از امکانات محیطی از قبیل فضا، آب، مواد غذایی و نور رشد مطلوب داشته است که همین امر منجر به افزایش رشد رویشی و تعداد انشعاب و تعداد برگ توسط گیاه و در نتیجه افزایش عملکرد گیاه شده باشد (El-Shamy *et al.*, 2021).

۳.۳. ارتفاع بوته

طبق نتایج جدول تجزیه واریانس، ارتفاع بوته کنگد فقط تحت تأثیر آرایش کاشت قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیش‌ترین ارتفاع بوته (۱۱۱/۲۲ سانتی‌متر) در فاصله بین ردیف ۴۵ سانتی‌متر به‌دست آمد. اما، کم‌ترین ارتفاع بوته (۸۵/۹۷ سانتی‌متر) در فاصله بین ردیف ۳۰ سانتی‌متر مشاهده شد (جدول ۳). چنین استنباط می‌شود که با افزایش تراکم بوته نوری که به کف کانوپی می‌رسد کاهش یافته و رقابت بین اندام‌های گیاه برای جذب تشعشع افزایش می‌یابد و از طرف دیگر تخریب نوری اکسین صورت نمی‌گیرد که مجموعه این عوامل می‌تواند باعث افزایش طول میان‌گره‌ها و افزایش ارتفاع بوته شود (Baraki *et al.*, 2018). برخی پژوهش‌گران دریافته‌اند که افزایش فاصله بین ردیف‌های کاشت به میزان بسیار زیاد به زیر سطح مطلوب، کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته را در پی دارد (Baraki *et al.*, 2018).

۴.۳. قطر ساقه

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای آزمایشی (آرایش کاشت و تراکم بوته) تأثیر معنی‌داری بر قطر بوته کنگد نشان داد (جدول ۲). طبق نتایج حاصل، بیش‌ترین قطر ساقه (۸/۸۲ میلی‌متر) در فاصله بین ردیف ۴۵ سانتی‌متر به‌دست آمد که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با فاصله ردیف ۶۰ سانتی‌متر نداشت. درحالی‌که در فاصله بین ردیف ۳۰ سانتی‌متر کم‌ترین قطر ساقه (۶/۲۵ میلی‌متر) مشاهده شد (جدول ۳). هم‌چنین با افزایش فاصله بین بوته‌ها روی ردیف، قطر ساقه کنگد افزایش معنی‌داری نشان داد، به‌طوری‌که بیش‌ترین و کم‌ترین قطر ساقه کنگد به‌ترتیب با ۸/۳۳ و ۷/۲۱ میلی‌متر در فاصله بین بوته ۱۴ و پنج سانتی‌متر به‌دست آمد (جدول ۴). گزارش شده است که افزایش جمعیت گیاهی منجر به کوتاه‌شدن طول دوره گل‌دهی و کاهش قطر ساقه کنگد می‌شود (El-Shamy *et al.*, 2021). از طرفی کاهش قطر ساقه در تراکم بالا به‌دلیل افزایش رقابت بین بوته‌ها است که طی آن گیاهان برای جذب نور بیش‌تر بر ارتفاع ساقه خود می‌افزایند و به‌دلیل محدودیت مواد فتوسنتزی تولیدی توسط گیاه، افزایش ارتفاع ساقه در تراکم‌های بالا با کاهش قطر ساقه همراه می‌شود (Mohammed & Hamidu, 2018).

