

## Optimizing planting date and density in *Alyssum homolocarpum*: effects on seed yield, oil percentage, and Acid composition

Mohsen Zaferanieh<sup>1</sup>, Batool Mahdavi<sup>\*1</sup>, Farnaz Alasvandyari<sup>1,2</sup>

1. Department of Genetics and Plant Production, Agriculture College, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran

2. Amir Kabir Sugarcane Agro-Industry, Ahvaz, Iran

\*Corresponding Author Email: [b.mahdavi@vru.ac.ir](mailto:b.mahdavi@vru.ac.ir)

### Abstract

**Introduction:** *Alyssum homolocarpum* (Qodumeh Shirazi) is a medicinal annual plant belonging to the Brassicaceae family. Given the increasing tendency to use medicinal plants and their derivatives, interest in the production of such plants has grown both globally and in Iran. One of the primary reasons for this rise in production is the recognition that medicinal plants and their products have fewer side effects in treatment. Like other plants, the growth and yield of medicinal plants are influenced by planting date and plant density. To achieve maximum yield, cultivation must be carried out at an appropriate planting date and optimal plant density. Therefore, this experiment was conducted to investigate the effects of planting date and plant density on seed yield, oil percentage, and fatty acid composition in *Alyssum homolocarpum*.

**Materials and Methods:** The experiment was conducted as a split-plot design based on a randomized complete block design with three replications over two growing seasons (2018–2019 and 2019–2020) at Vali-e-Asr University of Rafsanjan. Planting dates ranged from September 6 to February 6, and plant densities were set at 30, 50, and 70 plants per square meter. Different planting dates were considered the main plot factor, and plant density was the subplot factor. In this study, plant height, seed yield and yield components, oil percentage, fatty acid composition, and mucilage yield were measured. Data analysis was performed using SAS software. Experimental results were analyzed using combined analysis via the PROC MIXED procedure.

**Results:** The results showed that the growing degree days from planting to germination, planting to stem elongation, planting to flowering, and planting to seed maturity were higher for the February 6 planting date. The number of branches per plant, number of clusters per plant, 100-seed weight, and oil percentage were only affected by planting date, with early planting (September 6 and October 6) improving these traits. Specifically, the highest number of branches per plant and clusters per plant were observed on the October 6 planting date. The 100-seed weight and oil percentage were highest on the September 6 planting date compared with other planting dates, while the lowest values for these traits were observed on December 6. Compared to other dates, the September 6 planting date increased 100-seed weight and oil percentage by 30.85% and 55.22%, respectively. Planting date and plant density had a significant effect on the plant height of *Alyssum homolocarpum*, with delays in planting and increases in density leading to reduced plant height. The number of seeds per plant, seed yield, and mucilage yield were highest on the September 6 planting date with a density of 50 plants per square meter. Fatty acid composition was also significantly influenced by different planting dates. Linolenic acid was highest on September 6, while linoleic acid peaked on November 6. Stearic acid levels were highest on October 6, and myristic acid showed a notable decrease until December 6.

**Conclusion:** Based on the results of this experiment, planting dates from September 6 to October 6 and a plant density of 50 plants per square meter are suitable for cultivating *Alyssum homolocarpum*.

**Keywords:** *Alyssum homolocarpum*, Fatty acids, Mucilage yield, Planting date

**Received:** 09-12-2025

**Accepted:** 04-03-2026

**Citation:** Zaferanieh, M., Mahdavi, B., & Alasvandyari, F. (2026). Optimizing planting date and density in *Alyssum homolocarpum*: effects on seed yield, oil percentage, and fatty acid composition. *Plant Production and Genetics*, 7(1), 147-162. <https://doi.org/10.22034/plant.2026.145089.1186>

**Copyrights:**

Copyrights rights for this article is retained by the author (s), with publication rights granted to Plant Production and Genetics. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.



## بهینه‌سازی تاریخ کاشت و تراکم در گیاه قدومه شیرازی (*Alyssum homolocarpum*) تأثیرات

### بر عملکرد دانه، درصد روغن و ترکیب اسیدهای چرب

محسن زعفرانیه<sup>۱</sup>، بتول مهدوی<sup>۱\*</sup>، فرناز علاسوندیاری<sup>۱،۲</sup>

۱. گروه ژنتیک و تولید گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان، رفسنجان، ایران

۲. شرکت کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر، اهواز، ایران

\* ایمیل نویسنده مسئول: [b.mahdavi@vru.ac.ir](mailto:b.mahdavi@vru.ac.ir)

