دانش کشاورزی و تولید پایدار

Journal of Agricultural Science and Sustainable Production
Volume 36, Issue 1, 2026, Pages 211-225

Journal URL: https://sustainagriculture.tabrizu.ac.ir
Online ISSN: 2476-4329

Effect of Planting Date on Phenology and Morphological Traits of different Varieties of Black Cumin

Zeinab Zare Rahmat Abad[1*], Mohammad Mehdi Mirzaei[2], Faezeh Zaefarian[3]

Received: 24 August 2024	Accepted: 12 December 2024

1- Former PhD Student in Plant Pathology, Dept. of Plant Protection, Gorgan Agricultural Sciences and Natural Resources University
2- PhD. Student of Agronomy, Dept. of Agronomy, Faculty of Crop Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
3- Assoc. Prof., Dept. of Agronomy, Faculty of Crop Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
Corresponding Author E-mail: zarezeinab3@gmail.com

Abstract

Background & Objectives: Black cumin is a medicinal and widely used plant worldwide and possesses considerable economic value. Previous studies have indicated that delayed sowing negatively affects the growth and yield of this plant; therefore, determining the optimal sowing time in each region is crucial for improving both the quantitative and qualitative traits of the crop. Therefore, the present study was conducted with the aim of investigating the effect of planting date on some phenology and morphological traits of different black cumin varieties.

Materials and Methods: This experiment is carried out in the Agriculture and Natural Resources Research and Education Center of Goldstein Province in the crop year 2022-2023 in a factorial in the form of a randomized complete block design in four replications. Treatments included three planting dates (6 November, 6 December, and 5 January) and three populations (Iranian, Indian, and Syrian). In this research, several traits were evaluated, including the number of days to emergence, the number of days from two- to four-leaf stage, the number of days to budding, the number of days to flowering, the number of days to physiological maturity, the number of days to full maturity, plant height, lateral branch distance, number of capsules per branch, number of capsules per plant, number of seeds per capsule, capsule weight, and seed yield per plant.

Results: The results showed that the varieties were significantly different in terms of the number of days to blooming, number of days to flowering, number of days to physiological, number of days to ripening, plant height, distance of lateral branches from the ground, number of capsules per branch, capsule weight, and seed yield. The highest plant height (104.33 cm), Height of the lowest branch (45.72 cm), and maximum number of seeds per capsule (99.34) were recorded in the Iranian variety, and the lowest growth period length (178.50 days) and maximum seed yield per plant (5.52 g) were recorded for the Indian variety. Also, the sowing date affected all phenology and morphological traits except capsule weight at a probability level of 1%, so that the highest number of seeds per capsule and maximum seed yield per plant were observed on the sowing date of November.

Conclusion: The results of this research showed that with a delay in planting, the phenological and morphological characteristics of the plant decreased, so that the minimum and maximum average of the studied traits were obtained from the date of planting on 6 January and 6 December, respectively.

Keywords: Black Cumin, Golestan Province, Length of Growing Period, Sowing Delay, Seed Yield

This is an open-access article under the CC BY NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/)
Copyright@ 2026 Zeinab Zare Rahmat Abad E-mail: zarezeinab3@gmail.com
https://doi.org/10.22034/saps.2024.63123.3271

نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار
جلد ۳۶، شماره ۱، بهار ۱۴۰۵، صفحات ۲۲۵-۲۱۱

دانش کشاورزی و تولید پایدار

اثر تاریخ کاشت بر برخی صفات فنولوژیک و مورفولوژیک توده‌های مختلف سیاه‌دانه

زینب زارع رحمت آباد [۱*]، محمد مهدی میرزایی [۲]، فائزه زعفریان [۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۰۳	تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۲۲

۱- دانشجوی سابق دکتری بیماری‌شناسی گیاهی، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده تولیدات گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲- دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری. ایران
۳- دانشیار، گروه زراعت، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری. ایران

چکیده

مقدمه و اهداف: سیاه‌دانه گیاهی دارویی و پر مصرف در سراسر جهان است که دارای ارزش اقتصادی قابل توجهی می‌باشد. مطالعات نشان داده‌اند که تأخیر در کشت، تأثیر منفی بر رشد و عملکرد این گیاه دارد و در نتیجه آگاهی از زمان مناسب کشت در هر منطقه برای ارتقای کمی و کیفی محصول حائز اهمیت است. بنابراین پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر تاریخ کاشت بر برخی صفات فنولوژیک و مورفولوژیک توده‌های مختلف سیاه‌دانه انجام شد.

مواد و روش‌ها: این آزمایش در محل مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. تیمارها شامل تاریخ کاشت در سه سطح (۱۵ آبان، ۱۵ آذر و ۱۵ دی) و توده‌های سیاه‌دانه در سه سطح (ایرانی، هندی و سوری) بودند. در این پژوهش صفاتی مانند تعداد روز تا سبزشدن، تعداد روز از دو تا چهاربرگی شدن، تعداد روز تا غنچه‌دهی، تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، تعداد روز تا رسیدگی کامل، ارتفاع بوته، فاصله شاخه جانبی، تعداد کپسول در هر شاخه، تعداد کپسول در هر بوته، تعداد دانه در هر کپسول، وزن کپسول و عملکرد دانه در هر بوته مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد، توده‌ها از لحاظ صفات تعداد روز تا غنچه‌دهی، تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، تعداد روز تا رسیدگی کامل، ارتفاع بوته، فاصله شاخه جانبی از زمین، تعداد کپسول در هر شاخه، وزن کپسول و عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری داشتند. بیشترین ارتفاع بوته (۱۰۴/۳۳ سانتی‌متر)، فاصله شاخه جانبی از سطح زمین (۴۵/۷۲ سانتی‌متر) و حداکثر تعداد دانه در کپسول (۹۹/۳۴) در توده ایرانی و کوتاه ترین طول دوره رشد (۱۷۸/۵۰ روز) و حداکثر عملکرد دانه در بوته (۵/۵۲ گرم) برای توده هندی ثبت گردید. تاریخ کاشت نیز تمامی صفات بجز وزن کپسول را در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر قرار داد، به‌طوری‌که بالاترین تعداد دانه در کپسول (۹۵/۸۵) و حداکثر عملکرد دانه در بوته (۳/۵۱ گرم) در تاریخ کشت آبان ماه مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: نتایج این پژوهش نشان داد، با تأخیر در کاشت، خصوصیات فنولوژیکی و مورفولوژیکی گیاه روند نزولی پیدا می‌کند، به‌طوری‌که حداقل و حداکثر میانگین صفات مورد مطالعه به ترتیب از تاریخ کشت ۱۵ دی و ۱۵ آبان حاصل شد.