۵.۳. تعداد شاخه فرعی

طبق نتایج جدول تجزیه واریانس، تعداد شاخه فرعی تحت تأثیر آرایش کاشت و تراکم معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که بیش‌ترین (۳/۰۶ عدد) و کم‌ترین (۲/۰۲ عدد) تعداد شاخه فرعی به‌ترتیب در فاصله بین ردیف ۴۵ و ۳۰ سانتی‌متر به‌دست آمد (جدول ۳). در تیمار فاصله بین بوته‌ها روی ردیف، بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد شاخه فرعی کنگد به‌ترتیب با ۲/۹۷ و ۲/۲۵ عدد در فاصله بین بوته ۱۴ و پنج سانتی‌متر مشاهده شد (جدول ۴). هم‌چنین در تراکم‌های بالا به‌علت رقابت بین بوته‌های مجاور، گیاه، ترجیح می‌دهد که تعداد کم‌تری شاخه فرعی تولید کند، در صورتی‌که در تراکم‌های پایین گیاه فضای کافی در اختیار دارد و تعداد شاخه فرعی را افزایش می‌دهد (El-Shamy *et al.*, 2021). در گیاه کنگد گزارش کردند که با افزایش تراکم رقابت گیاهان مجاور افزایش می‌یابد و در نتیجه تعداد شاخه فرعی، کپسول و دانه در هر بوته کاهش می‌یابد (Gloaguen *et al.*, 2018).

۶.۳. طول کپسول

براساس نتایج جدول تجزیه واریانس، آرایش کاشت و تراکم بوته اثر معنی‌داری بر طول کپسول کنگد داشت (جدول ۲). به‌طوری‌که در فاصله بین ردیف ۴۵ سانتی‌متر بیش‌ترین طول کپسول (۲۴/۲۵ میلی‌متر) به‌دست آمد که با فاصله ردیف ۶۰ سانتی‌متر از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشت. درحالی‌که کم‌ترین طول کپسول (۲۲/۶۰ میلی‌متر) در فاصله بین ردیف ۳۰ سانتی‌متر مشاهده شد (جدول ۳). هم‌چنین با افزایش فاصله بین بوته‌ها روی ردیف، طول کپسول کنگد افزایش معنی‌داری نشان داد، به‌طوری‌که بیش‌ترین طول کپسول کنگد با میزان ۲۴/۲۰ میلی‌متر در فاصله بین بوته ۱۴ سانتی‌متر به‌دست آمد که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در فاصله بین بوته ۱۱ و هشت سانتی‌متر نشان ندادند. اما، درحالی‌که کم‌ترین طول کپسول (۲۲/۴۴ میلی‌متر) در فاصله بین بوته پنج سانتی‌متر بود (جدول ۴)، بنابراین می‌توان گفت که در تراکم‌های بالا به‌دلیل افزایش رقابت بین بوته‌ها و محدودیت منابع، سهم مواد پرورده‌ای که به هر کپسول می‌رسد کم‌تر می‌شود و در نتیجه طول کپسول کاهش می‌یابد (Mehdipour *et al.*, 2017). به‌نظر می‌رسد که افزایش تراکم گیاهی، باعث ایجاد رقابت بیش از حد بین بوته‌ها برای به‌دست‌آوردن منابع رقابتی از جمله نور، آب و مواد غذایی می‌شود که این امر در نهایت منجر به کاهش تخصیص مواد فتوسنتزی به طول کپسول در تراکم بالای کشت می‌شود.

جدول ۳. مقایسه میانگین صفات کمی گیاه روغنی کنگد تحت تأثیر آرایش کاشت

فاصله بین ردیف کاشت (cm)	شروع گل‌دهی (day)	طول دوره رشد (day)	ارتفاع بوته (cm)	قطر ساقه (mm)	تعداد شاخه فرعی	طول کپسول (mm)	تعداد کپسول در بوته	تعداد هزاردانه (g)	وزن عملکرد (kg ha ⁻¹)	وزن زیست‌توده برداشت (%)	شاخص
۳۰	۴۶b	۱۱۷c	۸۵/۹۷c	۶/۲۵b	۲/۰۲b	۲۲/۶۰b	۳۶/۳۷c	۶۴/۶۷b	۹۰۲/۱۰b	۶۷۳/۳۰b	۱۵/۴۷a
۴۵	۴۷/۳۷a	۱۲۲/۳۷a	۱۱۱/۲۲a	۸/۸۲a	۳/۰۶a	۲۴/۲۵a	۸۶/۷۲a	۷۹/۳۳a	۲/۸۹a	۱۴۵۵/۴۰a	۱۱/۴۶b
۶۰	۴۶b	۱۲۱/۵۶b	۹۷/۸۳b	۸/۳۰a	۲/۶۴a	۲۳/۷۵a	۶۹/۵۸b	۷۴/۵۵a	۳/۰۵a	۱۰۲۰/۵۰b	۱۳/۰۹ab