### چکیده

**مقدمه:** قدومه شیرازی (*Alyssum homolocarpum*) گیاهی دارویی، یکساله و متعلق به خانواده براسیکاسه (Brassicaceae) است. از آنجایی که تمایل به استفاده از گیاهان دارویی و یا فرآورده‌های آن روز به روز بیشتر می‌شود، علاقه به تولید گیاهان دارویی نیز در دنیا و ایران افزایش یافته است که از مهمترین دلایل این افزایش تولید، توجه به این واقعیت است که گیاهان دارویی و فرآورده‌های آن، عوارض جانبی کمتری در درمان دارند. رشد و عملکرد گیاهان دارویی نیز مانند سایر گیاهان تحت تاثیر تاریخ کاشت و تراکم بوته قرار می‌گیرد و برای بدست آوردن بیشترین عملکرد باید کشت در تاریخ کاشت مناسب و با تراکم مناسب انجام گیرد. بنابراین، این آزمایش به منظور بررسی اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر عملکرد دانه، درصد روغن و ترکیب اسیدهای چرب در قدومه شیرازی انجام شد.

**مواد و روش‌ها:** آزمایش به صورت طرح اسپلیت پلات در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی دو فصل زراعی (۱۳۹۸-۱۳۹۹ و ۱۳۹۷-۱۳۹۸) در دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان انجام شد. تاریخ‌های کاشت از ۱۵ شهریور تا ۱۵ بهمن متغیر بود و تراکم‌ها بر روی ۳۰، ۵۰ و ۷۰ گیاه در هر مترمربع تنظیم شد. تاریخ‌های مختلف کاشت به‌عنوان عامل اصلی و تراکم کشت نیز به‌عنوان عامل فرعی مورد بررسی قرار گرفتند. در این تحقیق ارتفاع بوته، عملکرد دانه و اجزای آن، درصد روغن، ترکیبات اسیدهای چرب و عملکرد موسیلاژ اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد. نتایج آزمایش به روش تجزیه مرکب و با استفاده از رویه PROC MIXED مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج نشان داد که درجه روز رشد از کاشت تا جوانه‌زنی، از کاشت تا ساقه‌دهی، کاشت تا گلدهی و کاشت تا رسیدگی دانه در تاریخ کاشت ۱۵ بهمن بیشتر بود. تعداد شاخه در بوته، تعداد خوشه در بوته، وزن صد دانه و درصد روغن تنها تحت تاثیر تاریخ کاشت قرار گرفتند و کاشت زود هنگام (۱۵ شهریور و ۱۵ مهر) منجر به بهبود این ویژگی‌ها شد. به طوری که در تاریخ کاشت ۱۵ مهر بیشترین تعداد شاخه در بوته و تعداد خوشه در بوته مشاهده شد. وزن صد دانه و درصد روغن در تاریخ کاشت ۱۵ شهریور بیشتر از سایر تاریخ‌های کاشت بود و در تاریخ ۱۵ آذر کمترین مقادیر این صفات مشاهده شد. وزن صد دانه و درصد روغن در تاریخ کاشت ۱۵ شهریور به ترتیب افزایش ۳۰/۸۵ درصدی و ۵۵/۲۲ درصدی داشتند. تاریخ کاشت و تراکم بوته اثر معنی‌داری بر ارتفاع گیاه قدومه داشتند و با تأخیر در کاشت و افزایش تراکم ارتفاع گیاه کاهش یافت. تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه و عملکرد موسیلاژ در تاریخ ۱۵ شهریور با تراکم ۵۰ بوته در مترمربع بیشترین مقدار را داشتند. ترکیب اسیدهای چرب نیز به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر تاریخ‌های کاشت مختلف بودند. اسید لینولنیک در تاریخ ۱۵ شهریور بالاترین میزان را داشت، در حالی که اسید لینولنیک در تاریخ ۱۵ آبان به اوج خود رسید. سطح اسید استئاریک در تاریخ ۱۵ مهر بالاترین بود و اسید میریستیک تا تاریخ ۱۵ آذر کاهش قابل توجهی داشت.

**نتیجه‌گیری:** براساس نتایج این آزمایش تاریخ کاشت ۱۵ شهریور تا ۱۵ مهر و تراکم ۵۰ بوته در مترمربع برای کشت قدومه شیرازی مناسب می‌باشد.