واژه های کلیدی: تأخیر در کشت، زیره سیاه، طول دوره رشد، عملکرد دانه، استان گلستان

مقدمه

سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) که با نام زیره سیاه (Black cumin) نیز شناخته می‌شود، یکی از مهمترین گونه‌های دارویی متعلق به خانواده Ranunculacea است که به طور طبیعی در جنوب غربی آسیا و منطقه مدیترانه رشد می‌کند (تیلاکاراتنا و همکاران ۲۰۱۸؛ هنان و همکاران ۲۰۲۱). ۱۵ گونه (*Nigella orientalis, N. sativa, N. oxypetala, N. latisecta, N. segetalis, N. arvensis, N. damascena, N. elata, N. nigellastrum, N. unguicularis, N. lancifolia*) از جنس سیاهدانه در جهان وجود دارد، با این حال تنها حدود هشت گونه از آن در مناطق مختلف ایران کشت می‌شوند (گل‌پرور و همکاران ۲۰۱۴؛ بایدر ۲۰۱۳؛ هروت و همکاران ۲۰۱۷). این گیاه از قدیم الایام برای مصارف مختلف مورد استفاده قرار گرفته است. دانه و روغن آن صدها سال است که در طب سنتی به ویژه در آسیا و آفریقا استفاده می‌شود (عبدالرحیمی و همکاران ۲۰۱۲؛ کن و همکاران ۲۰۲۱). روغن دانه این گیاه دارای ترکیبات مهمی از جمله اسیدهای آمینه، ساپونین‌ها، آلکالوئیدها و اسیدهای چرب اشباعی همچون اسید میریستیک، پالمیتیک و استئاریک است (گولو و آوسی ۲۰۱۳؛ اوزیازیکی ۲۰۲۰). در طب امروزی از دانه‌های آن به دلیل اثر محرک، در درمان بیماری‌های مختلف استفاده می‌شود و این گیاه جایگاه مهمی را در طب به خود اختصاص داده است (تیلاکاراتنا و همکاران ۲۰۱۸). هند، سریلانکا، بنگلادش، افغانستان، پاکستان، مصر و ایران از تولیدکنندگان مهم سیاه‌دانه هستند (کریشنان و همکاران ۲۰۲۲). در ایران سیاه‌دانه در نقاطی مانند اراک، کرمانشاه، اصفهان و... کشت می‌شود (گل‌پرور و همکاران ۲۰۱۴). همانطور که مشخص است عوامل زیادی در بهبود رشد و عملکرد سیاه‌دانه در واحد سطح نقش دارند (کاتر و کاتر ۲۰۱۷). این عوامل به‌طور کلی به دو دسته عوامل درونی و بیرونی تقسیم می‌شوند. عوامل درونی توسط ترکیب ژنتیکی گیاهان کنترل می‌شوند (کن و همکاران ۲۰۲۱). بنابراین، عملکرد و رشد و نمو گیاهان با ویژگی‌های ارثی مختلف متأثر از ژن‌های آن‌ها متفاوت است (حسین و همکاران ۲۰۰۶). سیاه‌دانه به طور کلی در شرایط دیم کشت می‌شود و این شرایط به دلیل بارندگی محدود، نیاز به رقابت با علف‌های هرز و غیره، اغلب منجر به کاهش عملکرد دانه و کاهش کیفیت سیاه‌دانه می‌شود. این امر می‌تواند عملکرد و کیفیت را به دلیل تنوع در ویژگی‌های ژنتیکی و اکولوژیکی در مناطق مختلف کشت تغییر دهد. بنابراین تنوع ژنتیکی از نظر عملکرد و ویژگی‌های کیفی سیاه‌دانه بسیار مهم است و درنتیجه یکی از مهم‌ترین عوامل برای دستیابی به عملکرد و کیفیت بالاتر در کشاورزی، انتخاب ژنوتیپ مناسب، متناسب با منطقه است. جمعیت گیاهان بومی عموماً با شرایط منطقه سازگاری بهتری دارند. بنابراین باید میزان عملکرد و پتانسیل کیفی این جمعیت‌ها در شرایط مختلف اکولوژیکی مشخص شود. تأثیر توده‌های سیاه‌دانه بر عملکرد، اجزای عملکرد و صفات کیفی توسط برخی محققین مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج بررسی کان و همکاران (۲۰۲۱) نشان داد، بین توده‌ها از نظر تمامی صفات عملکرد و اجزاء عملکرد تفاوت معنی‌داری وجود دارد، به‌طوری‌که میانگین عملکرد دانه بین توده‌ها از ۳۴۰ تا ۸۶۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. عبدالرحیمی و همکاران (۲۰۱۲) و حسینیا و همکاران (۲۰۱۸) نیز از لحاظ صفات عملکردی در بین توده‌های مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری را مشاهده نمودند. سلامتی و زینلی (۲۰۱۳) نیز تنوع ژنتیکی و روابط بین صفات مورفولوژیکی را در ۲۱ توده (*Nigella sativa* L.) در ایران بررسی نمودند. طی بررسی این محققان، عملکرد دانه از ۶۳/۳۴ گرم در توده شیراز تا ۱۴۷/۳۶ گرم در توده زابل متغیر بود. علاوه بر انتخاب ژنوتیپ مناسب، برای تولید موفق هر محصول، زمان مناسب کاشت نیز به‌ویژه برای تولید بذر بسیار مهم است (حق و همکاران ۲۰۱۵). تاریخ کاشت یکی از مهمترین عوامل زراعی دخیل در تولید محصولات ریز دانه است که بر زمان و مدت مراحل رویشی و زایشی تأثیر می‌گذارد (ولی‌الله و همکاران ۲۰۲۱). رشد و عملکرد در چرخه زندگی گیاه ثابت است، اما زمان صرف شده برای یک مرحله رشد خاص تحت تأثیر عوامل محیطی، عمدتاً

دما، افزایش/کاهش طول روز (دوره نوری) و پارامترهای هواشناسی مانند دمای خاک و هوا، گرما، رطوبت و بارش و غیره قرار می‌گیرد (کایاستین ۲۰۲۰). مطالعات نشان داده‌اند، تاریخ کاشت عامل اصلی تأثیر مستقیم بر رشد، عملکرد و کیفیت است (فهیم و همکاران ۲۰۱۷). تغییر در زمان کاشت منجر به تغییر قابل توجهی در پارامترهای آب و هوایی و در نتیجه عملکرد محصول می‌شود (سلیمانی و همکاران ۲۰۱۱). زمان کاشت، رشد فنولوژیکی محصول و تولید کل زیست توده را همراه با تبدیل کارآمد زیست توده به عملکرد اقتصادی کنترل می‌کند (خیچار و نیواس ۲۰۰۶). سیاه‌دانه یک گیاه روز بلند است، بنابراین تعامل با زمان کاشت در موفقیت این محصول بسیار مهم است (ملافیلابی و همکاران ۲۰۰۹). زمان کاشت، رشد سیاه‌دانه را کنترل می‌کند که بر تولید بذر تأثیر می‌گذارد (شرنگی و رویچودهاری ۲۰۱۴). کوتاه شدن چرخه رشد میزان تابش جذب شده در طول فصل رشد و در نتیجه وزن‌خشک کل گیاه را کاهش می‌دهد (موسوی و همکاران ۲۰۱۲؛ کلیم و همکاران ۲۰۱۱). با تأخیر در کاشت، توسعه تسریع می‌شود و در نتیجه وزن بذر و تعداد کپسول در بوته کاهش می‌یابد (موسوی ۲۰۱۴). دمای مطلوب برای جوانه زنی سیاه‌دانه ۱۶/۱۹ درجه سانتی‌گراد تا ۲۲/۱۴ درجه سانتی‌گراد است (سعیدنژاد و همکاران ۲۰۱۲). مطالعات نشان داده است، ۵۰ درصد گلدهی، کپسول‌دهی و برداشت، به طور قابل توجهی تحت تأثیر ژنوتیپ و تاریخ کاشت قرار می‌گیرد (حق و همکاران ۲۰۱۵). ال‌مکوی (۲۰۱۲) و فهیم و همکاران (۲۰۱۷) گزارش نمودند، کاشت زودهنگام همیشه نسبت به کاشت دیرهنگام برتری دارد. در نتایج محمود و همکاران (۲۰۱۲) نیز مشخص شد، کاشت‌های زودرس برای عملکرد سیاه‌دانه بهترین بودند. صادقی و همکاران (۲۰۰۹) گزارش نمودند، که کاشت زودرس در مقایسه با دیررس منجر به عملکرد بیشتر دانه می‌شود. آل-زبیدی و همکاران (۲۰۲۰) نیز، عملکرد بهتری را در کشت سیاه‌دانه در تاریخ‌های کشت زودرس (۱۲ تا ۳۰ آبان) نسبت به تاریخ‌های کشت دیرهنگام گزارش نمودند. ولی‌الله و همکاران (۲۰۲۱) بیان نمودند، عملکرد و اجزای عملکرد سیاه‌دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تاریخ کشت قرار می‌گیرد و کشت در اول نوامبر در مقایسه با سایر تاریخ‌های کشت موجب حصول حداکثر رشد و عملکرد دانه می‌شود. در پژوهشی دیگر توسط باروت و همکاران (۲۰۲۳) گزارش شد، ژنوتیپ و تاریخ کشت، عملکرد و اجزاء عملکرد سیاه‌دانه را تحت تأثیر قرار دادند. نتایج این محققان نشان داد، تأخیر بیش از حد در کاشت موجب تأثیر منفی در رشد و عملکرد می‌شود. با این حال، کاشت زودهنگام برای بیماری مطلوب بوده و منجر به گلدهی زودرس و در نتیجه کیفیت پایین بذر می‌شود (شرنگی و رویچودهاری ۲۰۱۴). بنابراین هدف از این مطالعه بررسی تأثیر تاریخ کاشت بر صفات فنولوژیک و مورفولوژیک توده‌های مختلف سیاه‌دانه و انتخاب مناسب ترین تاریخ کاشت و توده، در شرایط اقلیمی استان گلستان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر تاریخ کاشت بر صفات فنولوژیک و مورفولوژیک توده‌های مختلف سیاه-دانه، در محل مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ انجام شد. این پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار اجرا شد که تیمارها شامل تاریخ کشت در سه سطح (۱۵ آبان، ۱۵ آذر و ۱۵ دی‌ماه) و توده سیاه‌دانه نیز در سه سطح (ایرانی، سوری و هندی) بود. به‌منظور تعیین وضعیت خاک محل انجام آزمایش، قبل از انجام آماده‌سازی و اجرای نقشه 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 ۷/۶، کربن آلی ۱/۷ و شوری خاک ۱/۱ تعیین گردید. پس از عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک و تسطیح زمین، نقشه آزمایشی تهیه شد که بر اساس این نقشه، ابعاد هر کرت ۲/۵×۱ متر، فاصله بین ردیف‌ها ۲۰سانتی-متر، تعداد خطوط کاشت ۵، فاصله بین کرت‌ها ۵۰ سانتی‌متر و فاصله تکرارها یک متر در نظر گرفته شد. بذور مورد استفاده از جهاد دانشگاهی استان گلستان تهیه و به میزان ۵ گرم برای هر کرت، به‌صورت دستپاش کشت شدند. کودهای مورد نیاز بر اساس نتایج آزمون