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

جدول ۴. مقایسه میانگین صفات کمی گیاه روغنی کنگد تحت تأثیر تراکم بوته

فاصله روی ردیف کاشت (cm)	شروع گل‌دهی (day)	طول دوره رشد (day)	قطر ساقه (mm)	تعداد شاخه فرعی	طول کپسول (mm)	تعداد کپسول در بوته
۵	۴۵/۵۸c	۱۱۸/۱۶c	۷/۲۱b	۲/۲۵b	۲۲/۴۴b	۴۹/۵۲b
۸	۴۶/۱۶bc	۱۱۹/۹۱bc	۷/۸۵ab	۲/۴۸b	۲۳/۴۴a	۶۷/۱۶a
۱۱	۴۶/۸۳ab	۱۲۰/۹۱ab	۷/۷۶ab	۲/۵۹ab	۲۴/۰۵a	۶۸/۱۶a
۱۴	۴۷/۲۵a	۱۲۲/۲۵a	۸/۳۳a	۲/۹۷a	۲۴/۲۰a	۷۲/۰۵a

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

۷.۳. تعداد کپسول در بوته

نتایج به‌دست‌آمده از جدول تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای آزمایشی (آرایش کاشت و تراکم بوته) تأثیر معنی‌داری بر تعداد کپسول در بوته داشت (جدول ۲). به‌طوری‌که در فاصله بین ردیف‌های کاشت، بیش‌ترین تعداد کپسول در بوته (۸۶/۷۲ عدد) در فاصله بین ردیف ۴۵ سانتی‌متر به‌دست آمد. درحالی‌که کم‌ترین تعداد کپسول در بوته (۳۶/۳۷ عدد) در فاصله بین ردیف ۳۰ سانتی‌متر مشاهده شد (جدول ۳). هم‌چنین با افزایش فاصله بین بوته‌ها روی ردیف، تعداد کپسول در بوته کتجداً افزایش معنی‌داری نشان داد، به‌طوری‌که بیش‌ترین تعداد کپسول در بوته کتجداً با میزان ۷۲/۰۵ عدد در فاصله بین بوته ۱۴ سانتی‌متر به‌دست آمد که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در فاصله بین بوته ۱۱ و هشت سانتی‌متر نشان ندادند. درحالی‌که کم‌ترین تعداد کپسول در بوته (۴۹/۵۲ عدد) در فاصله بین بوته پنج سانتی‌متر به‌دست آمد (جدول ۴). گزارش کردند که تراکم تأثیر معنی‌داری بر تعداد کپسول در بوته کتجداً داشته و بیش‌ترین تعداد کپسول را در تراکم کم بوته مشاهده کردند و علت آن را کاهش منابع در دسترس گیاه در تراکم‌های بالا دانستند (Elobied, 2010). توزیع یکنواخت بوته‌ها سبب استفاده مؤثر از منابع و تأخیر در زمان آغاز رقابت درون‌گونه‌ای خواهد شد، که این موضوع باعث انتشار نور در سیستم شده و جذب خالص نور را بالا خواهد برد (Mehdipour et al., 2017). در این صورت ضمن این‌که رقابت برای جذب نور به حداقل می‌رسد سایه‌انداز گیاه تشعشع موجود را به‌طور کامل دریافت کرده و به این ترتیب راندمان عملکرد در گیاه افزایش می‌یابد، این افزایش ممکن است به خاطر تغییراتی باشد که در تخصیص مواد فتوسنتزی بین اندام‌های رویشی و زایشی رخ می‌دهد و مواد فتوسنتزی به سمت اندام‌های زایشی پیش می‌روند که منجر به افزایش تعداد کپسول در بوته می‌شود (Baraki et al., 2018).

