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

Effect of sowing date on yield and yield components of different varieties of black cumin (*Nigella sativa* L.) in Gorgan climatic conditions

Mohammad Mehdi Mirzaei[1], Zeinab Zare Rahmat Abad[2*]

[1] Ph.D Student, Department of Agronomy, Faculty of Crop Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran, Email: mohands_mirzaei@yahoo.com

[2] Corresponding Author, Ph.D Graduated Student in Plant Pathology, Department of Plant Protection, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, Email: zarezeinab3@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2024-08-09
Accepted: 2024-11-30

Keywords:
Black cumin
Follicles
Indian variety
Yield components

ABSTRACT

Background and objectives: Black cumin is a medicinal and widely used plant worldwide. The seeds of this plant have significant economic value and contain compounds such as thymoquinone, thymol, tocopherol, trans-retinol, and selenium, which have multipurpose applications. Studies have shown that the delay in cultivation hurts the growth and performance of this plant. Since the sowing date is effective on plant establishment, control of weeds, diseases and pests, harvest time, and product quality, it is important to know the proper sowing date in each region to improve the quality and quantity of the product.

Materials and methods: Therefore, to investigate the effect of sowing date and different varieties of black cumin on the yield and yield components, a field experiment was conducted in the agricultural year 2021–22 at the Golestan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center. This experiment was factorial with a randomized complete block design with 4 replications. The treatments included the sowing date in three levels (6 November, 6 December, and 5 January) and the black cumin variety in three levels (Iranian, Syrian, and Indian). In this study, the traits studied include the number of sub-branches, capsules per plant, the number of pods per plant, the number of seeds per capsule, the number of follicles, the weight of capsules, the weight of 1000 seeds, seed yield, dry weight of a single plant, and biological yield.

Result: The results showed that the effect of sowing date, varieties, and their mutual effect on most studied traits was significant at the probability level of 1%. Based on the results, the highest number of healthy pus capsules and the highest number of follicles were observed in the Iranian variety. Also, the highest capsule weight, 1000 seed weight, and maximum seed yield were assigned to the Indian variety on the first sowing date with an average of 0.288, 2.38 g, and 994.75 kg/ha, respectively. In general, among the investigated varieties, the Indian variety had the highest value in most of the functional traits compared to the other two varieties due to its adaptability to the climatic conditions of the region.

Conclusion: In this research, the delay in sowing dates (December and January) caused a significant decrease in traits related to yield and yield components, and the first sowing date (2021/11/06) had the most positive effect on all three varieties. Therefore, the most suitable sowing date for black cumin in Gorgan climatic conditions is planting in November, which achieves the maximum grain yield in black cumin varieties, especially the Indian variety. As a result, to achieve maximum yield, this sowing date is recommended in the climatic conditions of Gorgan city.

Cite this article: Mirzaei, M.M., Zare Rahmat Abad, Z. 2024. Effect of sowing date on yield and yield components of different varieties of black cumin (*Nigella sativa* L.) in Gorgan climatic conditions. *Crop Production Journal*, 17 (3), 143-164.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/ejcp.2024.22697.2641
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

تولید گیاهان زراعی
شاپا چاپی: ۲۰۰۸-۷۳۹x
شاپا الکترونیکی: ۲۰۰۸-۷٤۰۳
انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

اثر تاریخ کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد توده‌های مختلف سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) در شرایط آب و هوایی گرگان

محمدمهدی میرزایی[۱]، زینب زارع رحمت آباد[۲]*

[۱] دانشجوی دکتری، گروه زراعت، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری ایران. رایانامه: mohands_mirzaei@yahoo.com
[۲] دانش‌آموخته دکتری بیماری‌شناسی گیاهی، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده تولید گیاهی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی گرگان، گرگان ایران، رایانامه: zarezeinab3@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۳/۵/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۳/۸/۳۰

واژه‌های کلیدی:
آفتابگردان
صرفه‌جویی آب
تاریخ کاشت زمستانه

چکیده

سابقه و هدف: سیاه‌دانه گیاهی دارویی و پر مصرف در سراسر جهان است. دانه‌های این گیاه دارای ارزش اقتصادی قابل توجهی بوده و حاوی ترکیباتی همچون تیموکینون، تیمول، توکوفرول، ترانس رتینول و سلنیوم می‌باشند که کاربردهای چند منظوره دارند. مطالعات نشان داده‌اند که تأخیر در کشت، تأثیر منفی بر رشد و عملکرد این گیاه دارد. از آنجایی‌که تاریخ کشت بر روی استقرار گیاه، کنترل علف‌های هرز، بیماری‌ها و آفات، زمان برداشت و کیفیت محصول مؤثر است، بنابراین آگاهی از زمان مناسب کشت در هر منطقه برای ارتقای کمی و کیفی محصول حائز اهمیت می‌باشد.

مواد و روش‌ها: از این رو، به منظور بررسی تأثیر تاریخ کاشت و توده‌های مختلف سیاه دانه بر عملکرد و اجزای عملکرد، آزمایشی مزرعه‌ای در سال زراعی ۰۱-۱٤۰۰ در محل مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان اجرا شد. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ٤ تکرار انجام گرفت. تیمارها شامل تاریخ کشت در سه سطح (۱۵ آبان، ۱۵ آذر و ۱۵ دی‌ماه) و توده سیاه‌دانه در سه سطح (ایرانی، سوری و هندی) بود. در این پژوهش صفات مورد مطالعه شامل تعداد شاخه فرعی، کپسول در هر بوته، تعداد کپسول پوک در هر بوته، تعداد دانه در خانه کپسول، تعداد فولیکول، وزن کپسول، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، وزن خشک تک بوته و عملکرد بیولوژیک، اندازه‌گیری، شمارش و ثبت شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد، اثر تاریخ کاشت، توده و اثر متقابل آن‌ها بر اکثر صفات مورد مطالعه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بر اساس نتایج، بیشترین تعداد کپسول سالم و پوک و بیشترین تعداد فولیکول در توده ایرانی مشاهده شد. همچنین بالاترین وزن کپسول، وزن هزاردانه و حداکثر عملکرد دانه به‌ترتیب با میانگین ۰/۲۸۸، ۲/۳۸ گرم و ۹۹٤/۷۵ کیلوگرم در هکتار به توده هندی در تاریخ کشت اول تعلق گرفت. به‌طور کلی در بین توده‌های مورد بررسی، توده هندی به‌دلیل سازگاری با شرایط آب و هوایی منطقه، در اکثر صفات عملکردی در مقایسه با دو توده دیگر بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد.

نتیجه‌گیری: در این تحقیق در سال مورد مطالعه تأخیر در تاریخ کاشت (آذر و دی ماه) موجب کاهش معنی‌دار صفات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد شد و تاریخ کشت اول (۱٤۰۰/۰۸/۱۵) بیشترین اثر مثبت را بر هر سه توده به خود اختصاص داد، بنابراین مناسب‌ترین تاریخ کشت برای سیاه‌دانه در شرایط آب و هوایی گرگان، کشت در آبان ماه بوده که موجب دستیابی به حداکثر عملکرد دانه در توده‌های سیاه‌دانه به‌ویژه توده هندی می‌شود. درنتیجه جهت حصول حداکثر عملکرد، این تاریخ کشت قابل توصیه در شرایط اقلیم شهرستان گرگان می‌باشد.

استناد: میرزایی، محمدمهدی؛ زارع رحمت آباد، زینب. (۱٤۰۳). اثر تاریخ کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد توده‌های مختلف سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) در شرایط آب و هوایی گرگان. *مجله تولید گیاهان زراعی*، ۱۷ (۳)، ۱٦٤-۱٤۳.