خاک بصورت سرک به مقدار ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود اوره طی دو مرحله ۸-۶ برگی و شروع غنچه‌دهی استفاده گردید. وجین دستی در دو مرحله ۶-۴ و ۱۰-۸ برگی گیاه، آبیاری بر اساس نیاز آبی گیاه و همچنین مبارزه با آفات و بیماری‌ها در طول فصل رشد انجام شد. در این پژوهش صفاتی مانند تعداد روز تا سبزشدن، تعداد روز از دو تا چهاربرگی شدن، تعداد روز تا غنچه‌دهی، تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، تعداد روز تا رسیدگی کامل، ارتفاع بوته، فاصله شاخه جانبی، تعداد کپسول در هر شاخه، تعداد کپسول در هر بوته، تعداد دانه در هر کپسول، وزن کپسول و عملکرد دانه در هر بوته مورد بررسی قرار گرفت. یادداشت‌برداری مراحل رشدی یا فنولوژیکی هفته‌ای ۲ بار و ورود به هر مرحله فنولوژیکی بر اساس مشاهده رسیدن ۸۰ درصد بوته‌ها به آن مرحله در نظر گرفته شد (امیرمرادی و رضوانی‌مقدم ۲۰۱۱). به‌منظور بررسی صفات مورفولوژیک، از هر کرت تعداد ۱۰ بوته به طور تصادفی انتخاب (به جز ردیف‌های کناری) و برای هر ۱۰ بوته اندازه‌گیری صفات صورت گرفت. 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 پنج درصد انجام شد و نمودارها در محیط Excel ترسیم گردید.

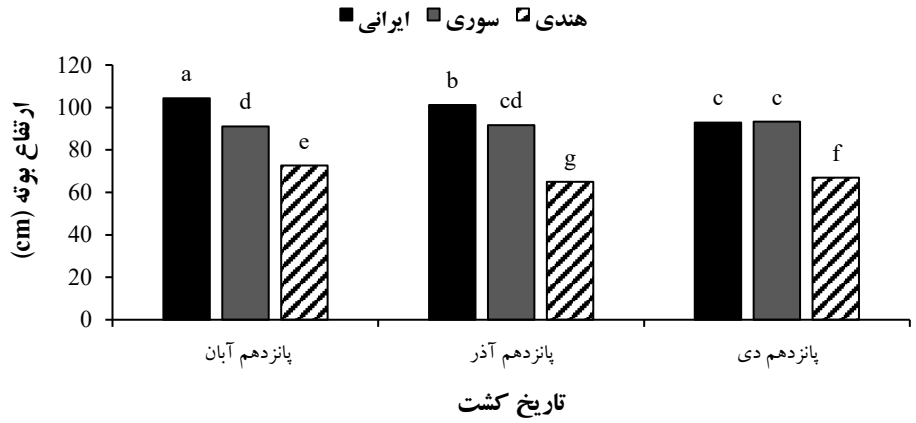
نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس حاصل از تأثیر توده و تاریخ کاشت بر صفات فنولوژیکی سیاه‌دانه در جدول ۱ ارائه شده است. بر اساس نتایج این جدول تفاوت توده‌ها از لحاظ تعداد روز تا غنچه‌دهی، تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک و تعداد روز تا رسیدگی کامل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. با مشاهده نتایج مقایسه میانگین اثر ساده نوع توده، این طور به‌نظر می‌رسد که توده هندی کمترین تعداد روز تا غنچه‌دهی (۱۲۵/۰۸ روز)، تعداد روز تا گلدهی (۱۴۰/۵۸ روز)، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (۱۹۰/۱۶ روز) و تعداد روز تا رسیدگی کامل (۱۹۹/۸۳ روز) را به‌خود اختصاص داد، در حالی‌که بین دو توده ایرانی و سوری از لحاظ این صفات تفاوتی مشاهده نشد. جوادی هدایت آباد (۱۳۹۰) نیز تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد، از نظر طول دوره رشد در اکوتیپ‌های سیاه‌دانه مشاهده نمود، به‌طوری‌که بیشترین طول دوره رشد متعلق به اکوتیپ گناباد و کمترین آن متعلق به اکوتیپ نیشابور بود. نتایج بررسی شسلیمان و همکاران (۲۰۲۱) نیز نشان داد، ژنوتیپ‌های مختلف به‌طور معنی‌داری تعداد روزهای شروع غنچه‌دهی و گلدهی را تحت تأثیر قرار دادند. این محققان دلیل این تفاوت را پاسخ ژنتیکی ژنوتیپ‌ها به محیط بیان نمودند و توده‌های محلی در پژوهش آن‌ها کمترین طول دوره رشد را به‌خود اختصاص دادند. در پژوهش حاضر تاریخ کاشت نیز تمامی صفات فنولوژیک را در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر قرار داد. بر اساس نتایج مقایسات میانگین، کمترین تعداد روز تا مرحله سبز شدن (۴۹/۵۰ روز) و مرحله ۲ تا ۴ برگی شدن (۶۸/۱۶ روز) متعلق به تاریخ کشت دی ماه (۱۴۰۰/۱۰/۱۵) بود (جدول ۲). تعداد روز تا مرحله سبزشدن یک ویژگی مهم است که نشان‌دهنده زودرس یا دیررس بودن محصول است. زمان کاشت و شرایط اقلیمی عوامل مهمی هستند که جوانه‌زنی بذر را تحت تأثیر قرار می‌دهند (کریشنان و همکاران، ۲۰۲۲). بیشترین تعداد روز تا مرحله غنچه‌دهی (۱۶۲/۳۲ روز) نیز متعلق به تیمار آبان ماه (۱۴۰۰/۸/۱۵) بود (جدول ۲). در نتایج حق و همکاران (۲۰۱۵) مشاهده شد، شروع جوانه‌زنی و تعداد روز تا غنچه‌دهی تحت تأثیر تاریخ کشت قرار گرفت و این محققان بیان نمودند کاشت زودتر بهتر از کاشت دیرهنگام است. در پژوهش حاضر اثر متقابل توده در تاریخ کاشت بر صفات تعداد روز تا گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی کامل در سطح احتمال یک درصد و بر صفت تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک در سطح احتمال پنج درصد، اثر معنی‌داری داشت (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل توده در تاریخ کاشت نشان داد، کمترین زمان لازم برای رسیدن به مراحل گلدهی، رسیدگی فیزیولوژیک و رسیدگی کامل به‌ترتیب با میانگین ۱۲۱/۲۵، ۱۶۶/۰۰ و ۱۷۸/۵۰ روز متعلق به توده هندی کشت شده در تاریخ دی‌ماه بود (جدول ۳). تاریخ کاشت از عوامل مهم تأثیر گذار بر طول دوره رشد رویشی و زایشی و توازن بین آن‌هاست که وابسته به دو عامل آب و هوا و اقلیم می‌باشد و همواره به‌عنوان مهم‌ترین عامل محدودکننده در کیفیت و کمیت محصولات