۸.۳. تعداد دانه در کپسول

نتایج نشان داد که در فاصله بین ردیف‌های کاشت، بیش‌ترین تعداد دانه در کپسول (۷۹/۳۳ عدد) در فاصله بین ردیف ۴۵ سانتی‌متر اختصاص داشت که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با فاصله ردیف ۶۰ سانتی‌متر نداشت. درحالی‌که در فاصله بین ردیف ۳۰ سانتی‌متر کم‌ترین تعداد دانه در کپسول (۶۴/۶۷ عدد) به‌دست آمد (جدول ۳). در تراکم‌های کم به‌دلیل وجود فضای کافی رشد رویشی بیش‌تری صورت گرفته و ماده خشک بیش‌تری برای شاخه‌زایی در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. هم‌چنین در تراکم‌های کم رقابت کم‌تری برای جذب آب و عناصر غذایی وجود دارد (Gloaguen et al., 2018). از سوی دیگر در تراکم‌های کم گل‌های بیش‌تری تبدیل به کپسول شده و در نهایت تعداد کپسول باقی‌مانده در زمان برداشت نیز بیش‌تر شد. در تراکم‌های بالا نفوذ نور به درون کانوپی کاهش یافته و سبب افزایش رشد رویشی می‌شود و سبب می‌شود نفوذ نور به پایین بوته محدود شده و بنابراین گره‌های پایین گیاه تعداد کم‌تری کپسول داشته و گاه بدون کپسول باشند (Latifi et al., 2018; Bahador et al., 2019)؛ بنابراین مجموع این عوامل منجر به افزایش تعداد کپسول و دانه در تراکم‌های کم نسبت به تراکم‌های زیاد شد.

۹.۳. وزن هزاردانه

وزن هزاردانه کتجداً فقط تحت تأثیر آرایش کاشت قرار گرفت (جدول ۲). به‌طوری‌که بیش‌ترین وزن هزاردانه (۳/۰۵ گرم) در فاصله بین ردیف ۶۰ سانتی‌متر به‌دست آمد که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با فاصله ردیف ۴۵ سانتی‌متر نشان نداد. درحالی‌که کم‌ترین وزن هزاردانه (۲/۵۶ گرم) در فاصله بین ردیف ۳۰ سانتی‌متر به‌دست آمد (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد که بهتر بودن شرایط رشد برای گیاه در تراکم کم و کم‌تر بودن رقابت بین گیاهان سبب شده است که مواد

فتوستتزی بیش‌تری برای هر دانه اختصاص پیدا کند و در نتیجه وزن هزاردانه در این تراکم‌ها بیش‌تر می‌شود (Valiki *et al.*, 2015). گزارش کردند که با کاهش فواصل ردیف بر وزن هزاردانه افزوده می‌شود که علت این موضوع را کوچک‌شدن اندازه کپسول و کم‌شدن تعداد دانه در کپسول و بزرگ‌شدن اندازه دانه‌ها اعلام کردند که موضوع باعث افزایش وزن هزاردانه شد (El-Shamy *et al.*, 2021). همچنین Jakusko *et al.* (2013) بیان داشتند وزن هزاردانه در کنگد به‌صورت معنی‌داری با افزایش فاصله ردیف افزایش می‌یابد. همچنین آن‌ها بیان داشتند که تراکم تأثیر معنی‌داری بر وزن دانه دارد، به‌طوری‌که با افزایش تراکم، وزن دانه در بوته به‌شدت کاهش می‌یابد (Jakusko *et al.*, 2013). گزارش کردند که با افزایش تراکم سهم هر یک از گیاهان از منابع کاهش می‌یابد، بنابراین گیاهان ضعیف شده و دانه‌های سبک‌تری تولید می‌کنند (Ijoyah *et al.*, 2016).