DOI: 10.22069/ejcp.2024.22697.2641

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

گرایش روزافزون به استفاده از گیاهان دارویی در جهان، نگرانی‌ها را در مورد فرآیندهای کشت و تولید آن‌ها افزایش داده است (۱). در میان این گیاهان دارویی، سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) گیاهی یک ساله از خانواده Ranunculaceae، گیاهی شگفت انگیز با پیشینه تاریخی است (۲). این گیاه بومی شرق مدیترانه، شمال آفریقا، شبه قاره هند و جنوب غربی آسیا می‌باشد (۳). از زمان‌های قدیم این گیاه به عنوان یک گیاه دارویی شناخته می‌شد که رومیان قدیم آن را Panacea به معنی درمان همه چیز، می‌نامیدند (٤). سیاه‌دانه با نام‌های رازیانه کوچک، گشنیز رومی، زیره سیاه و کنجد سیاه نیز شناخته می‌شود (۵). نام *Nigella* از کلمه لاتین niger به معنای "سیاه" گرفته شده است (٦). جنس سیاه‌دانه شامل ۱۵ گونه است، اما غالباً گونه‌های *N. sativa* و *N. damascena* در مناطق مختلف کشت می‌شوند (۷). دانه‌های این گیاه دارای ارزش اقتصادی قابل توجهی هستند و حاوی ترکیباتی همچون تیموکینون، تیمول، توکوفرول، ترانس رتینول و سلنیوم، روغن‌های ضروری، پروتئین‌ها، آلکالوئیدها، ساپونین و تری‌ترپن محلول در آب است که کاربردهای چند منظوره دارند (۸). این دانه‌ها بیش از ۲۰۰۰ سال به‌عنوان یک افزودنی غذایی و اهداف پزشکی مصرف شده‌اند (۹). ارزش دارویی اسانس آن به دلیل وجود کینون، فنولیک‌ها و آلکالوئیدها است (۱۰). از روغن آن به‌عنوان ضد سرطان (۱۱)، ضد التهاب (۱۲)، آنتی‌اکسیدان (۱۳)، ضد میکروب (١٤) و فعالیت‌های ضد دیابت (۱۵) استفاده می‌شود. اگرچه آمار تولید و تجارت جهانی سیاه‌دانه در دسترس نیست، اما به‌طور متوسط میزان تولید این گیاه در جهان بین ۳۰۰ هزار تا ٤۰۰ هزار تن تخمین زده شده است (١٦). تولیدکنندگان مهم این محصول سریلانکا، بنگلادش، افغانستان، پاکستان، مصر، ایران، عراق، سوریه، ترکیه و اتیوپی می‌باشند (۱۷). هند با ۷۰ درصد از تولید جهانی و با سطح زیرکشت ۹ هزار هکتار به تنهایی ۱۵۰ تا ۲۰۰ هزار تن سیاه‌دانه تولید می‌کند. بهره‌وری این محصول در هند بین ۳۰۰-۵۰۰ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (١٦). طبق آمار رسمی، ترکیه در سال ۲۰۲۲، ۱۰۰۸۹ تن سیاه‌دانه در ۱۰۸۰۲ هکتار تولید نموده است (۱۸). بر اساس گزارش‌های وزارت جهاد کشاورزی، سطح زیرکشت این گیاه دارویی در سال ۱٤۰۰ به دو هزار و ٤۰٦ هکتار رسیده است به‌طوری که سطح زیرکشت این محصول نسبت به دو سال گذشته ده برابر افزایش پیدا نموده و از این میزان سطح زیرکشت ۳۰ هزار تن سیاهدانه تولید شده است. عملکرد متوسط بذر این گیاه در ایران ۸۰۰ کیلوگرم می‌باشد (۱۹). در ایران چندین توده از سیاهدانه از جمله توده‌های اصفهان، مشهد، اراک، سمیرم، محلات و قزوین معرفی شده است (۲۰). توده‌های بومی از این نظر که طی سالیان متمادی قادر به حفظ بقا خود بوده و سازگاری مناسبی با شرایط اقلیمی منطقه دارند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند (۲۱). در حال حاضر جهت کشت سیاه‌دانه از توده‌های بومی هر منطقه استفاده می‌شود و توده سمیرم بهترین توده موجود در بازار داخل کشور است (۲۲).

منابع ژنتیکی، شرایط آب و هوایی و خاک از عوامل اصلی مؤثر بر رشد و نمو گیاهان هستند (۲۳). تأثیر عوامل اکولوژیکی بر عملکرد و کیفیت گیاهان دارویی در مقایسه با سایر گیاهان بیشتر است (٢٤). دماهای بالا به دلیل تغییرات جهانی آب و هوا، عامل اصلی کاهش بیش از ۵۰ درصدی عملکرد محصول هستند (۲۵). در سال‌های اخیر به‌منظور افزایش عملکرد و بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی سیاه‌دانه، تحقیقات گسترده‌ای از جنبه‌های زراعی و اکولوژیکی بر روی این گیاه انجام شده است. محققان در تلاش

برای شناسایی گزینه‌های مدیریتی مناسب برای حفظ بهره‌وری محصول تحت تغییرات شرایط آب و هوایی و درک تأثیر آن بر رشد و عملکرد می‌باشند (۲۶). یکی از مهمترین عوامل مدیریتی در تولید محصولات کشاورزی، انتخاب تاریخ مناسب برای کشت است. تأثیر عوامل محیطی بر مراحل فیزیولوژیکی گیاه موجب می‌شود که تاریخ کاشت از منطقه‌ای به منطقه دیگر و حتی در یک منطقه بسته به تفاوت ژنتیکی میان ارقام متفاوت باشد (۲۷). تاریخ کاشت مطلوب گیاه متأثر از رقم، تراکم، منطقه و شرایط محیطی متفاوت می‌باشد (۲۱). انتخاب تاریخ کشت مناسب، به دلیل استفاده حداکثری از منابع طبیعی در طول فصل رشد بسیار مهم است. تاریخ کشت برای رشد گیاه اهمیت زیادی دارد و با کنترل رشد فنولوژیکی، بر تولید محصول تأثیر می‌گذارد (۲۶). تعیین تاریخ کاشت مناسب نقش مهمی در تطابق مراحل رشد گیاه با شرایط محیطی مطلوب دارد که منجر به حداکثر عملکرد می‌شود. تاریخ کاشت با تأثیرگذاری بر اجزای عملکرد تأثیر قابل توجهی بر عملکرد دانه دارد، به‌طوری که کاشت دیررس باعث کاهش شاخه‌های فرعی و کپسول و در نهایت کاهش قابل توجه عملکرد دانه می‌شود (۲۸). کاشت دیرهنگام، دوره رویشی گیاهان را کوتاه می‌کند و باعث می‌شود گیاه در زمان کوتاه‌تری چرخه زندگی خود را کامل کند و ارتفاع بوته کوتاهی داشته باشد، در حالی که کاشت زودرس باعث ارتفاع بیشتر بوته با دوره رویشی طولانی‌تر می‌شود (۲۹). همچنین تأخیر زیاد در کشت به دلیل کوتاه شدن دوره رشد گیاهان و احتمال همزمانی گلدهی با دماهای بالا اثرات نامطلوبی بر رشد گیاه خواهد داشت (۳۰). در کشت خیلی زود، دمای پایین خاک و خسارت سرمازدگی باعث استقرار ضعیف گیاهان در فصل بهار می‌شود (۳۱). تأثیر عوامل محیطی بر مراحل فیزیولوژیکی گیاهان باعث تفاوت تاریخ کشت در مناطق مختلف حتی در یک منطقه به دلیل تفاوت ژنتیکی ارقام می‌شود. عوامل تعیین کننده برای تاریخ کاشت مطلوب در هر منطقه، دمای مناسب خاک برای جوانه‌زنی، سرعت رشد گیاهان قبل از گلدهی، همزمان نبودن زمان گلدهی با دماهای بالا و خنکی آخر فصل است. از آنجایی‌که تاریخ کشت بر روی استقرار گیاه، کنترل علف‌های هرز، بیماری‌ها و آفات، زمان برداشت و کیفیت محصول مؤثر است، بنابراین آگاهی از زمان مناسب کشت در هر منطقه برای ارتقای کمی و کیفی محصول حائز اهمیت می‌باشد (۳۲). سیاه‌دانه در ایران بصورت پاییزه (نیمه دوم مهر تا نیمه دوم آذر) و بصورت بهاره (نیمه اول اسفند تا نیمه دوم فروردین) با توجه به منطقه و شرایط محیطی کشت می‌شود (۳۳، ۳٤). حداقل، حداکثر و دمای مطلوب برای جوانه‌زنی این گیاه، به‌ترتیب ۸/۷، ۲۱ و ۱۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (۳۵). رضوانی مقدم و مطلق (۲۰۰۷) در بررسی بهترین تاریخ کشت سیاه‌دانه در شهرستان قائنات بیان نمودند، اثر تاریخ کشت بر صفات عملکرد دانه، عملکرد ماده خشک، ارتفاع بوته، وزن هزاردانه، شاخص برداشت، تعداد کپسول در بوته، تأثیر معنی‌داری داشت و بالاترین عملکرد مربوط به کشت سیاه‌دانه در تاریخ ۱۰ و ۲۵ اردیبهشت ماه بود (۲۷). فنایی و همکاران (۲۰۰۷) گزارش نمودند، کاشت پاییزه سیاه‌دانه دارای بالاترین عملکرد بود (۳٦). کیزیل و همکاران (۲۰۰۸) مشاهده نمودند، تاریخ کاشت زمستانه به جای تاریخ کاشت بهاره موجب دستیابی به بالاترین صفات مورفولوژیکی، عملکرد، روغن و اسید لینولئیک، اولئیک، پالمیتیک در سیاه‌دانه می‌شود (۳۷). ال-مک‌وی (۲۰۱۲) در بررسی اثر تاریخ کاشت بر عملکرد سیاه‌دانه نیز بیان نمود، تأخیر در زمان کاشت موجب کاهش سرعت رشد محصول و افزایش درصد فولیکول‌های خالی و ریزش گل‌ها می‌شود که در