زراعی مطرح است (سوبدی و همکاران ۲۰۰۷). مراحل رویشی و زایشی سیاه‌دانه نیز مانند سایر گیاهان زراعی تحت تأثیر دما، طول روز، نوع توده و سایر عوامل مختلف قرار می‌گیرد. بنابراین تعداد روزهای لازم برای شروع مراحل زایشی و مراحل دیگر تحت تأثیر این عوامل خواهد بود. در پژوهش صفایی (۲۰۱۴) نیز رشد و نمو سیاه‌دانه تحت تأثیر تاریخ کاشت قرار گرفت و با تأخیر در کاشت مدت زمان لازم برای طی مراحل فنولوژیک کاهش یافت. نتایج کانت و همکاران (۲۰۱۸) نیز نشان داد با تأخیر در کاشت تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی کاهش یافت، به‌طوری‌که بیشترین تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی (۷۷/۹ روز) برای تاریخ کشت ۱ نوامبر ثبت شد و کمترین میزان این صفت در ۳۰ نوامبر مشاهده شد. نتایج مطالعات نشان داده است در کاشت تأخیری به‌دلیل عدم وجود زمان کافی برای رشد رویشی، گیاه با سرعت بیشتری وارد فاز زایشی می‌شود (گوها و همکاران ۲۰۱۴).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد، ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تیمارهای توده، تاریخ کشت و اثر متقابل آن‌ها قرار گرفت (جدول ۱). مطابق با جدول مقایسه میانگین اثرات متقابل، حداکثر ارتفاع (۱۰۴/۳۳ سانتی‌متر) در توده ایرانی کشت شده در آبان‌ماه مشاهده شد (شکل ۱). ارتفاع بوته در سیاه‌دانه صفتی است که تحت تأثیر خصوصیات ژنتیکی و محیط قرار می‌گیرد (واثقی و همکاران ۲۰۱۴)، بنابراین بالاتر بودن این صفت در توده ایرانی می‌تواند به‌دلیل خصوصیات ژنتیکی این توده در مقایسه با سایر توده‌های مورد مطالعه باشد. در نتایج دوی‌ساهیو و همکاران (۲۰۲۰) نیز چهار توده سیاه‌دانه از نظر ارتفاع بوته تفاوت معنی‌داری را نشان دادند، به‌طوری که توده هندی ۰/۱۷ درصد بلندتر از سایر توده‌ها بود. پژوهش حق و همکاران (۲۰۱۵) نیز حاکی از تفاوت معنی‌دار ارتفاع بوته در بین توده‌ها بود، به‌گونه‌ای که حداکثر ارتفاع بوته با میانگین ۵۱/۸۳ سانتی‌متر در توده V1 مشاهده شد. در پژوهشی دیگر تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها از نظر ارتفاع بوته مشاهده شد و حداکثر ارتفاع بوته در ژنوتیپ تجاری G1 با ۸۵ درصد افزایش نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها گزارش گردید (بارات و همکاران ۲۰۲۳). همچنین نتایج پژوهش حاضر نشان داد با تأخیر در کاشت ارتفاع بوته کاهش می‌یابد. یکی از دلایل کاهش ارتفاع احتمالاً می‌تواند، به دلیل وجود شرایط مساعد محیطی در تاریخ کاشت اول و طولانی‌تر بودن دوره رشد گیاه باشد، که منجر به افزایش ارتفاع شده است (جوادی ۲۰۰۹). در نتایج کیران و همکاران (۲۰۱۹) بالاترین ارتفاع بوته (۸۰ سانتی‌متر) در تاریخ کشت اول (۱۵ اکتبر) نسبت به سایر تاریخ کشت‌ها (۳۰ اکتبر، یک نوامبر و ۱۵ نوامبر) مشاهده شد. ولی‌الله و همکاران (۲۰۲۱) نیز تفاوت معنی‌دار ارتفاع بوته در سیاه‌دانه را در تاریخ‌های مختلف کشت گزارش نمودند. این محققان بیان نمودند، کاشت دیرهنگام موجب کاهش ارتفاع بوته در سیاه‌دانه می‌شود، به‌طوری‌که در پژوهش آن‌ها کمترین ارتفاع بوته (۲۹/۳۸ سانتی‌متر) در آخرین تاریخ کشت (۱۵ دسامبر) به‌دست آمد. اندازه‌گیری ارتفاع بوته‌های سیاه‌دانه در تاریخ‌های مختلف کاشت در نتایج صفایی (۲۰۱۴)، اختلاف معنی‌داری را نشان داد، به‌طوری‌که بیشترین میانگین ارتفاع بوته (۴۴/۳۳ سانتی‌متر) در تاریخ کاشت ۸ آبان ماه و کمترین میانگین ارتفاع بوته در تاریخ کاشت ۲۹ فروردین ماه مشاهده شد. مطالعات نشان داده‌اند، با تأخیر در کاشت به‌دلیل کاهش دوره رشد رویشی گیاه و گلدهی زودتر، ارتفاع بوته کاهش می‌یابد (قمرنیا و همکاران ۲۰۱۲؛ حجازی و همکاران ۲۰۱۳).

همانطور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، تنها اثر تاریخ کشت بر ارتفاع ریشه معنی‌دار شد. میانگین ارتفاع ریشه در تیمارهای مختلف تاریخ کشت نشان می‌دهد، با تأخیر در زمان کاشت این گیاه، از طول ریشه آن کاسته می‌شود، به‌طوری که بیشترین طول ریشه (۱۴/۱۷ سانتی‌متر) در تاریخ کشت ۱۵ آبان و کمترین این صفت (۱۲/۲۹ سانتی‌متر) در تاریخ کشت ۱۵ دی حاصل شد (جدول ۲). هنگامی که گیاه دیر کشت می‌گردد، به‌دلیل اینکه مراحل زایشی با مشکل مواجه نشود، سریع‌تر مرحله رویشی خود را سپری نموده و جهت حفظ بقاء زودتر به‌فاز زایشی می‌رود، بنابراین مدت‌زمان لازم جهت رشد مناسب پیکره گیاه و ذخیره مواد غذایی در طوقه وجود نداشته و اندام‌های حاصل از این چنین گیاهانی در مقایسه با گیاهان رشد یافته در شرایط نرمال (کشت به‌موقع) از توسعه مناسبی برخوردار نیستند و در نتیجه این گیاهان طول ریشه کمتری دارند (مرتضی و همکاران ۲۰۱۰).



شکل ۱- اثر توده و تاریخ کاشت بر ارتفاع بوته سیاه‌دانه

میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون $LSD_{5\%}$ اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه توده‌های سیاه‌دانه تحت تاریخ‌کشت‌های مختلف

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات											
		تعداد روز تا سبز شدن	تعداد روز تا ۲تا ۴ برگی شدن	تعداد روز تا غنچه‌دهی	روز تا گلدهی	تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	تعداد روز تا رسیدگی کامل	ارتفاع بوته	طول ریشه	فاصله شاخه جانبی از زمین	تعداد کپسول در هر شاخه	تعداد دانه در هر کپسول	وزن کپسول	عملکرد دانه در بوته
بلوک	۳	ns۴۶/۳۳	ns۵۵/۴۴	ns۱۹/۲۱	ns۴/۴۷	ns۰/۱۸	ns۸/۰۰	ns۰/۷۳	ns۱/۱۵	ns۰/۸۲	ns۰/۰۷	ns۰/۱۵	**۰/۰۰	ns۰/۰۲
توده	۲	ns۰/۰۰	ns۰/۴۴	**۳۴۶۵/۴۴	**۴۲۰۳/۳۶	**۷۳۰/۳۳	**۲۳۴/۱۱	**۳۲۰۶/۵۰	ns۰/۷۵	**۱۵۲۸/۳۷	**۱۵/۳۸	ns۲/۱۸	**۰/۰۳	**۱۳/۱۸
تاریخ کشت	۲	**۴۱۹۷/۰۰	**۵۴۰/۷۷	**۴۰۵۰/۶۹	**۶۰۲۷/۱۹	**۷۰۵۹/۰۰	**۶۲۶۷/۴۴	**۷۶/۵۳	**۱۱/۶۴	**۱۱۲۶/۶۱	**۷/۴۰	**۸۱/۲۹	ns۰/۰۰	**۸/۷۲
تاریخ کشت ×توده	۴	ns۰/۰۰	ns۰/۴۴	ns۸/۲۷	**۱۰۲/۱۹	*۲/۳۳	**۲۶/۶۱	**۶۴/۹۹	ns۵/۲۸	**۲۶۵/۸۸	*۳/۱۳	**۹۵/۱۷	ns۰/۰۰	**۲/۰۸
خطای آزمایش	۲۴	۱۸/۵۸	۷/۳۶	۸/۹۴	۳/۰۱	۰/۷۶	۶/۲۵	۱/۶۶	۰/۳۶	۱/۴۵	۴/۳۵	۱/۲۸	۰/۰۰	۰/۰۴
ضریب تغییرات (%)		۷/۳۶	۳/۵۸	۲/۰۶	۱/۰۷	۰/۴۴	۱/۲۲	۱/۴۹	۴/۶۳	۴/۹۸	۱۱/۴۷	۱/۲۰	۹/۰۹	۷/۷۲

ns غیر معنی‌دار، * و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح پنج درصد و یک درصد است.