۳.۱۰. عملکرد دانه

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد دانه کنگد فقط تحت تأثیر آرایش کاشت معنی‌دار بود (جدول ۲). به‌طوری‌که بیش‌ترین عملکرد دانه (۱۴۵۵/۴۰ کیلوگرم در هکتار) در فاصله بین ردیف ۴۵ سانتی‌متر به‌دست آمد. درحالی‌که کم‌ترین عملکرد دانه (۹۰۲/۱۰ کیلوگرم در هکتار) در فاصله بین ردیف ۳۰ سانتی‌متر به‌دست آمد که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با فاصله ردیف ۶۰ سانتی‌متر نداشت (جدول ۳). با کاهش فاصله ردیف و فاصله بوته رقابت بین بوته‌ها برای آب، مواد غذایی و نور افزایش یافته و مواد فتوستتزی کم‌تری در بوته تولید می‌شود که همین امر سبب کاهش عملکرد دانه می‌شود (Mahdi & Alsayim, 2019). به‌نظر می‌رسد که توزیع یکنواخت بوته در تراکم مطلوب، باعث انتشار بهتر تابش به داخل جامعه گیاهی، جذب بیش‌تر آن و در نتیجه افزایش عملکرد شده باشد (El-Shamy *et al.*, 2021). در کشت کنگد با نزدیک‌تر شدن فاصله ردیف، توزیع یکنواخت بوته‌ها در زمین از لحاظ بهره‌گیری از عوامل محیطی بهبود می‌یابد و در یک تراکم یکسان، فاصله ردیف کم‌تر موجب کاهش رقابت بین بوته‌ها شده و موجب افزایش عملکرد می‌شود که دلیل این موضوع را توزیع یکنواخت بوته‌ها، انتشار بهتر نور در درون پوشش گیاهی و تولید کپسول‌های بارور بیش‌تر گزارش کردند (Valiki *et al.*, 2015). با تناسب تراکم بوته در واحد سطح، کانوپی گیاه در زمان کوتاه‌تری بسته شده، جذب نور بیش‌تری صورت گرفته و در نتیجه گیاه در واحد سطح ماده خشک بیش‌تری تولید کرده و این امر منجر به افزایش عملکرد در واحد سطح می‌شود (Mei *et al.*, 2017).

۳.۱۱. وزن زیست‌توده

وزن زیست‌توده کنگد فقط تحت تأثیر آرایش کاشت قرار گرفت (جدول ۲). به‌طوری‌که بیش‌ترین وزن زیست‌توده کنگد با مقدار ۱۲۸۰/۷۳ کیلوگرم در هکتار در فاصله بین ردیف ۴۵ سانتی‌متر بود. اما، کم‌ترین وزن زیست‌توده با مقدار ۶۷۳/۳۰ کیلوگرم در هکتار در فاصله بین ردیف ۳۰ سانتی‌متر به‌دست آمد که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با فاصله ردیف ۶۰ سانتی‌متر نداشتند (جدول ۳). با افزایش تراکم کاشت تا حد مطلوب احتمالاً استفاده مطلوب از منابع محیطی به‌ویژه نور و عناصر غذایی منجر به افزایش سطح برگ و میزان تجمع ماده خشک اندام‌های هوایی شده که این امر افزایش عملکرد دانه کنگد را به دنبال داشته است (Jakusko *et al.*, 2013). اما پس از آن در حد بحرانی از تراکم بوته، عملکرد ثابت می‌ماند و افزایش بیش‌تر در تراکم گیاهی به‌علت ایجاد رقابت شدید درون‌گونه‌ای باعث کاهش عملکرد شده است (Jalilian & Heydarzadeh, 2015; Ijoyah *et al.*, 2016). به‌طور کلی، احتمال استفاده بهتر از عناصر غذایی، نور و آب توسط گیاه در طول دوره زمانی قبل از بسته‌شدن سایه‌انداز به حد مطلوب می‌رسد که این شرایط

هم‌زمان با دوره‌ای بحرانی از رشد است که تعیین‌کننده پتانسیل تولید در گیاه است (Jakusko *et al.* 2013); لذا افزایش بهره‌وری از نور در طول این مرحله ممکن است علت حصول افزایش عملکرد بیش‌تر در فواصل ردیف کم‌تر باشد. افزایش کل ماده خشک تولیدی در هنگام برداشت با کاهش یافتن فاصله ردیف بوته‌ها می‌تواند مربوط به توزیع یکنواخت‌تر بوته‌ها باشد که استفاده از منابع به شکل بهتری انجام شده است و باعث رشد بیش‌تر و افزایش وزن خشک شده است (Naroueirad & Khajedad Keshtkat, 2020).