نتیجه آن عملکرد دانه کاهش می‌یابد (۲۸). نتایج واثقی و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی اثر چهار تاریخ کاشت بر خصوصیات کمی و کیفی دو توده سیاه‌دانه نشان داد، در بین دو توده، توده اصفهان به‌دلیل سازگاری با شرایط آب و هوایی منطقه، توانست از بهترین عملکرد دانه و درصد روغن در تاریخ کاشت ۲۵ آبان نسبت به توده هند برخوردار باشد (۲۰). گیریدهار و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی تأثیر تاریخ کاشت بر عملکرد و کیفیت سیاه‌دانه در زمستان به این نتیجه رسیدند، کاشت تأخیری باعث کاهش در رشد، فنولوژی و عملکرد دانه می‌شود (۳۸). نتایج پژوهش آل-زبیدی و همکاران (۲۰۲۰) در بررسی واکنش دو توده سیاه‌دانه در تاریخ کشت‌های مختلف در فصل پاییز و بهار نشان داد، از بین چهار تاریخ کشت بهاره، تنها تاریخ اول اسفند در مقایسه با سایر تاریخ‌های کشت دارای برتری بود، به‌طوری‌که عملکرد دانه در تاریخ کاشت دیرتر از ۲۰ اسفند قابل قبول نبود. همچنین این محققان، عملکرد بهتری را در کشت سیاه‌دانه در تاریخ‌های ۱۲ تا ۳۰ آبان نسبت به سایر تاریخ‌های کشت پاییزه گزارش نمودند (۲۳). ولی‌الله و همکاران (۲۰۲۱) در بررسی تأثیر تاریخ کاشت در سیاه‌دانه دریافتند که رشد گیاه، عملکرد و اجزای عملکرد به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تاریخ کاشت قرار گرفتند و نتایج این محققان نشان داد کشت در اول نوامبر در مقایسه با سایر تاریخ‌های کشت موجب دستیابی به حداکثر رشد و عملکرد دانه می‌شود (۳۹). نتایج باروت و همکاران (۲۰۲۳) در بررسی تعیین مناسب‌ترین تاریخ کشت برای ژنوتیپ‌های مختلف سیاه‌دانه در ترکیه نشان داد، عملکرد و اجزاء عملکرد سیاه‌دانه تحت تأثیر ژنوتیپ و تاریخ کشت قرار گرفتند و تأخیر بیش از حد در کاشت موجب تأثیر منفی در رشد و عملکرد شد (٤٠). نتایج سینگ و همکاران (۲۰۲٤) در بررسی هفت توده سیاه‌دانه در هند، برای تعیین بهترین توده با بالاترین عملکرد نشان داد، توده‌ها از نظر عملکرد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند به‌طوری‌که توده Azad kalonji با ۱/۸۵ تن در هکتار حداکثر عملکرد را در مقایسه با سایر توده‌ها به خود اختصاص داد (٤١). دستیابی به عملکرد بالا در سیاه‌دانه از اهمیت اقتصادی بالایی برخوردار است که یکی از فاکتورها برای این امر، انتخاب تاریخ کاشت بهینه و سازگاری توده انتخابی بر اساس شرایط اکولوژیکی هر منطقه است. بنابراین، هدف از این پژوهش بررسی تأثیر تاریخ کاشت و توده‌های مختلف سیاه‌دانه بر عملکرد و اجزای عملکرد آن و انتخاب مناسب ترین تاریخ کاشت و توده، در شرایط آب و هوایی گرگان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر تاریخ کاشت و توده‌های مختلف سیاه‌دانه بر عملکرد و اجزای عملکرد، آزمایشی مزرعه‌ای به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ٤ تکرار در محل مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، با عرض جغرافیایی ۳٦ درجه و ۵۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ٥٤ درجه و ۲۸ دقیقه شرقی در سال زراعی ۰۱-۱٤۰۰ اجرا شد. تغییرات دمایی (دمای حداقل و حداکثر) و بارندگی شهرستان گرگان از آبان ماه ۱٤۰۰ (زمان کاشت سیاه‌دانه) تا خرداد ۱٤۰۱ (زمان برداشت سیاه‌دانه)، در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- تغییرات دمایی (دمای حداقل و حداکثر) و بارندگی در ایستگاه هواشناسی (فرودگاه) گرگان از آبان ۱۴۰۰ تا خرداد ۱۴۰۱

Table 1. Temperature changes (minimum and maximum temperature) and precipitation in Gorgan weather station (airport) from November 2021 to June 2022

ماه	بارندگی Precipitation (mm)	حداکثر دما (°C) Maximum temperature (°C)	حداقل دما (°C) Minimum temperature (°C)	میانگین دما Mean temperature (°C)
آبان November	41.70	18.20	6.80	29.90
آذر December	18.60	18.90	5.20	18.70
دی January	61.00	15.20	2.50	8.85
بهمن February	101.20	14.60	1.60	8.10
اسفند March	59.20	16.90	6.70	11.80
فروردین April	16.80	23.60	9.00	20.20
اردیبهشت May	13.80	28.10	14.40	20.95
خرداد June	9.40	34.30	19.90	21.85
مجموع Sum	691.7			

تیمارها شامل تاریخ کشت در سه سطح (۱۵ آبان، ۱۵ آذر و ۱۵ دی‌ماه) و توده سیاه‌دانه در سه سطح (ایرانی، سوری و هندی) بود. بذور مورد استفاده از مرکز خدمات تخصصی کاشت و فرآوری گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی گلستان تهیه گردید. جهت شناسایی وضعیت خاک محل انجام آزمایش، نمونه مرکب از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری تهیه شد که بر اساس نتایج حاصله از آنالیز خاک در آزمایشگاه، بافت خاک سیلت-لومی، واکنش خاک ۷/٦، کربن آلی ۱/۷ و شوری خاک ۱/۱ تعیین گردید. نقشه آزمایشی پس از عملیات آماده‌سازی شامل شخم، دیسک و تسطیح زمین تهیه شد. ابعاد هر کرت ۲/۵×۱ متر، فاصله بین ردیف‌ها ۲۰ سانتی‌متر، تعداد خطوط کاشت ۵، فاصله بین کرت‌ها ۵۰ سانتی‌متر و فاصله تکرارها یک متر در نظر گرفته شد. کشت بذر بصورت دستپاش انجام شد. میزان بذر مصرفی بر اساس وزن هزار دانه و تراکم مطلوب ۱۰۰ بوته در متر مربع، برای هر کرت معادل ۲۰ کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد. کودهای پایه بر اساس نتایج آزمون خاک بصورت قبل از کاشت و کود اوره به مقدار ۷۵ کیلوگرم در هکتار به‌صورت سرک طی دو مرحله ۸-٦ برگی و شروع غنچه‌دهی استفاده شد. وجین دستی در دو مرحله ٦-٤ و ۱۰-۸ برگی گیاه و کلیه عملیات داشت از قبیل آبیاری بر اساس نیاز آبی گیاه و همچنین مبارزه با آفات و بیماری‌ها در طول فصل رشد انجام گردید. جهت اندازه‌گیری عملکرد ماده خشک کل و عملکرد دانه، پس از رسیدگی و نمو کامل بوته‌ها (بر اساس ظهور علائمی همچون زرد شدن و خشک شدن بوته‌ها و ریزش برگ‌ها، کرمی رنگ شدن کپسول‌ها و سفت و سیاه شدن بذور) به وسیله کادر یک متر مربعی از وسط هر کرت و با فاصله از ردیف‌های کناری (حذف اثرحاشیه‌ای)، برداشت انجام شد. به‌منظور بررسی اجزاء عملکرد از هر کرت تعداد ۱۰ بوته به طور تصادفی انتخاب (به جز ردیف‌های کناری) و برای هر ۱۰ بوته اندازه‌گیری صفات صورت گرفت. صفات مورد مطالعه شامل تعداد شاخه جانبی، تعداد کپسول

در هر بوته، تعداد کپسول پوک در هر بوته، تعداد دانه در خانه کپسول، تعداد فولیکول، وزن کپسول، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، وزن خشک تک بوته و عملکرد بیولوژیک بود. پس از اندازه‌گیری صفات یاد شده، تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه 9.4) و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد انجام شد و نمودارها در محیط Excel ترسیم گردید.

نتایج و بحث

از نظر آماری اثر توده، تاریخ کشت و اثر متقابل توده در تاریخ کشت تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر تعداد شاخه جانبی سیاه‌دانه داشت (جدول ۲). با توجه به اینکه اثرات متقابل برخی صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار شدند، از روش برش‌دهی استفاده شد. برش‌دهی اثر متقابل تاریخ کاشت در توده نشان داد که با تأخیر در کشت، تعداد شاخه جانبی در سیاه‌دانه کاهش می‌یابد. همچنین این نتایج نشان داد، در هر سه سطح تاریخ کشت، نوع توده سیاه‌دانه نیز اثر معنی‌داری بر تعداد شاخه جانبی دارد، به‌طوری که حداکثر تعداد شاخه‌های جانبی با میانگین ۱٤/۷۵ و ۱۳/۸۷ به‌ترتیب در توده‌های ایرانی و سوری کشت شده در ۱۵ آبان مشاهده شد (جدول ۳). جوادی هدایت آباد (۲۰۱۲) در بررسی اثر تاریخ کشت بر توده‌های سیاه‌دانه در شرایط مشهد، تفاوت معنی‌داری را در بین توده‌ها از نظر تعداد شاخه جانبی گزارش نمود، به‌طوری که توده گناباد در نتایج این محقق بیشترین شاخه جانبی را به‌خود اختصاص داد (۲۱). جوادی هدایت‌آباد و همکاران (۲۰۱۵) نیز کمترین تعداد انشعابات در سیاه‌دانه را در آخرین تاریخ کاشت مشاهده نمود (٤۲). احتمالاً مناسب بودن شرایط محیطی به‌ویژه نور و درجه حرارت در تاریخ کشت آبان موجب شده تا گیاه تعداد شاخه فرعی بیشتری را تولید نماید (۳۳). کشت زود هنگام به همراه افزایش دوره رشد گیاهان منجر به افزایش شاخه‌های جانبی می‌شود (۱). همچنین موسوی (۲۰۱۱) گزارش نمود، تأخیر در کشت به دلیل شرایط نامناسب محیطی به ویژه دما و نور خورشید موجب کاهش شاخه‌های فرعی در سیاه‌دانه می‌شود (٤۳).