**کلید واژگان:** اسیدهای چرب، تاریخ کاشت، قدومه، عملکرد موسیلاژ

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۲/۱۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۱۸

**منبع:** زعفرانیه، م، مهدوی، ب، و علاسوندیاری، ف. (۱۴۰۵). بهینه‌سازی تاریخ کاشت و تراکم در گیاه قدومه شیرازی (*Alyssum homolocarpum*) تأثیرات بر عملکرد دانه، درصد روغن و ترکیب اسیدهای چرب، *مجله تولید و ژنتیک گیاهی*، ۷(۱)، ۱۶۲-۱۴۷. <https://doi.org/10.22034/plant.2026.145089.1186>



## مقدمه

قدومه شیرازی (*Alyssum homolocarpum*)، گیاهی سردامدوست و روز بلند می‌باشد (Kochaki et al., 2010). این گیاه دارای خواص درمانی مانند: اثر خلط‌آور، مدر، معرق، مقوی معده، تصفیه کننده خون، اشتهاآور، موثر در رفع بیماری‌های پوستی می‌باشد. قدومه دارای اثر ملین و سمیت‌زدا نیز می‌باشد. همچنین گفته شده است که دم کرده آن باعث حفظ نیروی زندگی و نشاط در کودکان شده و نیز خاصیت ملینی و مدری نیز دارد (Mahmoudi et al., 2019). همراه با پیشرفت‌های مهم پزشکی تمایل به استفاده از گیاهان دارویی و یا فرآورده‌های آن روز به روز بیشتر می‌شود. گونه‌های متعدد گیاهان دارویی برای مقاصد درمانی استفاده می‌شوند. در این رابطه، علاقه به تولید گیاهان دارویی نیز در دنیا افزایش یافته که از مهمترین دلایل این افزایش تولید، توجه به این واقعیت است که گیاهان دارویی و فرآورده‌های آن، عوارض جانبی کمتری در درمان دارند (Albergaria et al., 2020). دانه قدومه شیرازی در آب لعاب تولید می‌کند و دانه‌های این گیاه دارای ۱۸٪ موسیلاژ می‌باشند که می‌توان از موسیلاژ دانه‌های این گیاه به‌عنوان قوام دهنده و تثبیت کننده در صنایع غذایی (نان و لبنیات) استفاده شود (Jalili et al., 2019). برای زراعی کردن یک گیاه در یک منطقه جدید باید واکنش گیاه به عوامل زراعی، ژنتیکی و شرایط اقلیمی بررسی شود. تصمیم‌گیری در مورد تاریخ کاشت مناسب یک گیاه زراعی از اهمیت زیادی برخوردار بوده و در به‌دست آوردن حداکثر عملکرد در گیاهان زراعی مهم می‌باشد. تأثیر عوامل محیطی بر مراحل فنولوژیکی گیاه باعث می‌شود که تاریخ کاشت از منطقه‌ای به منطقه دیگر و حتی در یک منطقه بین ژنوتیپ‌های یک گیاه متفاوت باشد (Zanetti et al., 2020). با تنظیم تاریخ کاشت، می‌توان استفاده از عوامل اکولوژیکی مانند دما، مدت زمان دریافت نور و بارندگی را بهینه کرد تا هماهنگی بهتری بین رشد محصول و شرایط محیطی محلی تضمین شود (Anjum & Arif, 2022; Cann et al., 2020). نتایج بررسی چهار تاریخ کاشت (۱۰ آبان، ۲۵ آبان، ۱۰ آذر و ۲۵ آذر) بر زیره سبز (*Nigella sativa* L.) نشان داد که تاریخ کاشت تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد داشت، به طوری که بالاترین