۱۲.۳. شاخص برداشت

براساس نتایج جدول تجزیه واریانس، شاخص برداشت کنگد فقط تحت تأثیر آرایش کاشت معنی‌داری بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیش‌ترین شاخص برداشت کنگد با مقدار ۱۵/۴۷ درصد در فاصله بین ردیف ۳۰ سانتی‌متر به‌دست آمد. اما، کم‌ترین شاخص برداشت با مقدار ۱۱/۴۶ درصد در فاصله بین ردیف ۴۵ سانتی‌متر مشاهده شد (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد افزایش تراکم موجب افزایش رقابت بین گیاهان و افزایش ارتفاع آن‌ها به‌منظور جذب نور می‌شود، لذا اختصاص مواد به بخش زایشی کاهش یافته که این امر موجب کاهش شاخص برداشت شده است. *Vakili et al.* (2015) نیز در کنگد گزارش کردند که با افزایش تراکم بوته به‌علت افزایش رقابت درون‌گونه‌ای برای جذب نور، گیاه سعی در افزایش ارتفاع داشته و سهم بیش‌تری از مواد را به بخش رویشی اختصاص داده، لذا مقدار شاخص برداشت کاهش پیدا می‌کند. *Isaac et al.* (2020) نیز در کنگد گزارش کردند که افزایش تراکم موجب کاهش معنی‌دار شاخص برداشت شد، آن‌ها نیز علت این امر را افزایش رشد رویشی گیاه در تراکم‌های بالا ذکر کردند.

۱۳.۳. ضرایب همبستگی

بررسی ضرایب همبستگی عملکرد با اجزاء عملکرد تحت تأثیر شرایط متفاوت آرایش کاشت و تراکم بوته (جدول ۵) نشان داد که بیش‌ترین همبستگی بین عملکرد و اجزای عملکرد کنگد به‌ترتیب متعلق به تعداد کپسول در بوته ($r=0/93^{**}$)، قطر ساقه ($r=0/82^{**}$) و تعداد شاخه فرعی ($r=0/73^{**}$) بود و عملکرد کم‌ترین همبستگی را با طول دوره رشد ($r=0/09^{ns}$) و طول کپسول ($r=0/10^{ns}$) داشت (جدول ۵).

جدول ۵. ضرایب همبستگی بین عملکرد و اجزای عملکرد کنگد تحت تأثیر آرایش کاشت و تراکم بوته

شاخص برداشت	وزن زیست‌توده	عملکرد دانه	وزن هزاردانه	تعداد کپسول در بوته	تعداد دانه در کپسول	طول کپسول	تعداد شاخه فرعی	قطر ساقه	ارتفاع بوته	طول دوره رشد	شروع گل‌دهی
شروع گل‌دهی										۱	۰/۴۴**
طول دوره رشد										۱	۰/۳۶*
ارتفاع بوته									۱	۰/۵۵**	۰/۳۸*
قطر ساقه								۱	۰/۸۲**	۰/۷۵**	۰/۳۸*
تعداد شاخه فرعی							۱	۰/۷۳**	۰/۶۰**	۰/۶۶**	۰/۴۴**
طول کپسول						۱	۰/۵۱**	۰/۵۷**	۰/۵۳**	۰/۶۷**	۰/۵۸**
تعداد دانه در کپسول					۱	۰/۶۳**	۰/۵۰**	۰/۵۹**	۰/۵۸**	۰/۵۲**	۰/۳۹*
تعداد کپسول در بوته				۱	۰/۶۴**	۰/۶۳**	۰/۷۹**	۰/۹۳**	۰/۸۶**	۰/۷۲**	۰/۴۸**
وزن هزاردانه			۱	۰/۴۹**	۰/۱۵ ^{ns}	۰/۳۳*	۰/۳۱*	۰/۵۴**	۰/۴۴**	۰/۵۱**	۰/۱۰ ^{ns}
عملکرد دانه		۱	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۴۲**	۰/۲۴ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۲۹*	۰/۳۳*	۰/۵۴**	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۲۷ ^{ns}
وزن زیست‌توده	۱	۰/۶۵**	۰/۱۹ ^{ns}	۰/۶۴**	۰/۴۷**	۰/۲۷ ^{ns}	۰/۴۲**	۰/۵۸**	۰/۷۴**	۰/۱۹ ^{ns}	۰/۲۵ ^{ns}
شاخص برداشت	۱	-۰/۴۸**	۰/۲۷ ^{ns}	-۰/۱۳ ^{ns}	-۰/۲۲*	-۰/۳۰**	-۰/۱۹ ^{ns}	-۰/۳۶*	-۰/۳۸**	-۰/۱۴ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}