جدول ۲- تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد سیاه‌دانه تحت تاریخ‌کشت‌های مختلف

Table 2. Analysis of variance yield and yield components of black cumin under different sowing date

منابع تغییرات SOV	درجه آزادی df	میانگین مربعات mean squares				
		تعداد شاخه جانبی No. of branches per plant	تعداد کپسول در هر بوته No. of capsule per plant	تعداد کپسول پوک در هر بوته No. hollow capsule per plant	تعداد دانه در فولیکول No. seed per follicle	تعداد فولیکول در کپسول No. follicle per capsule
بلوک Block	3	0.28 ^{ns}	2.03^{ns}	0.15^{ns}	1.74 ^{ns}	0.16 ^{ns}
توده variety	2	150.66**	6.84*	89.58**	7.61**	1.87**
تاریخ کشت Sowing date	2	76.25**	939.92**	20.50**	1.42 ^{ns}	0.05^{ns}
تاریخ کشت ×توده variety×Sowing date	4	10.31**	20.16**	50.66**	1.87 ^{ns}	0.09^{ns}
خطای آزمایش Error	24	0.35	2.60	0.16	1.26	0.09
ضریب تغییرات C.V.(%)		6.92	6.17	7.96	7.63	4.68

^{ns} غیر معنی‌دار. * و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح پنج درصد و یک درصد

^{ns}: Non significant, * and ** significant at the 5% and 1% probability levels, respectively

ادامه جدول ۲- تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد سیاه‌دانه تحت تاریخ‌کشت‌های مختلف

Continue Table 2. Analysis of variance yield and yield components of black cumin under different sowing date

منابع تغییرات SOV	درجه آزادی df	میانگین مربعات mean squares				
		وزن کپسول weight of capsule	وزن هزار دانه 1000-seed weight	عملکرد دانه Seed yield	وزن خشک تک بوته Dry weight per plant	عملکرد بیولوژیک Biological yield
بلوک Block	3	0.00^{ns}	0.00^{ns}	0.22 ^{ns}	0.21^{ns}	23.80 ^{ns}
توده variety	2	0.03**	0.26**	5395.94**	6.62**	4645.44**
تاریخ کشت Sowing date	2	0.00 **	0.05 **	877.46**	269.90**	152787.44**
تاریخ کشت ×توده variety×Sowing date	4	0.00**	0.00 **	169.16**	12.43**	3431.61**
خطای آزمایش Error	24	0.00	0.00	0.50	0.67	32.30
ضریب تغییرات C.V.(%)		2.97	1.65	1.21	6.93	0.91

^{ns} غیر معنی‌دار. * و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح پنج درصد و یک درصد

^{ns}: Non significant, * and ** significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد سیاه‌دانه پس از برش‌دهی اثرات متقابل تاریخ کاشت ×توده

Table 3. Mean comparison of yield and yield components of black cumin after slicing interaction effects of sowing date and variety

تاریخ کشت Sowing date	توده variety	تعداد شاخه جانبی No. of branches per plant	تعداد کپسول پوک در هر بوته No. hollow capsule per plant	تعداد دانه در فولیکول No. seed per follicle
آبان November	ایرانی Iranian	14.75 ^{a}	3.91 ^{a}	14.73 ^{ab}
	سوری Syrian	13.87 ^{a}	3.86 ^{a}	14.15 ^{b}
	هندی Indian	5.50 ^{b}	0.91 ^{b}	15.85 ^{a}
آذر December	ایرانی Iranian	10.55 ^{a}	5.68 ^{a}	14.56^{a}
	سوری Syrian	9.95 ^{a}	4.62 ^{b}	15.10 ^{a}
	هندی Indian	4.00 ^{b}	1.77 ^{c}	15.24 ^{a}
دی January	ایرانی Iranian	7.70 ^{a}	11.29 ^{a}	13.01 ^{b}
	سوری Syrian	7.28 ^{a}	10.75 ^{a}	14.21 ^{ab}
	هندی Indian	4.22 ^{b}	3.25 ^{b}	15.81 ^{a}

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Mean fallowed by similar letters at each column, are not significantly different at the 5% probability level.

ادامه جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد سیاه‌دانه پس از برش‌دهی اثرات متقابل تاریخ کاشت ×توده

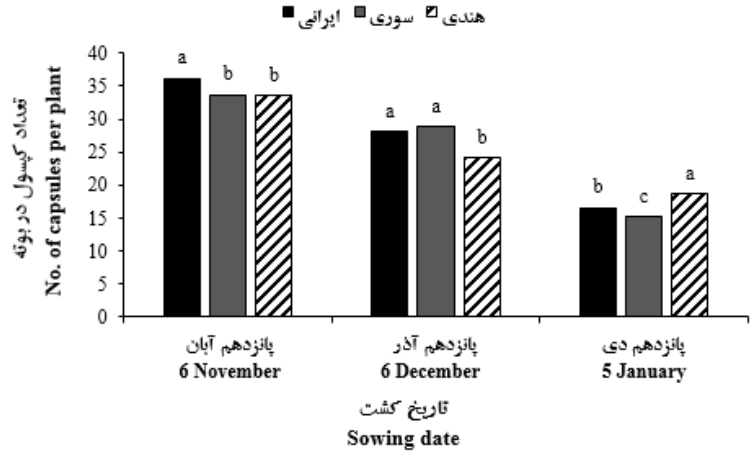
Continue Table 3. Mean comparison of yield and yield components of black cumin after slicing interaction effects of sowing date and variety

تاریخ کشت Sowing date	توده variety	تعداد فولیکول در کپسول No. follicle per capsule	وزن کپسول weight of capsule (g)	وزن هزار دانه 1000-seed weight (g)	وزن خشک تک بوته Dry weight per plant (g)
آبان November	ایرانی Iranian	6.66 a	0.20 c	1.86 c	17.93 a
	سوری Syrian	6.61 a	0.22 b	2.02 b	15.76 b
	هندی Indian	5.83 b	0.28 a	2.38 a	16.45 ab
آذر December	ایرانی Iranian	6.83 a	0.18 c	1.78 c	12.11 b
	سوری Syrian	6.63 ab	0.20 b	1.88 b	13.91 a
	هندی Indian	6.01 b	0.28 a	2.26 a	9.02 c
دی January	ایرانی Iranian	6.74 a	0.18 b	1.54 c	6.40 b
	سوری Syrian	6.33 ab	0.18 b	1.66 b	7.67 a
	هندی Indian	6.05 b	0.28 a	2.24 a	7.63 a

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Mean fallowed by similar letters at each column, are not significantly different at the 5% probability level.

نتایج تجزیه واریانس تعداد کپسول در هر بوته نشان داد، این صفت در سطح احتمال پنج درصد تحت تأثیر تیمار توده و در سطح یک درصد تحت تأثیر تاریخ کشت و اثر متقابل تاریخ کشت در توده قرار گرفت (جدول ۲). بر اساس نتایج برش‌دهی اثرات متقابل (شکل ۱)، با تأخیر در کاشت، میانگین تعداد کپسول در بوته کاهش قابل ملاحظه‌ای داشت. همچنین با استناد به این شکل، در بین توده‌های سیاه‌دانه در هر سه سطح تاریخ کشت، از نظر تعداد کپسول در بوته، تفاوت معنی‌داری مشاهده می‌شود. به‌طور کلی حداکثر تعداد کپسول (۳۶/۱۶) در توده ایرانی و تاریخ کشت اول مشاهده شد (شکل ۱). با توجه به‌این‌که سیاه‌دانه گیاهی گل انتهایی و رشد محدود است و گل و میوه فقط در انتهای هر شاخه تشکیل می‌شود (۳۳)، بنابراین تعداد کپسول در بوته از تعداد شاخه‌های گل‌دهنده تبعیت می‌کند و از آنجایی که توده ایرانی بیشترین تعداد شاخه جانبی را در مقایسه با ارقام مورد مطالعه داشت، بنابراین انتظار می‌رود، بیشترین تعداد کپسول را نیز دارا باشد. از طرفی تاریخ کاشت نیز بر روی تعداد کپسول در بوته تأثیر دارد و دلیل کاهش تعداد کپسول در تاریخ‌های دیرکشت می‌تواند به‌دلیل کوتاه شدن دوره رشد رویشی و کاهش در تعداد شاخه‌های گل‌دهنده باشد (۴۲). این یافته توسط رهنورد و همکاران (۲۰۱۰) و صادقی و همکاران (۲۰۰۹) تأیید شد (۴۴، ۴۵). این محققان حداکثر تعداد کپسول در بوته را در کاشت زودهنگام گزارش نمودند. راسم و همکاران (۲۰۰۵) نیز بیان نمودند که تأخیر در کاشت به‌طور قابل توجهی باعث کاهش کپسول در بوته می‌شود (۴۶).



شکل ۱- اثر توده و تاریخ کاشت بر تعداد کپسول در بوته سیاه‌دانه

Figure 1. Effect of variety and sowing date on No. of capsule per plant of black cumin

تعداد کپسول پوک در هر بوته در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تیمار توده، تاریخ کاشت و اثر متقابل توده در تاریخ کاشت قرار گرفت (جدول ۲). پس از برش‌دهی اثرات متقابل مشخص شد، تعداد کپسول پوک تحت تأثیر تاریخ کشت قرار گرفته و بیشترین میزان این صفت در تاریخ دی‌ماه در ارقام ایرانی و سوری به‌ترتیب با میانگین ۱۱/۲۹ و ۱۰/۷۵ مشاهده شد (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد که افزایش تعداد کپسول پوک در تاریخ کشت‌های دیرهنگام می‌تواند به‌علت مواجه شدن با شرایط نامناسب آب و هوایی و برخورد دوره گل‌دهی گیاه با درجه حرارت بالا باشد که در شرایط گرم‌تر موجب کاهش تلقیح گل‌ها و افزایش درصد کپسول‌های پوک شود (۳٤). در پژوهش واثقی و همکاران (۲۰۱۳) نیز بیشترین کپسول پوک در تیمار آخرین تاریخ کاشت به‌دست آمد (۲۰).