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه توده‌های سیاه‌دانه تحت تاریخ‌کشت‌های مختلف

	تیمارها	تعداد روز تا سبز شدن	تعداد روز تا ۲تا ۴ برگی شدن	تعداد روز تا غنچه‌دهی	روز تا گلدهی	تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	تعداد روز تا رسیدگی کامل	ارتفاع بوته (cm)	طول ریشه (cm)	فاصله شاخه جانبی از زمین (cm)	تعداد کپسول در هر شاخه	تعداد دانه در هر کپسول	وزن کپسول (g)	عملکرد دانه در بوته (g)
توده	ایرانی	۵۸/۵۰ a	۷۵/۸۳ a	۱۵۵/۰۸ a	۱۷۳/۰۰ a	۲۰۳/۳۳ a	۲۰۶/۸۳ a	۹۹/۴۵ a	۱۲/۹۳ a	۳۳/۹۰ a	۲/۹۷ b	۹۳/۸۹ a	۰/۱۹ b	۲/۱۶ b
	سوری	۵۸/۵۰ a	۷۵/۸۳ a	۱۵۳/۹۱ a	۱۷۳/۰۰ a	۲۰۴/۰۰ a	۲۰۸/۰۰ a	۹۱/۹۹ b	۱۲/۸۹ a	۲۶/۹۸ b	۲/۹۱ b	۹۴/۱۹ a	۰/۲۰ b	۲/۱۱ b
	هندی	۵۸/۰۰ a	۷۵/۵۰ a	۱۲۵/۰۸ b	۱۴۰/۵۸ b	۱۹۰/۱۶ b	۱۹۹/۸۳ b	۶۸/۱۵ c	۱۳/۳۴ a	۱۱/۸۳ c	۴/۹۰ a	۹۴/۷۳ a	۰/۲۸ a	۳/۹۵ a
تاریخ کشت	آبان	۷۱ a	۸۱/۰۰ a	۱۶۲/۳۳ a	۱۸۳/۸۳ a	۲۲۳/۱۶ a	۲۲۷/۱۶ a	۸۹/۳۰ a	۱۴/۱۷ a	۳۴/۶۱ a	۴/۴۰ a	۹۵/۸۵ a	۰/۲۱ a	۳/۵۱ a
	آذر	۵۵/۰۰ b	۷۸/۰۰ b	۱۴۶/۰۸ b	۱۶۳/۶۶ b	۱۹۹/۶۶ b	۲۰۶/۰۰ b	۸۵/۹۳ b	۱۲/۷۰ b	۲۲/۶۸ b	۳/۵۵ b	۹۵/۶۹ a	۰/۲۳ a	۲/۸۹ b
	دی	۴۹/۵۰ c	۶۸/۱۶ c	۱۲۵/۶۶ c	۱۳۹/۰۸ c	۱۷۴/۶۶ c	۱۸۱/۵۰ c	۸۴/۳۶ c	۱۲/۲۹ b	۱۵/۴۲ c	۲/۸۳ c	۹۱/۲۶ b	۰/۲۲ a	۱/۸۳ c

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

جدول ۳- میانگین صفات مورد مطالعه سیاه‌دانه برای اثرات متقابل تاریخ کاشت ×توده

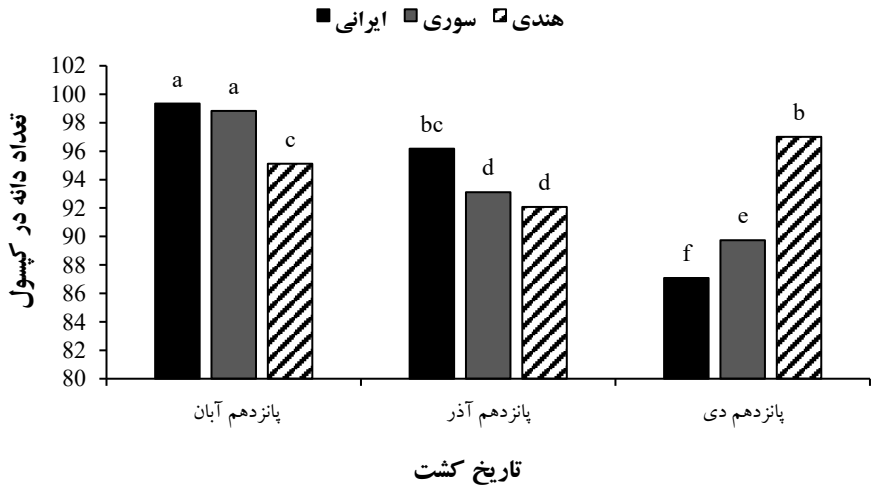
توده	تاریخ کشت	تعداد روز تا گلدهی	تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	تعدارد روز تا رسیدگی کامل	فاصله شاخه جانبی از زمین (cm)	تعداد کپسول در هر شاخه
ایرانی	آبان	۱۹۸/۰۰^{a}	۲۲۷/۰۰^{b}	۲۲۹/۵۰^{a}	۴۵/۷۲^{a}	۴/۲۱^{b}
	آذر	۱۷۳/۰۰^{b}	۲۰۴/۰۰^{d}	۲۰۸/۰۰^{c}	۳۶/۷۷^{b}	۲/۶۰^{de}
	دی	۱۴۸/۰۰^{d}	۱۷۹/۰۰^{f}	۱۸۳/۰۰^{e}	۱۹/۲۰^{c}	۲/۱۰^{e}
سوری	آبان	۱۹۸/۰۰^{a}	۲۲۹/۰۰^{a}	۲۳۳/۰۰^{a}	۴۴/۴۰^{a}	۳/۳۷^{c}
	آذر	۱۷۳/۰۰^{b}	۲۰۴/۰۰^{d}	۲۰۸/۰۰^{c}	۱۸/۹۱^{c}	۳/۰۱^{cd}
	دی	۱۴۸/۰۰^{d}	۱۷۹/۰۰^{f}	۱۸۳/۰۰^{e}	۱۷/۶۴^{c}	۲/۳۵^{e}
هندی	آبان	۱۵۵/۵۰^{c}	۲۱۳/۵۰^{c}	۲۱۹/۰۰^{b}	۱۳/۷۲^{d}	۵/۶۲^{a}
	آذر	۱۴۵/۰۰^{e}	۱۹۱/۰۰^{e}	۲۰۲/۰۰^{d}	۱۲/۳۷^{d}	۵/۰۴^{a}
	دی	۱۲۱/۲۵^{f}	۱۶۶/۰۰^{g}	۱۷۸/۵۰^{f}	۹/۴۱^{e}	۴/۰۵^{b}