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

هم‌چنین عملکرد دانه دارای همبستگی مثبت با ارتفاع بوته ($r=0.54^{**}$) و قطر ساقه ($r=0.33^{**}$) بود. Valiki et al. (2015) گزارش کردند که با افزایش تعداد شاخه فرعی و تعداد کپسول در بوته، عملکرد دانه و در نتیجه عملکرد وزن زیست‌توده گیاه کنگد نیز افزایش یافت که دلیل آن می‌تواند افزایش کارایی فتوسنتز، انتقال و اندوخته‌شدن درصد بیش‌تری از مواد فتوسنتزی به اندام اقتصادی گیاه یعنی دانه باشد. Baraki et al. (2018) نشان دادند که صفت عملکرد دانه، بیش‌ترین ضریب همبستگی مثبت و معنی‌دار را با وزن هزاردانه، تعداد دانه در کپسول، تعداد کپسول در بوته و ارتفاع بوته کنگد دارد. Isaac et al. (2020) نیز طی آزمایشی با بررسی همبستگی‌های عملکرد و اجزای عملکرد در کنگد گزارش کردند که عملکرد دانه تنها با تعداد کپسول در بوته و ارتفاع بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد.

۴. نتیجه‌گیری

بیش‌ترین تعداد دانه در کپسول و تعداد کپسول در بوته، ماده خشک کل و عملکرد دانه در آرایش کاشت در فاصله بین بوته 14×45 سانتی‌متر مشاهده شد. مطلوب‌ترین روز شروع گل‌دهی، طول دوره رشد، قطر ساقه، تعداد شاخه فرعی و طول کپسول کنگد در فاصله کاشت ۱۴ سانتی‌متری مشاهده شد. هم‌چنین فاصله ردیف‌های کاشت ۴۵ نسبت به ۳۰ سانتی‌متری، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن هزاردانه کنگد را بهبود بخشید. بیش‌ترین عملکرد دانه، زیست‌توده به‌ترتیب با مقدار $1455/40$ ، $5021/80$ و $1280/73$ کیلوگرم در هکتار در فاصله بین ردیف کاشت ۴۵ سانتی‌متر به‌دست آمد، به‌طوری‌که در این فاصله ردیف کاشت گیاه کنگد استفاده بهینه از منابع محیطی به ویژه نور و عناصر غذایی داشته باشد. بنابراین در بین آرایش و تراکم‌های مختلف کاشت، آرایش کاشت در فاصله بین بوته 14×45 سانتی‌متر مطلوب می‌باشد که قابل‌توصیه برای کشاورزان منطقه است.