تفاوت توده‌ها از نظر صفت تعداد دانه در فولیکول در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. ولی اثر تاریخ کاشت و اثر متقابل توده در تاریخ کاشت بر صفت مذکور معنی‌دار نبود (جدول ۲). پس از برش‌دهی اثرات متقابل مشاهده شد، توده‌ها از نظر تعداد دانه در فولیکول تنها در تاریخ کشت ۱۵ آذر تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. بر این اساس بیشترین تعداد دانه در فولیکول در هر سه سطح تاریخ کشت، متعلق به توده هندی بود. تعداد دانه در فولیکول در توده هندی در تاریخ‌های مختلف کاشت از ۱۵/۸۵-۱۵/۲٤ متغیر بود (جدول ۳). در نتایج جوادی‌هدایت آباد (۲۰۱۲) نیز تعداد دانه در فولیکول به‌صورت معنی‌داری تحت تأثیر توده قرار گرفت و توده گناباد و نیشابور به‌ترتیب بیشترین و کمترین تعداد دانه در فولیکول را دارا بودند (۲۱). نتایج بررسی فراوانی و همکاران (۲۰۰٦) نیز نشان داد، تعداد دانه در فولیکول تحت تأثیر توده قرار می‌گیرد. در نتایج این محققان توده‌های بومی سیاه‌دانه از نظر این صفت تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند (٤۷). مطالعات متعددی تفاوت توده‌های سیاه‌دانه را از نظر تعداد دانه در فولیکول گزارش نموده‌اند. میانگین تعداد دانه در فولیکول در نتایج شاه (۲۰۱۱) ۱٦/٤٥، در نتایج تنک‌تورک و همکاران (۲۰۰۵)، ۹/٤۸ تا ۱٤/٦٥ و در نتایج شاه (۲۰۰٦) ۱۵/۲٦ تا ۱٦/۵۰ گزارش شده است (٤۸، ٤۹، ۵۰). نتایج پژوهش حق و همکاران (۲۰۱۵) نیز نشان داد، تعداد دانه در فولیکول از نظر ژنتیکی کنترل می‌شود (۳۵).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، تنها اثر توده بر تعداد فولیکول در کپسول در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). برش‌دهی اثرات متقابل برای تعداد فولیکول نشان داد، بین توده‌ها در هر سه سطح تاریخ کشت، از نظر این صفت، تفاوت معنی‌داری مشاهده می‌شود. به‌طور کلی بیشترین تعداد فولیکول در هر سه تاریخ کشت، در ارقام ایرانی و سوری مشاهده شد (جدول ۳). نتایج پژوهش واثقی و همکاران (۲۰۱۳) نشان داد، صفت تعداد فولیکول در کپسول تحت تأثیر تیمار توده قرار گرفته و در نتایج این محققان تعداد فولیکول در توده اصفهان بیشتر از توده هندی بود (۲۰). همچنین نتایج جوادی هدایت‌آباد (۲۰۱۲) نشان داد، تعداد فولیکول در کپسول به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمار توده قرار گرفت و بیشترین و کمترین تعداد فولیکول به‌ترتیب متعلق به توده گناباد و سبزوار بود. به‌نظر این محققان بهبود رشد رویشی گیاه در توده گناباد توانسته بود مخازن زایشی را به نحو مناسبی تأمین نماید و به‌دنبال آن تعداد فولیکول بیشتری را تولید کند (۲۱). در این پژوهش نیز ارقام سوری و ایرانی تعداد شاخه‌های جانبی بیشتر و در نتیجه رشد رویشی بهتری نسبت به توده هندی داشتند، لذا از تعداد فولیکول بیشتری نیز برخوردار بودند (جدول ۳).

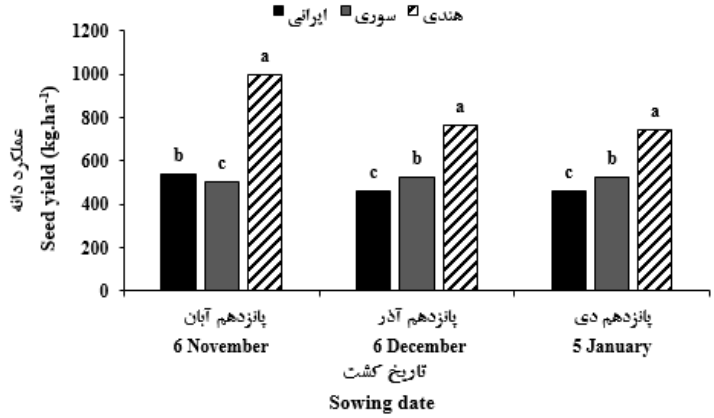
اثر توده‌های سیاه‌دانه، تاریخ‌های مختلف کاشت و اثر متقابل این دو تیمار، وزن کپسول را در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر قرار داد (جدول ۲). برش‌دهی اثر متقابل برای میانگین وزن کپسول نشان داد، با تأخیر در کاشت، میانگین این صفت در توده‌های ایرانی و سوری کاهش یافت، به‌طوری‌که حداکثر میانگین وزن کپسول (۰/۲۸) در هر سه تاریخ کشت، در توده هندی مشاهده شد (جدول ۳).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد، وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر توده‌های سیاه‌دانه، تاریخ کاشت و برهم‌کنش تاریخ کاشت با توده قرار گرفت (جدول ۲). طبق نتایج برش‌دهی اثرات متقابل، در تمامی سطوح تاریخ کشت، بین توده‌ها تفاوت معنی‌داری از نظر وزن هزار دانه وجود داشت و همچنین این نتایج نشان داد، با تأخیر در کاشت، میانگین وزن هزار دانه به‌طور قابل توجهی کاهش می‌یابد. حداکثر میانگین وزن هزار دانه (۲/۳۸ گرم) در تاریخ کشت ۱۵ آبان متعلق به توده هندی بود (جدول ۳). به‌طور کلی رشد دانه تحت تأثیر دو مؤلفه سرعت رشد و طول دوره پر شدن دانه است که این دو مؤلفه تا حدودی تحت تأثیر توارث ژنتیکی توده قرار دارند (۲۰). البته تغییر شرایط محیطی نیز می‌تواند روی هر یک از دو جزء تأثیر قابل توجهی بر جای گذارد (۵۱). نتایج پژوهش جوادی هدایت‌آباد (۲۰۱۲) نشان داد، وزن هزاردانه در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر توده‌های مورد مطالعه قرار گرفت و توده‌های نیشابور و گناباد به‌ترتیب بیشترین و کمترین وزن هزار دانه را دارا بودند (۲۱). نتایج پژوهش فراوانی و همکاران (۲۰۰٦) نیز نشان داد، توده‌های بومی سیاه‌دانه از نظر وزن هزاردانه تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند (٤۷). یافته‌های سایر محققان نیز حاکی از تفاوت معنی‌دار وزن هزار دانه در توده‌های مختلف بود (۳۵). تنک‌تورک و همکاران (۲۰۱۱) وزن هزار دانه را ۲/۲۸ گرم گزارش کردند (٤۹). همچنین وزن هزار دانه در نتایج شاه و همکاران، (۲۰۰٦) ۲/٤۵ تا ۲/۵۰ گرم گزارش شد (۵۰). در نتایج تانسر و کیزیل (۲۰۰٤) وزن هزار دانه ۱/۷۹ تا ۱/۸۹ گرم به‌دست آمد (۵۲). ساردویی و همکاران (۲۰۱۱) نیز وزن هزار دانه سیاه‌دانه را ۵ تا ۷ گرم گزارش نمودند (۵۳). باری (۲۰۰۷) دلیل تفاوت وزن هزار دانه را در توده‌های مختلف سیاه‌دانه، ویژگی ژنتیکی توده دانست (۵٤). تغییرات وزن هزار دانه علاوه بر ویژگی ژنتیکی بذر به شرایط محیطی از جمله درجه حرارت، وجود یا عدم

وجود تنش آبی به‌ویژه در مرحله گل‌دهی و غیره وابسته است که موجب می‌شود، گیاه مواد فتوسنتزی را در تعداد متفاوتی دانه ذخیره نماید که در نتیجه این امر تغییرات وزن هزار دانه حاصل می‌شود (۲۷). کاهش وزن هزار دانه این گیاه در تاریخ کشت‌های دیرکشت می‌تواند به‌دلیل کاهش طول دوره هر یک از مراحل نموی باشد. در تاریخ کشت‌های دیر هنگام در مقایسه با زودهنگام، مدت زمان پر شدن دانه کاهش و سرعت پر شدن دانه افزایش می‌یابد، در نتیجه دانه‌ها چروکیده و وزن هزار دانه کاهش پیدا می‌کند (۲۰). رضوانی مقدم و مطلق (۲۰۰۷) در پژوهشی گزارش نمودند، تاریخ کاشت بر وزن هزار دانه سیاه‌دانه اثر معنی‌داری دارد (۲۷). یافته‌های رهنورد و همکاران (۲۰۱۰)، صادقی و همکاران (۲۰۰۹) و راسم و همکاران (۲۰۰۵) حاکی از کاهش وزن هزار دانه با تأخیر در تاریخ کاشت بود (٤٤، ٤٥، ٤٦). همچنین نتایج مالهوترا و واشیشتا (۲۰۰۸) نشان داد، حداکثر وزن هزار دانه در تاریخ کشت اول یعنی ٢٤ مهر ماه حاصل شد (۵۵).

وزن کل خشک تک‌بوته سیاه‌دانه تحت تأثیر نوع توده، تاریخ کشت و اثر متقابل این دو عامل قرار گرفت (جدول ۲). بر اساس نتایج جدول برش‌دهی اثر متقابل، میانگین وزن کل خشک تک بوته با تأخیر در کاشت تغییراتی نشان داد، به‌طوری‌که تاریخ کشت ۱۵ دی در توده ایرانی نسبت به تاریخ کشت ۱۵ آبان ٦٤/۳۰ درصد کاهش، در توده سوری ۵۱/۳۳ درصد کاهش و در توده هندی ۵۳/٦۱ درصد کاهش داشت (جدول ۳). مطالعات نشان داده‌اند تأخیر در کاشت موجب کاهش در پارامترهای رشدی از جمله تعداد برگ، شاخص سطح برگ و تعداد شاخه‌های جانبی می‌شود و این کاهش موجب کاهش ظرفیت فتوسنتزی و تولید مواد فتوسنتزی و درنتیجه کاهش تجمع ماده خشک گیاه می‌شود (۳٦، ٥٦، ۳۹). گنجعلی و یادگاری (۲۰۰۸) کاهش معنی‌داری در شاخص سطح برگ، پارامترهای رشدی و وزن خشک با تأخیر در کاشت سیاه‌دانه گزارش نمودند (۵۷).