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

نتایج تجزیه واریانس فاصله شاخه جانبی از سطح زمین نشان داد، اثر توده، تاریخ کشت و برهم‌کنش آن‌ها، این صفت را در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر قرار داد (جدول ۱). بیشترین فاصله شاخه جانبی از سطح زمین با میانگین ۴۵/۷۲ و ۴۴/۴۰ سانتی‌متر به‌ترتیب در توده‌های ایرانی و سوری کشت شده در تاریخ ۱۵ آبان‌ماه مشاهده شد (جدول ۳). با توجه به اینکه در این آزمایش شرایط محیطی برای کلیه توده‌ها در هر سه تاریخ کشت یکسان بود، می‌توان بیان نمود که تفاوت‌های موجود در بین توده‌ها در اثر تفاوت‌های ژنتیکی آن‌ها به‌وجود آمده است (محب‌الدّینی و همکاران ۲۰۱۸). احمد و همکاران (۲۰۰۹) نیز با بررسی توده‌های سیاه‌دانه موجود در مرکز تحقیقات پاکستان، تنوع زیادی را در بین توده‌ها از نظر صفات مورفولوژیکی به‌ویژه ارتفاع بوته و ارتفاع اولین شاخه جانبی از زمین مشاهده نمودند. کاهش قابل‌توجه ارتفاع بوته و فاصله شاخه جانبی از زمین در تیمارهای کاشت تأخیری نیز می‌تواند به‌دلیل همراه بودن با حداقل دما باشد که گیاه با سرعت بیشتری رشد رویشی را طی می‌کند (گوها و همکاران ۲۰۱۴). این کاهش نه‌تنها به‌دلیل کوتاه‌تر شدن دوره رشد، بلکه به‌دلیل کوتاه‌تر شدن طول روز بوده که گیاه رشد رویشی و زایشی را تسریع کرده و در نتیجه رشد ساقه اصلی متوقف و فاصله شاخه جانبی کاهش می‌یابد (محمود و همکاران ۲۰۱۸). نتایج جگتاپ و همکاران (۲۰۱۴) نیز نشان داد با تأخیر در زمان کاشت خصوصیات مورفولوژیکی گیاه روند نزولی پیدا می‌کند. واثقی و دوازده امامی (۲۰۱۶) در پژوهشی در گیاه دان‌سیاه، کاهش فاصله شاخه جانبی از زمین را در تاریخ‌کاشت‌های تأخیری مشاهده نمودند. نتایج تجزیه واریانس تعداد کپسول در هر شاخه، در جدول ۱ ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، این صفت تحت تأثیر اثر توده و تاریخ کشت در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت. اثر متقابل آن‌ها نیز این صفت را در سطح احتمال پنج درصد تحت تأثیر قرار داد (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر متقابل توده و تاریخ کشت نشان داد، توده هندی در تاریخ کشت آبان و آذرماه بالاترین تعداد کپسول در هر شاخه را به‌خود اختصاص داد (جدول ۳). مطالعات نشان داده است بین توده‌های سیاه‌دانه از لحاظ صفات مورفولوژیکی از جمله تعداد انشعابات در ساقه فرعی و در نتیجه تعداد کپسول در هر شاخه اختلاف معنی‌داری وجود دارد و توده‌های ضعیف‌تر از تعداد انشعابات کمتری برخوردار بوده و یا فاقد انشعابات می‌باشند و در نهایت تنها یک یا چند کپسول در انتهای هر شاخه دارند (محب‌الدّینی و همکاران ۲۰۱۸). در سیاه‌دانه بخش اعظم

کپسول‌ها در انتهای شاخه‌های اولیه و ثانویه تشکیل می‌شوند. بنابراین طولانی بودن دوره رشد رویشی در تاریخ کاشت‌های اول موجب تولید انشعابات بیشتر و در نتیجه تعداد کپسول بیشتر می‌شود (جوادی‌هدایت آباد ۲۰۱۲).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد، تعداد دانه در کپسول تحت تأثیر اثر تاریخ کاشت و اثر متقابل توده در تاریخ کاشت قرار گرفت (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر متقابل توده در تاریخ کشت نشان داد، حداکثر تعداد دانه در هر کپسول با میانگین ۹۹/۳۴ و ۹۸/۸۲ به‌ترتیب متعلق به توده ایرانی و سوری در تاریخ کاشت آبان ماه بود (شکل ۲). نتایج جوادی هدایت آباد (۲۰۱۲) نشان داد، اثر تاریخ کاشت بر تعداد دانه در کپسول معنی‌دار بود، به‌طوری‌که بیشترین تعداد دانه در کپسول در کاشت‌های اول، دوم و سوم مشاهده شد و با تأخیر در کاشت تعداد دانه در کپسول ۱۶ درصد کاهش یافت. طولانی‌تر بوده دوره رشد رویشی در کاشت اول موجب رشد سبزینه‌ای بهتر و تولید مواد فتوسنتزی بالاتر در گیاه شده که در نتیجه منجر به افزایش تعداد دانه در کپسول گردیده است (ال‌مکوی ۲۰۱۲). سادام و همکاران (۲۰۱۲) نیز حداکثر تعداد دانه در کپسول را در تاریخ‌های کشت اول مشاهده نمودند. در نتایج واثقی و همکاران (۲۰۱۴) بیشترین تعداد دانه در کپسول با میانگین ۱۱۳/۸ عدد در تاریخ کاشت اول حاصل شد. بیشترین تعداد دانه در کپسول در نتایج رضوانی مقدم و احمدزاده مطلق (۲۰۰۷) مربوط به تاریخ کاشت دوم و کمترین آن متعلق به تاریخ کاشت چهارم بود. به‌نظر این محققان تاریخ کاشت دوم با تأمین شرایط مطلوب رشد و نمو گیاه سیاه‌دانه ضمن افزایش تعداد کپسول در بوته موجب افزایش تعداد دانه در کپسول نیز شده است.

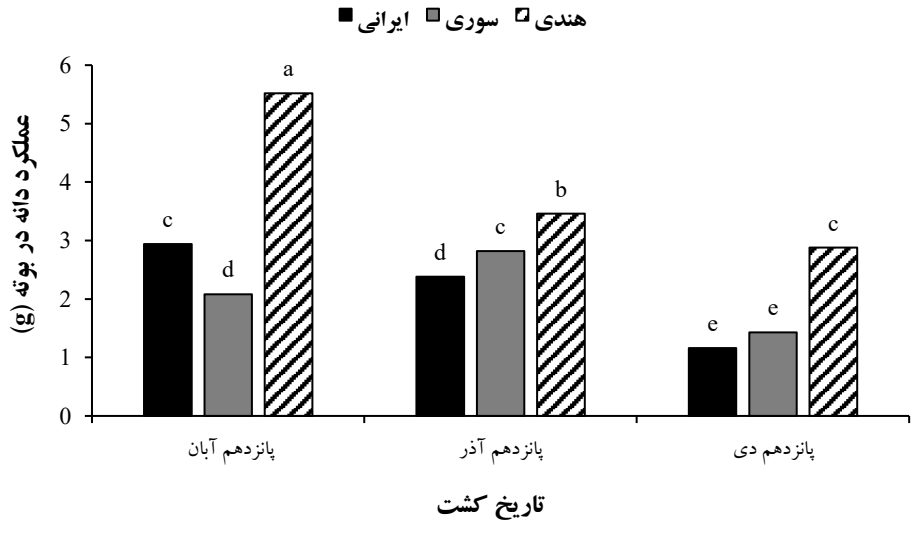


شکل ۲- اثر توده و تاریخ کاشت بر تعداد دانه در کپسول سیاه‌دانه

میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون $LSD_{5\%}$ اختلاف معنی‌دار ندارند.

همانگونه که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، تنها اثر توده، وزن کپسول را تحت تأثیر قرار داد. مطابق با جدول مقایسه میانگین، حداکثر وزن کپسول با میانگین ۰/۲۸ گرم در توده هندی مشاهده شد (جدول ۲). نتایج پژوهش محب‌الدّینی و همکاران (۲۰۱۸) حاکی از تفاوت معنی‌دار توده‌ها از نظر وزن کپسول بود، به‌طوری که در نتایج این محققان، توده‌های اردبیل ۱، کرج، همدان، سربیشه، لرستان، لردگان و تاکستان بیشترین مقدار و توده‌های اصفهان ۱، اردبیل ۲ و میاندوآب کمترین مقدار وزن کپسول را دارا بودند. قربان‌زاده نقاب و زارع مهرجردی (۲۰۱۸) نیز در پژوهشی در بین توده‌های مورد آزمایش برای صفات تعداد کپسول در گیاه، وزن کپسول و تعداد دانه در کپسول واکنش‌های متفاوتی را مشاهده نمودند، به‌طوری که در بین این توده‌ها، توده‌های جوین و سراوان بیشترین وزن کپسول را دارا بودند.