۵. تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل و مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر به جهت در اختیار گذاشتن امکانات و تأمین هزینه‌های اجرای آزمایش، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۶. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۷. منابع

- Bahador, M., Moosavi, S., & Ramazani, S. (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. <https://dx.doi.org/10.22067/jpp.v33i2.68641> (In Persian)
- Bakhshandeh, A. (2006). Determination of optimum row-spacing and plant density for unbranched sesame in Khuzestan province. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 8(1), 25-33.
- Baraki, F., & Gebremariam, G. (2018). Genotype \times environment interaction and stability of oil content of sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes in Northern Ethiopia. *Journal of Plant Breeding and Genetics*, 9(3), 20-28. <https://doi.org/10.5897/JCO2018.0183>

- Elobied, S. (2010). Effect of plant density on the performance of some sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars under Rain fed. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 6(4), 498-504.
- El-Shamy, M. A., El-Mansoury, M. A., & El-Bialy, M. A. (2021). Effect of sowing dates, plant density of sesame and intercropping on yield and yield components of cotton and sesame. *Alexandria Science Exchange Journal*, 42(1), 179-190. <https://doi.org/10.21608/asejaiqsae.2021.155572>
- Gloaguen, R. M., Byrd, S., Rowland, D. L., Langham, D. R., & Couch, A. (2018). Planting date and row spacing effects on the agronomic potential of sesame in the southeastern USA. *Journal of Crop Improvement*, 32(3), 387-417. <https://doi.org/10.1080/15427528.2018.1434093>
- Ijoyah, M. O., Anyogo, J. O., & Ugese, F. D. (2016). Yield response of maize (*Zea mays* L.) and sesame (*Sesamum indicum* L.) intercrop as influenced by planting densities and varieties of sesame at Makurdi, Nigeria. *World Scientific News*, 37, 25-49.
- 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. <https://doi.org/10.2298/JAS2004337I>
- 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. <https://doi.org/10.9790/2380-0233639>
- Jalilian, J., & Heydarzadeh, S. (2015). Effect of cover crops, organic and chemical fertilizer on the quantitative and qualitative characteristics of safflower (*Carthamus tinctorius*). *Science Agricultural and Sustainable Production*, 25, 71-85. (In Persian).
- 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. <https://doi.org/10.22067/gsc.v16i4.70220> (In Persian)
- Lakew, S., Ayalew, D., & Assefa, F. (2018). Optimum inter-row spacing and seeding rate of sesame for harnessing the maximum productivity potential in the dry land area of Abergelle District, Northeast Ethiopia. *Cogent Food & Agriculture*, 4(1), 1485471. <https://doi.org/10.1080/23311932.2018.1485471>
- 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. <https://doi.org/10.22069/jopp.2018.14248.2276>
- 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.
- 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)
- Mei, H., Liu, Y., Du, Z., Wu, K., Cui, C., Jiang, X., Zhang, H., & Zheng, Y. (2017). High-density genetic map construction and gene mapping of basal branching habit and flowers per leaf axil in sesame. *Frontiers in Plant Science*, 8, 636. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00636>
- Mili, A., Das, S., Nandakumar, K., & Lobo, R. (2021). A comprehensive review on *Sesamum indicum* L.: Botanical, ethnopharmacological, phytochemical, and pharmacological aspects. *Journal of Ethnopharmacology*, 281, 114503. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2021.114503>

- Mohammed, B., & Hamidu, G. A. (2018). Growth and yield performance of sesame (*Sesamum indicum* L.) varieties at varying levels of inter-row spacing in Northern Part of Sokoto, Nigeria. *Asian Journal of Research in Crop Science*, 1(2), 1-14. <https://doi.org/10.9734/AJRCS/2018/40304>
- Naroueirad, M. R., & Khajedad Keshtkat, M. (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. <https://dx.doi.org/10.22069/jopp.2020.16692.2528> (In Persian)
- Ngala, A. L., Dugje, I. Y., & Yakubu, H. (2013). Effects of inter-row spacing and plant density on performance of sesame (*Sesamum indicum* L.) in a Nigerian Sudan Savanna. *Science International (Lahore)*, 25(3), 513-519.
- 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. <https://doi.org/10.4314/as.v20i1.3>
- Valiki, S. R. H., Ghanbari, S., Golmohammadzadeh, S., & Kiasari, K. R. (2015). Effect of different plant density on growth and yield of three cultivars of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Biological Forum-An International Journal*, 7(1), 1524-1528.