اثر توده، تاریخ کاشت و اثر متقابل توده در تاریخ کاشت، عملکرد دانه را در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر قرار داد (جدول ۲). پس از برش‌دهی اثرات متقابل مشخص شد، با تأخیر در کشت، عملکرد دانه در توده‌های ایرانی و هندی کاهش قابل توجهی پیدا نمود. به‌طور کلی، حداکثر عملکرد دانه در توده هندی با میانگین ۹۹٤/۷۵، ۷٦۱/۳۲ و ۷٤۳/۹۷ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب در ۱۵ آبان، ۱۵ آذر و ۱۵ دی مشاهده شد (شکل ۲). بر اساس نتایج این پژوهش، این توده با وجود کمتر بودن تعداد فولیکول از بالاترین عملکرد برخوردار بود (جدول ۳). مطالعات نشان داده است، تعداد فولیکول در کپسول با وزن هزاردانه رابطه منفی و معنی‌داری دارد. به‌طوری‌که با کاهش تعداد فولیکول در کپسول، وزن هزاردانه، تعداد دانه در فولیکول و نهایتاً عملکرد دانه افزایش می‌یابد (۵۸).



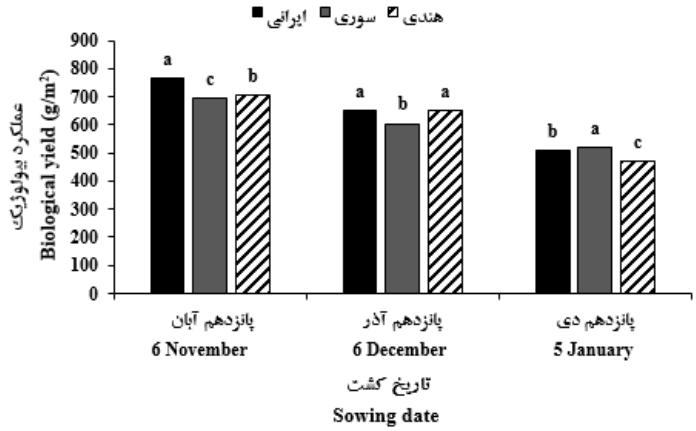
شکل ۲- اثر توده و تاریخ کاشت بر عملکرد دانه سیاه‌دانه

Figure 2. Effect of variety and sowing date on seed yield of black cumin

نتایج پژوهش بزدمیر و همکاران (۲۰۲۲) در بررسی عملکرد و برخی خصوصیات زراعی، مورفولوژیکی و کیفی ۳۱ ژنوتیپ مختلف سیاه‌دانه نشان داد، عملکرد دانه تحت تأثیر ژنوتیپ‌های مورد آزمایش قرار گرفت، به‌طوری‌که میزان عملکرد دانه در نتایج این محققان، بین ۱۹٤/۵ تا ۵۰۵/۹ کیلوگرم در هکتار متغیر بود (۵۹). کارا و همکاران (۲۰۱۵) اثرات پنج ژنوتیپ مختلف سیاه‌دانه را بر عملکرد دانه بررسی نمودند، نتایج این محققان نشان داد، عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه به‌طور معنی‌داری متفاوت بود و بیشترین عملکرد دانه در توده Usak به‌دست آمد (٦۰). پژوهش‌های ارتاس (۲۰۱٦)، کیلیک و عرباسی (۲۰۱٦) و کوثر و اوزل (۲۰۱۸) حاکی از تفاوت معنی‌دار عملکرد دانه در توده‌های مختلف سیاه‌دانه بود (٦۱، ٦۲، ٦۳). عبدالرحیمی و همکاران (۲۰۱۲) عملکرد دانه در سیاه‌دانه را تا ۲/۱۵ تن در هکتار گزارش نمودند (٦٤). در مورد اثر تاریخ کاشت بر عملکرد دانه، یافته‌های رهنورد و همکاران (۲۰۱۰)، صادقی و همکاران (۲۰۰۹) و ساردویی و همکاران (۲۰۱۱) حاکی از کاهش عملکرد دانه در تاریخ کشت‌های دیرهنگام بود (٤٤، ٤۵، ۵۳). نتایج پژوهش گنجعلی و یادگاری (۲۰۰۸) نشان داد، تاریخ‌های مختلف کاشت تأثیر معنی‌داری بر رشد و عملکرد سیاه‌دانه دارد. این محققان کاهش معنی‌داری در عملکرد دانه در کاشت دیرهنگام سیاه‌دانه گزارش نمودند (۵۷). عملکرد دانه بالاتر در تاریخ‌کاشت‌های زودهنگام ممکن است به دلیل افزایش مواد فتوسنتزی توسط شاخص سطح برگ و رشد بالاتر محصول در تاریخ کشت‌های زودهنگام (هفته دوم مهر تا هفته اول آبان) باشد (۳۸). نتایج پژوهش مالهوترا و واشیشتا (۲۰۰۸) نشان داد، تاریخ کاشت بر تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و عملکرد دانه تأثیر معنی‌داری دارد. همچنین این محققان عملکرد دانه بالاتر (۸۸٤ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد دانه پایین‌تر (۵۱۰ کیلوگرم در هکتار) را به‌ترتیب در تاریخ کشت‌های زودهنگام و تاریخ‌کشت دیرهنگام گزارش نمودند. از نظر این محققان کاشت در هفته دوم اکتبر (اواسط مهرماه) برای رشد و عملکرد بهینه سیاه دانه مناسب می‌باشد (۵۵). نتایج محمود و همکاران (۲۰۱۲) و صادقی و همکاران (۲۰۰۹) نیز نشان داد، کاشت زودتر سیاه‌دانه در مقایسه با کاشت دیرتر منجر به عملکرد بیشتر دانه می‌شود (٤۵، ٦۵). همچنین نتایج پژوهش حق و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی تاریخ کاشت ژنوتیپ‌های مختلف سیاه‌دانه نشان داد، عملکرد سیاه‌دانه در کاشت‌های زودهنگام (۲۵ مهر تا ۱۱ آبان) بهتر از کاشت‌های دیرهنگام بود. در نتایج

این محققان بالاترین عملکرد دانه ۲/٦٥ تن در هکتار از محصول کشت شده در اول نوامبر حاصل شد (۳۵). در حال حاضر متوسط عملکرد دانه سیاه‌دانه در ایران ۸۰۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (۱۹)، بنابراین بر اساس نتایج پژوهش حاضر، انتخاب توده هندی و تاریخ کشت آبان موجب بهبود و افزایش عملکرد این محصول خواهد گردید.

اثر توده، تاریخ کشت و برهم‌کنش آن‌ها در سطح احتمال یک درصد عملکرد بیولوژیک را تحت تأثیر قرار دادند (جدول ۲). نتایج برش‌دهی اثر متقابل نشان داد، بالاترین عملکرد بیولوژیک هر سه توده در تاریخ کشت ۱۵ آبان مشاهده شد. تأخیر در تاریخ کشت (۱۵ دی نسبت به ۱۵ آبان) موجب کاهش ۳۳/۷۵ درصدی در عملکرد بیولوژیک توده ایرانی، ۲۵/۲۰ درصدی در عملکرد بیولوژیک توده سوری و ۳۳/٦۸ درصدی در عملکرد بیولوژیک توده هندی شد (شکل ۳). در نتایج واثقی و همکاران (۲۰۱۳) عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر تیمارهای توده و تاریخ کاشت در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت. در نتایج این محققان مشخص شد، عملکرد بیولوژیک توده اصفهان بیشتر از توده هندی بود (۲۰). نتایج جوادی هدایت‌آباد (۲۰۱۲) در بررسی توده‌های سیاه‌دانه به زمان کاشت در مشهد، حاکی از اثر معنی‌دار تاریخ کشت و توده بر عملکرد بیولوژیک بود. این محققان بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک را به‌ترتیب در تاریخ کاشت اول و چهارم گزارش نمودند، به‌طوری‌که کاشت تأخیری در مقایسه با تاریخ کشت اول، عملکرد بیولوژیک را ٤۹ درصد کاهش داد (۲۱). به‌نظر می‌رسد، تأخیر در کشت موجب کاهش عملکرد بیولوژیکی به‌دلیل کاهش رشد گیاه در برخورد با شرایط نامساعد و کاهش دوره رشد و نمو گیاه می‌شود (۲۷). تأخیر در کشت منجر به کاهش دوره رشد، کاهش برگ‌ها و کاهش سطح فتوسنتز گیاه می‌شود که در نهایت منجر به کاهش اندام‌های هوایی و زیست‌توده در سیاه‌دانه می‌شود (۳٦). دی‌آنتونیو و همکاران (۲۰۰۲) نیز گزارش نمودند، عملکرد بیولوژیک سیاه‌دانه با تأخیر در زمان کاشت کاهش می‌یابد (٦٦). در نتایج جوادی (۲۰۰۹) بیشترین عملکرد بیولوژیک از تاریخ کاشت‌های اول و دوم به‌ترتیب با میانگین ۱۸۲۹/۹ و ۱٤۹۲/٦ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. به‌نظر این محققان، مساعد بودن شرایط محیطی به‌ویژه نور و درجه حرارت در تاریخ کاشت‌های اول و دوم موجب شده گیاه در مرحله رشد رویشی از این شرایط به‌طور بهینه استفاده نماید و تولید مواد فتوسنتزی خود را افزایش داده و در نتیجه عملکرد بیولوژیک بالاتری داشته باشد (۳۳).