اثر توده، تاریخ کاشت و اثر متقابل توده در تاریخ کاشت، عملکرد دانه در بوته را در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر قرار داد (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر متقابل توده در تاریخ کاشت نشان داد، توده هندی در تاریخ کاشت اول حداکثر عملکرد دانه در بوته (۵/۵۲ گرم) را داشت (شکل ۳). کارا و همکاران (۲۰۱۵) اثرات پنج ژنوتیپ مختلف سیاه‌دانه را بر عملکرد دانه در بوته بررسی نمودند، نتایج این محققان نشان داد، عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه به‌طور معنی‌داری متفاوت بود و بیشترین عملکرد دانه در بوته متعلق به توده Usak بود. پژوهش‌های ارتاس (۲۰۱۶)، کیلیک و عرباسی (۲۰۱۶) و کوثر و اوزل (۲۰۱۸) حاکی از تفاوت معنی‌دار عملکرد دانه در بوته در توده‌های مختلف سیاه‌دانه بود. 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 تاریخ‌کشت‌های دیرهنگام بود. نتایج صفایی و همکاران (۲۰۱۷) نشان داد، تأخیر در تاریخ کاشت موجب کاهش در عملکرد دانه می‌شود. عملکرد دانه در بوته تابع مجموعه‌ای از اجزاء می‌باشد. از آنجایی‌که سیاه‌دانه گیاهی گل انتهایی و رشد محدود است و تعداد کپسول از شاخه‌های گل‌دهنده پیروی می‌کند، تأخیر در کشت موجب کاهش شاخه‌های گل‌دهنده و تعداد کپسول و در نتیجه عملکرد دانه در بوته می‌شود. همچنین تأخیر در کشت منجر به کاهش دوره رشد، کاهش برگ‌ها و کاهش سطح فتوسنتز گیاه می‌شود و در نهایت منجر به کاهش اندام‌های مولد از جمله تعداد دانه در کپسول و در نهایت عملکرد دانه در بوته می‌گردد (صفایی و همکاران ۲۰۱۷). 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. 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 اول اکتبر تا هفته اول نوامبر) باشد (گریدهار و همکاران ۲۰۱۷). 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. همچنین نتایج پژوهش حق و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی تاریخ کاشت ژنوتیپ‌های مختلف سیاه‌دانه نشان داد، عملکرد سیاه‌دانه در کاشت‌های زودهنگام (۱۶ اکتبر تا ۱ نوامبر) بهتر از کاشت‌های دیرهنگام بود. در نتایج این محققان بالاترین عملکرد دانه از محصول کشت شده در اول نوامبر حاصل شد.



شکل ۳- اثر توده و تاریخ کاشت بر عملکرد دانه در بوته سیاه‌دانه

میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون $LSD_{5\%}$ اختلاف معنی‌دار ندارند.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد، توده‌های مورد مطالعه از نظر اکثر صفات مورفولوژیکی و فنولوژیکی بجز تعداد روز تا سبز شدن، تعداد روز تا ۲ تا ۴ برگی شدن، ارتفاع ریشه و تعداد دانه در کپسول تفاوت معنی‌داری نشان دادند. توده هندی دارای کمترین طول دوره رشد (۱۷۸/۵۰ روز) و بالاترین وزن کپسول (۰/۲۸ گرم) و عملکرد دانه در بوته (۵/۵۲ گرم) بود. همچنین در این پژوهش، تاریخ کاشت تمامی صفات مورد مطالعه بجز وزن کپسول را در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر قرار داد. این پژوهش نشان داد، تأخیر در کاشت موجب کاهش طول دوره رشدی و خصوصیات مورفولوژیکی گیاه می‌شود، به‌طوری‌که حداکثر میانگین صفات مورد مطالعه از تاریخ کشت ۱۵ آبان حاصل شد.

سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله مراتب تقدیر و تشکر خود را از همکاری‌های معاونت مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان در اجرای این پروژه تحقیقاتی اعلام می‌دارند.

منابع مورد استفاده

Abdolrahimi B, Mehdikhani P and Hassanzadeh Gort Tappe A. 2012. The effect of harvest index, yield and yield component of three varieties of black cumin (*Nigella sativa* L.) in different planting densities. International Journal of AgriScience, 2(1): 93-101.

Ahmad Z, Hussain S, Iqbal MS, Irfan M, Rehman N, Jamal A, Qayyum A and Ghafoor A. 2009. Collection and characterization of germplasm of some underutilized plant species in Pakistan. New Crops and Uses, 219-233.

Al-Zubaidy AMA, Ghafoor BS and Rasul AA. 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

Amirmoradi Sh and Rezvani Moghadam P. 2011. Effect of plant density and time of nitrogen application on morphological, phenological characteristics, yield and yield components of black cumin (*Nigella sativa* L.). Journal of Horticultural Science, 25(3): 251-260.

Barut M, Cavdar AS, Tansı LS and 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. Doi:10.24925/turjaf. v11i12.2276-2287.6159

Baydar H. 2013. Medical, aromatic and delightful plants science and technology. Suleyman Demirel University, Publication No: 51, Isparta, Turkey.

Can M, Katar D, Katar N, Bagci M and 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(2): 1325-1336. http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1902_13251336.

Dwi Cahyo S, Kurniawati A, Faridah DN and Ghulamahdi M. 2020. Growth, production and bioactive content of several black cumin (*Nigella sativa* L.) accessions with different harvesting times in a d3 type climate regime. Journal of Tropical Crop Science, 7(3): 110-118.

El–Mekawy MAM. 2012. Growth and yield of *Nigella sativa* L. plant influenced by sowing date and irrigation treatments. American–Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science, 12: 499–505

Ertaş ME. 2016. Determination of agronomic and quality traits of black cumin genotypes (*Nigella* sp.) growing winter and summer planted in Tokat kazova conditions. M.Sc. Thesis, Gaziosmanpaşa University Natural and Applied Sciences, 49p. Tokat (in Turkish)

Fahim AHF, Naher S, Wadud MA and Sarker MB. 2017. Response of black cumin to different seed rate and sowing method. International Journal of Agricultural Papers, 2: 1–6.

Ganjali H and 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, Korea April, 13-18: 11-13

Ghamarnia H, Khosravy H and Sepehri S. 2012. Yield and water use efficiency of (*Nigella sativa* L.) under different irrigation treatments in semi-arid region in the west of Iran. Journal of Medicinal Plants Research, 4(16): 1612-1616

Ghamarnia H, Miri E and Ghobadei M. 2013. Determination of water requirement, single and dual crop coeffjcients of black cumin (*Nigella sativa* L.) in a semi-arid climate. Irrigation Science, 32: 67-76.

Giridhar K, Reddy GS, Kumari SS, Kumari AL and 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. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.609.060

Ghorbanzadeh Neghab M and Zare Mehrjerdi M. 2018. The study of genetic diversity, correlation between traits and path analysis in black cumin (*Nigella sativa* L.) ecotypes. Journal of Plant Production Research. 25(3): 1-12.

Golparvar AR, Hadipanah A and Salehi S. 2014. Investigation of seed yield and oil quality of black cumin (*Nigella sativa* L.) ecotypes cultivated in isfahan province. Electronic Journal of Biology, 10(1): 7-13.

Guha S, Sharangi AB and Debnath S. 2014. Phenology and green leaf yield of coriander at different sowing dates and harvesting times. Journal of Food, Agriculture & Environment, 12 (3&4): 251-254.

Gullu EB and Avci G. 2013. Thymoquinone, The bioactive component of *Nigella sativa*. Kocatepe Veterinary Journal, 6(1): 51-61.

Hannan MA, Rahman MA, Sohag AAM, Uddin MJ, Dash R, Sikder MH, Rahman MS, Timalsina B, Munni YA and Sarker PP. 2021. Black cumin (*Nigella sativa* L.): A comprehensive review on phytochemistry, health benefits, molecular pharmacology, and safety. Nutrients, 13: 1-60. https://doi.org/10.3390/nu13061784

Haq MZ, Hossain MM, Haque MM, Das MR and Huda MS. 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

Hejazi S, Mirhadi M, Nourmohammadi Gh and Dehghanzadeh H. 2013. The Effect of planting date, organic and nitrogen manures on morphological traits and chlorogenic acid of Artichoke (*Cynara scolymus* L.). Journal of Agronomy and Plant Production, 4 (1): 45-49.