شکل ۳- اثر توده و تاریخ کاشت بر عملکرد بیولوژیک سیاه‌دانه

Figure 3. Effect of variety and sowing date on biological yield of black cumin

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق، توده‌های مورد مطالعه از نظر اکثر صفات عملکردی تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد نشان دادند. توده هندی دارای بالاترین میزان تعداد دانه در خانه کپسول، وزن کپسول، وزن هزار دانه و عملکرد دانه بود. همچنین نتایج این پژوهش نشان داد، تاریخ کشت اول (۱۴۰۰/۰۸/۱۵) بیشترین اثر مثبت را برای هر سه توده به خود اختصاص داد. بنابراین برای دستیابی به حداکثر عملکرد دانه، این تاریخ کشت قابل توصیه در شرایط آب و هوایی شهرستان گرگان می‌باشد.

References

1. Safaei, Z., Azizi, M., Davarynejad, G., & Aroiee, H. (2017). The effect of planting seasons on quantitative and qualitative characteristics of black cumin (*Nigella sativa* L.). *Journal of Medicinal Plants and By-products, 1*, 27-33.
2. Hannan, M.A., Rahman, M. A., Sohag, A.A.M., Uddin, M.J., Dash, R., Sikder, M.H., Rahman, M. S., Timalsina, B., Munni, Y.A., & Sarker, P.P. (2021). Black cumin (*Nigella sativa* L.): A comprehensive review on phytochemistry, health benefits, molecular pharmacology, and safety. *Nutrients, 13*, 1784. https://doi.org/10.3390/nu13061784
3. Alemaw, G., Abebe, A., Bisrat, D., Yeshanew, A., Regassa, D., & Tensay, F. (2010). Registration of plant varieties. *Ethiopian Journal Agricultural Sciences, 20*, 179-194
4. Padhye, S., Banerjee, S., Ahmad, A., Mohammad, R., & Sarkar, F.H. (2008). From here to eternity – the secret of Pharaohs: Therapeutic potential of black cumin seeds and beyond. *Cancer Therapeutics, 6*, 495–510.
5. Hossain, M.S., Sharfaraz, A., Dutta, A., Ahsan, A., Masud, M.A., Ahmed, I.A., Goh, B.H., Urbi, Z., Sarker, M.M.R., & Ming, L.C. (2021). A review of ethnobotany, phytochemistry, antimicrobial pharmacology and toxicology of *Nigella sativa* L. *Biomedicine & Pharmacotherapy, 143*, 112182. https://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.112182.
6. Sadiq, N., Subhani, G., Fatima, S.A., Nadeem, M., Zafer, S., & Mohsin, M. (2021). Antidiabetic effect of *Nigella sativa* compared with metformin on blood glucose levels in streptozotocin induced diabetic albino wistar rats. *International Journal of Basic Clinical Pharmacology, 10*, 361-367. https://dx.doi.org/10.18203/2319-2003.ijbcp20211016.
7. Can, M., Katar, D., Katar, N., Bagci, M., & Subasi, I. (2021). Yield and fatty acid composition of black cumin (*Nigella sativa* L.) populations collected from regions under different ecological conditions. *Applied Ecology and Environmental Research*, *19*, 1325-1336.http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1902_13251336
8. Ozyazici, G. (2020). Yield and quality of black cumin (*Nigella sativa* L.) according to leonardite and nitrogen doses. *Applied Ecology and Environmental Research, 18*, 7057-7075. http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1805_70577075
9. Sabriu-Haxhijaha, A., Popovska, O., & Mustafa, Z. (2020). Thin-Layer chromatography analysis of *Nigella sativa* essential oil. *Journal of Hygiene Engineering, 31*, 152-156. (https://keypublishing.org/ jhed/wpcontent/uploads/2020/11/13.-Full-paper-Arita-SabriuHaxhijaha.pdf)
10. Ojueromi, O. O., Oboh, G., & Ademosun, A. O. (2022). Black seed (*Nigella sativa*): a favourable alternative therapy for inflammatory and immune system disorders. *Inflammopharmacology, 30*, 1623-1643. https://doi.org/10.1007/s10787-022-010356
11. Malik, S., Singh, A., Negi, P., & Kapoor, V.K. (2021). Thymoquinone: A small molecule from nature with high therapeutic potential. *Drug Discovery Today, 26*, 2716-2725. https://doi.org/10.1016/j.drudis.2021.07.013
12. Noël Nyemb, J., Shaheen, H., Wasef, L., Nyamota, R., Segueni, N., & Batiha, G.E.S. (2022). Black cumin: A review of its pharmacological effects and its main active constituent. *Pharmacognosy Reviews, 16*(32), 107-125. http://dx.doi.org/10.5530/phrev.2022.16.16

13. Hwang, J.R, Cartron, A. M., & Khachemoune, A. (2021). A review of *Nigella sativa* plant-based therapy in dermatology. *International Journal Dermatology*, *60*, 493-499. https://doi.org/10.1111/ijd.15615.
14. Alshwyeh, H.A., Aldosary, S.K., Ilowefah, M.A., Shahzad, R., Shehzad, A., Bilal, S., Lee, I.J., Mater, J.A.A., Al-Shakhoari, F.N., & Alqahtani, W.A. (2022). Biological potentials and phytochemical constituents of raw and roasted *Nigella arvensis* and *Nigella sativa*. *Molecules, 27*(550), 1-10. https://doi.org/10.3390/molecules27020550.
15. Akhtar, M.T., Qadir, R., Bukhari, I., Ashraf, R.A., Malik, Z., Zahoor, S., Murtaza, M.A., Siddique, F., Shah, S.N.H., & Saadia, M. (2020). Antidiabetic potential of *Nigella sativa* L. seed oil in alloxaninduced diabetic rabbits. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, *19*, 283-289.https://doi.org/10.4314/tjpr.v19i2.10.
16. Dessie, A.B., Abate, T.M., Adane, B.T., Tesfa, T., & Getu, S. (2020). Estimation of technical efciency of black cumin (*Nigella sativa* L.) farming in northwest Ethiopia: a stochastic frontier approach. *Economic Structures, 9*(18), 1-14. doi.org/10.1186/s40008-020-00198-1.
17. Krishnan, P.T.A., Singh, D., Singh, V., & Bahadur, V. (2022). Arietal evaluation of black cumin (*Nigella sativa* L.) in prayagraj agro-climatic conditions. *International Journal of Environment and Climate Change*, *12*(11), 1603-1609.
18. Ekren, S., Paylan, I.C., & Gokcol, A. (2023) Seed quality improvement applications in black cumin seeds (*Nigella sativa* L.). *Frontiers in Sustainable Food Systems, 7*, 1-9. doi: 10.3389/fsufs.2023.1212958
19. Soltanieh, M., Talei, D., & Nejatkhah, P. (2023). Evaluation of growth, yield and yield components responses of black cumin (*Nigella sativa* L.) to nitrogen and methanol under drought stress. *Environmental Stresses in Crop Sciences, 16*(3), 587-601.
20. Vaseghi, A., Ghanbari, A., Heydari, M., & Davazdahemami, S. (2013). Effect of sowing date and growing season on agronomical characters of isfahanian and indian black cumin. *Journal of grop echophysiology, 7(4),* 373-392.
21. Javadi Hedayat Abad, F. (2012). Response of black seed (*Nigella sativa* L.) ecotypes to planting dates under Mashhad conditions. MSc thesis of Faculty of Agriculture. Ferdowsi University of Mashhad. 106 Pp (In Persian).
22. Safaei, Z. (2014). The research on the effect of sowing data, organic fertilizers and anti-transpirants compounds, irrigation intervals on quality and quantitative characteristics of black cumin (*Nigella sativa* L.). MSc thesis of Faculty of Agriculture. Ferdowsi University of Mashhad. 137 Pp (In Persian).
23. Al-Zubaidy, A. M. A., Ghafoor, B. S., & Rasul, A. A. (2020). The performance of two species of black cumin (*Nigella sativa* L.) and (*Nigella arvensis* L.) under different sowing dates in spring and autumn at hallabja governorate /iraqi kurdistan region. *Ibn Al Haitham Journal for Pure and Applied Science, 33*(3), 1-10. Doi: 10.30526/33.3.2465
24. Yasar, S. (2005). Determinatıon of fixed and essential oil contents and soil characteristic of some perennial medical plants that grow naturally in the campus of Cukurova University. Department of Biology Institute of Natural and Applied Sciences University of Cukurova. MSc Thesis, 43.
25. Mahajan, M., Kuiry, R., & Pal, P. K. (2020). Understanding the consequence of environmental stress for accumulation of secondary metabolites in medicinal and aromatic plants. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants, 18*, 1-10. https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2020.100255
26. Kalra, N., Chakraborty, D., Sharma, A., Rai, H., Jolly, M., Chander, S., Kumar, P. R., Bhadraray, S., Barman, D., & Mittal, R. (2008). Effect of increasing temperature on yield of some winter crops in northwest India. *Current Science, 94*(1), 82-88. (http://www.jstor.org/stable/24102032)
27. Rezvani Moghaddam, P., & Motlagh, M.A. (2007). Effect of sowing date and plant density on yield and yield components of black cumin in Ghaenat city condition. *Journal of Pajouhesh and Sazandegi in Natural Resources, 76*, 62-68. (In Persian).

28. El-Mekawy, M.A.M. (2012). Influence of planting date on growth and yield of *Nigella sativa* L. *J Agricultural Environmental Science*, *12,* 499-505.
29. Mehmood, A., Naveed, K., Azeem, K., Khan, A., Ali, N., & Khan, S.M. (2018). 10. Sowing time and nitrogen application methods impact on production traits of Kalonji (*Nigella sativa* L.). *Pure and Applied Biology (PAB), 7*, 476-485. http://dx.doi.org/10.19045/bspab.2018.70060
30. Davazdah Emami, S., & Majnoon Hossein, N. (2008). Cultivation and production of some medicinal and spice plants. Tehran University Press. 300 p.
31. Borna, F., Omidbaigi, R., & Sefidkon, F. (2007). The effect of sowing dates on growth, yield and essential oil content of *Dracoceph alummoldavica* L. *Journal Medicinal and Aromatic Plants*, 3, 307-322.
32. Dorry, M.A. (2006). Effects of seed rate and plantin dates on seed yield and yield components of Plantago ovata in dry farming. *Journal Medicinal and Aromatic Plants, 22*, 262-269
33. Javadi, H. (2009). Effect of planting dates and nitrogen rates on yield and yield components of black cumin (*Nigella Sativa* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*, *6*(1), 59-66.
34. Rezvani, H., Fazlikakhki, S. F., Azimi Atrakleh, R., & Zavar, S. (2023). Effect of sowing date and plant density on yield and yield components of black cumin (*Nigella sativa* L.) in Gorgan. *Applied Research in Field Crops, 36*(2), 1-18. (in Persian)
35. Haq, M.Z., Hossain, M.M., Haque, M.M., Das, M.R., & Huda, M.S. (2015). Blossoming characteristics in black cumin genotypes in relation seed yield influenced by sowing time. *American Journal of Plant Sciences, 6*, 1167-1183. http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2015.68121
36. Fanaei, H.R., Akbarimoghadam, H.G., Keigha, A., Ghaffarie, M., & Alli, A. (2007). Evaluation of Agronomy and Essential Oil Components of *Cuminum cyminum* L., Foeniculum vulgar e Mill and *Nigella sativa* L. in the Condition of Sistan region. *Journal Medicinal and Aromatic Plants, 22*, 31-44
37. Kizil, S., Kirici, S., Çakmak, O., & Khawar, M. (2008). Effects of sowing periods and P application rates on yield and oil composition of black cumin (*Nigella sativa* L.). *Journal of Food Agriculture Environment, 6*, 242-246
38. Giridhar, K., Reddy, G.S., Kumari, S.S., Kumari, A.L., & Sivasankar, A. (2017). Influence of sowing window and plant density on growth, phenology, yield and quality of *Nigella sativa* L. in Coastal Humid Tropic. *International Journal Current Microbiology and Applied Sciences, 6(9),* 499-512
39. Waliullah, M.D., Hossain, M., & Rahman, H. (2021). Influence of sowing dates and sowing methods on growth and seed yield of black cumin (*Nigella sativa* L.). *Journal of Tropical Crop Science, 8*(2), 124-134.
40. Barut, M., Cavdar, A.S., Tansı, L.S., & Karaman, Ş. (2023). Yield and quality traits of black cumin (*Nigella sativa* L.) genotypes in response to the different sowing dates. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 11*(12), 2276-2287.
41. Singh, N., Singh, D., & Wesley, C.J. (2024). Genetic variability of black cumin (*Nigella sativa* L.) under climatic condition of prayagraj. *International Journal of Plant & Soil Science*, 36(6), 763–769. https://doi.org/10.9734/ijpss/2024/v36i64681
42. Javadi Hedayat Abad, F., Nazemi, A., Kafi, M., & Shabahang. J. (2015). Effect of sowing time on yield of black cumin (*Nigella sativa* L.) ecotypes under Mashhad conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *12*(4), 632-640.
43. Moosavi, S.G.R. (2011). Effects of different sowing dates and plant densities on yield and agronomic traits of fennel, is abgol and roselle in Birjand, Iran. Final report of research design in Islamic Azad University, Birjand Branch, Birjand, Iran.
44. Rahnavard, A., Sadeghi, S., & Ashrafi, Z.Y. (2010). Study of sowing date and plant density effect on black cumin (*Cuminum curvi*) Yield in Iran. *Biological Diversity and Conservation, 3*, 23-27
45. Sadeghi, S., Rahnavard, A., & Ashrafi, Z.Y. (2009). Study importance of sowing date and plant density effect on black cumin (*Cuminum* carvi) Yield. *Botany Research International, 2,* 94-98.

46. Rasem, G.H., Ndaf, M., & Sefidkan, F. (2005). Effect of planting date and plant density on seed yield and yield components of anise. *Journal of Research and Development*, *75*, 128-133.
47. Faravani, A., Razavi, A.R., & Farsi, M. (2006). Study of variation in some agronomic and anatomic characters of Nigella sativa landraces in Khorasan. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 22*(3), 193-197.
48. Shah, S.H. (2011). Gibberellic acid induced amelioration of salt stress in black cumin (*Nigella sativa* L.). *Genetics and Plant Physiology*, *1*, 65-78.
49. Tuncturk, M., Tuncturk, R., & Yıldırım, B. (2011). The effects of varying phosphorus doses on yield and some yield components of black cumin (*Nigella Sativa* L.). *Advances in Environmental Biology, 5*, 371-374.
50. Shah, S.H., Ahmed, I., & Samiullah. (2006). Effect of gibberellic acid spray on growth, nutrient uptake and yield attributes during various growth stages of black cumin (*Nigella sativa* L.). *Asian Journal of Plant Sciences, 5*, 881-884. http://dx.doi.org/10.3923/ajps.2006.881.884
51. Askari, A., Hashemi Dezfouli, A., & Mazaheri, D. (2002). Effect of sowing date on limitation of wheat genotypes source after flowering. *Journal of Plant and Seed, 18,* 32-48. (In Persian).
52. Toncer, O., & Kizil, S. (2004) Effect of seed rate on agronomic and technologies characters of *Nigella sativa* L. *International Journal of Agriculture and Biology, 6*, 529-532.
53. Sardooyi, A.M., Shirzadi, M.H., & Naghavi, H. (2011) Effect of planting date and plant density on yield and yield components of green cumin (*Cuminum cyminum* L.). *Middle-East Journal of Scientific Research, 9,* 733-777
54. Bari, K. (2007). Cultivation method of Bari Kalozira-1. leaflet of spices research station, publication No. Folder 10/2007, Bangladesh Agricultural Research Institute, Sibganj, Bogra
55. Malhotra, S.K., & Vashishtha, B.B. (2008). Response of nigella (Nigella sativa L) variety NRCSS AN 1 to different agrotechniques. *Journal of Spices and Aromatic Crops, 17* (2), 190-193.
56. Jafari, A. (2013). The evaluation effects of plant density and sowing dates on yield and yield components of black cumin (*Nigella sativa*) under Ilam climate condition. In Proceedings of 2nd National Congress on Medicinal Plants, 15 -16 May 2013, Tehran- Iran.
57. Ganjali, H., & Yadegari, M. (2008). Evaluation yield components and essence of *nigella sativa* with different time of cultivation and density. Proceedings of 5th International Crop Science Congress held at Jeju, April 13-18. Korea.
58. Salamati, M.S., & Zeiali, H. (2013). Evaluation of genetic diversity of som *Nigella sativa* L. genotypes using Agro-morphological characteristics. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 29*(1), 201-214.
59. Bozdemir, C., Bagdat, R.B., Subasi, I., Akci, N., & Cinkaya, N. (2022). Determination of yield and quality characteristics of various genotypes of black cumin (*Nigella Sativa* L.) cultivated through without fertilizers. *International Journal of Life Sciences and Biotechnology, 5*(3), 386-406. DOI: 10.38001/ijlsb.1111198
60. Kara, N., Katar, D., & Baydar, H. (2015). Yield and quality of black cumin (*Nigella sativa* L.) populations: the effect of ecological conditions. *Field Crops, 20*(1), 9-14
61. Ertaş, M.E. (2016). Tokat kazova ekolojik koşullarında kışlık ve yazlık ekilen çörek otu (*Nigella* sp.) genotiplerinin agronomik ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek lisans Tezi G.O.P. Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Tokat.
62. Kılıç, C., & Arabacı, O. (2016). The effect of different sowing times and seed rate on the yield and quality of black cumin (*Nigella sativa* L.). *Journal of Adnan Menderes University Agricultural Faculty*, *13*(2), 49–56. (in Turkish with an abstract in English)
63. Koşar, İ., & Özel, A. (2018). Çörekotu (*Nigella sativa* L.) Çeşit ve Popülasyonlarının Karakterizasyonu: I. Tarımsal Özellikler. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 22* (4), 533-543.
64. Abdolrahimi, B., Mehdikhani, P., &Tappe, A.H.G. (2012). The Effect of harvest index, yield and yield components of three varieties of black seed (*Nigella sativa*) in different planting densities. *International Journal of Agricultural Sciences, 2*, 93-101.

65. Mahmood, T., Idress, M., Aslam, M., Rehman, H.S., Akram, H.M., Sattar, A., Abbas, S., & Ferdosi, M.F.H. (2012). Growth and yield attributes of black cumin (*Nigella sativa* L.) as affected by sowing dates and methods. *Mycopathology, 10,* 83–86.
66. D'Antuono, F.A., Moretti, A., & Lovato, W. (2002). Seed yield, yield components, oil content and essential oil content and composition of *Nigella sativa* and *Nigella domascena* L. *Journal Industrial Crops Products*, *15*(1), 59-69.