Horvat D, Vukobravić M, Karalić K and Židovec V.2017. Influence of sowing period and fertilization on yield and quality of seeds of *Nigella damascene* and *Nigella sativa*. Acta Scientiarum Polonorum series Agricultura, 16(1): 35–43.

Hosseinia SS, Nadjafia F, Asarehb MH and Rezadoost H. 2018. Morphological and yield related traits, essential oil and oil production of different landraces of black cumin (*Nigella sativa*) in Iran. Scientia Horticulturae, 233: 1-8.

Hussain A, Anjum F, Rab A and Sajid M. 2006. Effects of nitrogen on the growth and yield of asparagus (*Asparagus officinalis*). Journal of Agricultural and Biological Science, 2: 41-47.

Hussain A, Nadeem A, Ashraf I and Awan M. 2009. Effect of weed competion periods on the growth and yield of black cumin (*Nigella sativa* L.). Pakistan Journal of Weed Science Research, 15(1): 71-81.

Jagtap PK, Sandipan PB, Patel KM and Patel MC. 2014. Effect of sowing date on yield potential of niger crop in rainfed condition. Plant Archives, 14(2): 995-997.

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.

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 with English Abstract).

Kaleem S, Hassan FU, Mahmood I, Ahmad M, Ullah R and Ahmad M. 2011. Response of sunflower to environmental disparity. Nature and Science, 9: 73-81.

Kant V, Meena S, Meena N and Lal G. 2018. Influence of different dates of sowing, fertilizer level and weedicides on growth and yield of nigella (*Nigella sativa* L.) under semi-arid conditions. International Journal Current Microbiology Applied Science, 7: 1156–1167.

Kara N, Katar D and Baydar, H. 2015. Yield and quality of black cumin (*Nigella sativa* L.) populations: the effect of ecological conditions. Field Crops, 20(1): 9-14. DOI: 10.17557/.23190

Katar D and Katar N. 2017. Effect of sowing rates in different row spacing on the yield and yield components of false flax (*Camelina sativa* (L.) Crantz). Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpasa University, 34(1): 76-85.

Kayaçetin F. 2020. Effect of different spring sowing dates on phenology, growth and yield performance of Turkish *Brassica nigra* in Ankara/Turkey. International Journal of Anatolia Agricultural Engineering, (3): 9-15.

Khichar ML and Niwas R. 2006. Microclimatic profiles under different sowing environments in wheat. Journal of Agrometeorology, 8: 201–209.

Kılıç C and 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)

Kiran MR, Naruka IS, Nayma S and Bepari AR. 2019. Effect of sowing time and plant geometry on growth, yield and quality of black cumin (*Nigella sativa* L.). International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 8(5): 1915-1921. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.805.221

Koşar İ and Özel A. 2018. Characterization on variety and populations of black cumin (*Nigella sativa* L.): I. Agricultural properties. Harran Tarim ve Gida Bilimleri Derg, 22 (4): 533-543. https://doi.org/10.29050/harranziraat.399540

Krishnan PTA, Singh D, Singh V and 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. DOI: 10.9734/IJECC/2022/v12i1131142

Mahmood T, Idress M, Aslam M, Rehman HS, Akram HM, Sattar A, Abbas S and Ferdosi MFH. 2012. Growth and yield attributes of black cumin (*Nigella sativa* L.) as affected by sowing dates and methods. Mycopathology, 10: 83–86.

Mehmood A, Naveed K, Azeem K, Khan A, Ali N and Khan SM. 2018. Sowing time and nitrogen application methods impact on production traits of Kalonji (*Nigella sativa* L.). Pure and Applied Biology, 7(2): 476-485. http://dx.doi.org/10.19045/bspab.2018.70060

Mohebodini M, Mehri N and Fathi R. 2018. Evaluation of genotype and environment effects on agro-morphological traits in black cumin (*Nigella Sativa* L.) ecotypes. Journal of Crop Breeding, 11(30): 108-117. doi.org/10.29252/jcb.11.30.108.

Mollafilabi A, Moodi H, Rashed MH and Kafi M. 2009. Effect of plant density and nitrogen on yield and yield components of black cumin (*Nigella sativa* L.). In Proceedings: International Symposium on Medicinal and Aromatic Plants-SIPAM held at Djerba, Tunisia. Institute des Regions Arides, Tunisia, pp: 115-126

Moosavi SG. 2014. Fennel Morphological traits and yield as affected by sowing date and plant density. Advance in Agriculture and Biology, 2: 45-49

Moosavi SG, Seghatoleslami MJ and Moazeni A. 2012. Effect of Planting Date and Plant Density on Morphological Traits, LAI and Forage Corn (Sc. 370) Yield in Second Cultivation. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 3: 57-63

Morteza E, Akbari GA, Foughi B and Abdoli M. 2010. Effect of planting date and density on root growth characteristics and essential oil yiels of valerian. Journal of Crop Ecophysiology, 2(2): 91-99.

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

Padhye S, Banerjee S, Ahmad A, Mohammad R and Sarkar FH. 2008. From here to eternity-the secret of pharaohs: Therapeutic potential of black cumin seeds and beyond. Cancer Therapy, 6(b): 495-510.

Rahnavard A, Sadeghi S and Ashrafi ZY. 2010. Study of sowing date and plant density effect on black cumin (*Cuminum curvi*) Yield in Iran. Biological Diversity and Conservation, 3: 23-27

Rezvani Moghaddam P and Motlagh MA. 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 with English Abstract).

Saddam A, Adel H, Abdel-Ghani A and Haditha A. 2012. Effect of Planting Date and Spacing on Growth and Yield of Fennel (*Foeniculum vulgare*) Under Irrigated Conditions. Journal Biology Science, 15: 1126-1132

Sadeghi S, Rahnavard A and Ashrafi ZY. 2009. Study importance of sowing date and plant density effect on black cumin (*Cuminum carvi*) yield. Botany Research International, 2: 94–98.

Saeidnejad AH, Kafi M, Pessarakli M. 2012. Evaluation of Cardinal Temperatures and Germination Responses of Four Ecotypes of *Bunium persicum* under Different Thermal Conditions. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 4: 1266-1271

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 with English Abstract).

Safaei Z, Azizi M, Davarynejad G and 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.

Salamati MS and Zeinali H. 2013. Evaluation of genetic diversity of some (*Nigella sativa* L.) genotypes using agro-morphological characteristics. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 29(1): 201-214.

Sardooyi AM, Shirzadi MH and 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

Sharangi AB and Roychowdhury A. 2014. Phenology and yield of coriander (*Coriandrum sativum* L.) at different sowing dates. Journal of Plant Science, 9(2): 33-42. https://doi.org/10.9734/ejnfs/2022/v14i830517.

Shesuleiman M, Mengistu H and Jaleta A. 2021. Effects of Seeding Rate and Variety on Growth and Yield of Black Cumin (*Nigella sativa* L.) at Burusa, Southwestern Ethiopia. American Journal of Plant Biology, 6(4): 78-83. doi: 10.11648/j.ajpb.20210604.11

Soleimani B, Khosh-Khui M and Ramezani S. 2011. Planting Date Effects on Growth, Seed Yield, Essential Oil Content and Chemical Composition of Ajowan. Journal of Applied Biological Sciences, 5 (3): 7-11.

Subedi KD, Ma BL and Xue AG. 2007. Planting date ande nitrogen effects on grain yield and protein content of spring wheat. Crop Science, 47: 36-44.

Thilakarathna RCN, Madhusankha GDMP and Navaratne SB. 2018. Morphological characteristics of black cumin (*Nigella sativa*) seeds. Chemistry Research Journal, 3(3): 40-45.

Vaseghi A and Davazdahemami S. 2016. Evaluation of agronomical, phonological and quality characters of Niger (*Guizotia abyssinica* Cass.) as a new oil plant in different sowing date in Isfahan region. Journal of Oil Plants Production, 2(2): 77-92. (In Persian with English Abstract).

Vaseghi A, Ghanbari A, Heydari M and Davazdahemami S. 2014. Effect of Sowing Date and Growing Season on Agronomical Characters of Isfahanian and Indian Black Cumin. Journal of grope echophysiology, 7(4): 373-392. (In Persian with English Abstract).

Waliullah MD, Hossain M and 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. 10.29244/jtcs.8.02.124-133.