عملکرد دانه در تاریخ کاشت ۱۰ آذر حاصل شد (Waliullah et al., 2021). در بررسی تعیین مناسب-ترین تاریخ کشت برای ژنوتیپ‌های مختلف سیاهدانه در ترکیه گزارش شده است که 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 (Barut et al., 2023). گزارش شده است که تاریخ کاشت تأثیر قابل توجهی بر عملکرد دانه‌های بالنگو (*Lallemantia* sp.) داشت و به تأخیر انداختن تاریخ کاشت بالنگو تا فروردین ماه، در مقایسه با کاشت در اسفند ماه، گیاهانی با ارتفاع کمتر و عملکرد کمتر تولید کرد (Ahmadi et al., 2021). در گیاه شبلیه (*Trigonella foenumgraecum* L.) نیز گزارش شده است که تأخیر در کاشت باعث کاهش وزن هزار دانه و درنهایت عملکرد دانه (۴۷/۳۵ درصد) شده است (Moosavi et al., 2020). همچنین گزارش شده است که با تأخیر در کاشت گیاه کلزا میزان اسید لینولئیک افزایش و اسید لینولنیک کاهش می‌یابد (Ebrahimi et al., 2010)، در حالی که با تأخیر در کاشت و همزمان با کاهش دما در مرحله رسیدگی دانه‌ها گیاه کرچک، بر میزان اسید لینولنیک افزوده می‌شود (Ramanjaneyulu et al., 2013). تراکم کاشت بر رشد و نمو گیاهان و همچنین بر کارایی استفاده از انرژی نور و تجمع مواد در محصولات زراعی تأثیر می‌گذارد (Tokatlidis, 2014). همچنین تراکم بوته نقش مهمی در ویژگی‌های عملکرد و کیفیت گیاهان ایفا می‌کند (Shah et al., 2021). گزارش شده است که تراکم کاشت مناسب می‌تواند بهره‌وری استفاده از زمین، آب و مواد مغذی را بهبود بخشد و در نتیجه عملکرد گیاه دارویی کرچک (*Ricinus communis* L.) را افزایش دهد (Farhadi et al., 2013). گزارش شده است که افزایش تراکم بوته در کلزا موجب کاهش نفوذ نور به درون سایه‌انداز گیاهی شده در نتیجه از آغازش جوانه‌های تشکیل دهنده شاخه فرعی کاسته می‌شود و کاهش تعداد شاخه فرعی دلیل اصلی کاهش تعداد خورجین در بوته می‌باشد (Liu et al., 2019). یک استراتژی امیدوارکننده برای دستیابی به عملکرد و کیفیت بهینه گیاه، تطبیق تاریخ کاشت و تراکم با شرایط

### آماده سازی و روش انجام کار

در این مطالعه، تاریخ‌های مختلف کاشت به‌عنوان عامل اصلی مورد بررسی قرار گرفتند. بذرها از تاریخ ۱۵ شهریور به‌صورت ماهیانه تا ۱۵ بهمن کاشته شدند. لازم به ذکر است که در تاریخ کاشت ۱۵ دی، به‌دلیل کاهش دما و یخ‌زدگی، گیاه قدومه شیرازی سبز نشد. تراکم کشت نیز به‌عنوان عامل فرعی در سه سطح (۳۰، ۵۰ و ۷۰ بوته در هر مترمربع) تعیین گردید. بذرها در کرت‌هایی به ابعاد  $2 \times 3$  متر کشت شدند. فاصله بین دو ردیف ۲۵ سانتی‌متر، فاصله بین کرت‌های اصلی (تاریخ‌های کاشت) ۲۰۰ سانتی‌متر و فاصله بین تکرارها ۱۰۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. پیش از کاشت، نمونه‌برداری تصادفی از خاک مزرعه در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری انجام شد و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد ارزیابی قرار گرفتند (جدول ۱).

اکولوژیکی خاص هر منطقه است. با این حال، در رابطه با تاریخ کاشت و تراکم کاشت بهینه قدومه شیرازی در مناطق اکولوژیکی مختلف، اطلاعات علمی در دسترس نیست و مطالعات کمی روی قدومه شیرازی برای شناخت نیازهای اکولوژیکی و فیزیولوژیکی این گیاه صورت گرفته است. بنابراین هدف این آزمایش‌ها بررسی بهترین تاریخ کاشت و تراکم بهینه قدومه شیرازی برای بدست آوردن بیشترین عملکرد دانه و اجزای عملکرد می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

این تحقیق در دو سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ و ۱۳۹۹-۱۳۹۸ در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی‌عصر (عج) ۱۳۹۸ رفسنجان به‌منظور ارزیابی تأثیر تاریخ کاشت و تراکم بر عملکرد گیاه دارویی قدومه شیرازی، به‌صورت آزمایش اسپیلت پلات بر پایه‌ی طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد.

جدول ۱- تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک استفاده شده از عمق صفر و ۳۰ سانتی‌متر خاک

بافت خاک	ماده آلی(%)	نیترژن(%)	پتاسیم	فسفر	آهن	مس	روی	منیزیم	منگنز	کلسیم	اسیدیته	EC
شنی-رسی	۰/۸۷	۰/۱۳	۳۹۱	۹	۱/۲۳۸	۰/۷۳	۰/۴۷	۷/۸۷	۰/۴۱	۰/۸۱	۷/۵۲	۲/۶۳
								ppm				(dS.m <sup>-1</sup> )

که  $n$  تعداد روزهای رشد  $T_{max}$  حداکثر دمای روزانه،  $T_{min}$  حداقل دمای روزانه و  $T_b$  دمای پایه است. دمای پایه برای قدومه برابر با  $5/73$  درجه سلسیوس در نظر گرفته شد (Zafaranih *et al.*, 2020).

در این آزمایش تعداد شاخه در بوته، ارتفاع گیاه (از سطح زمین تا آخرین گره ساقه اصلی در زمان برداشت)، تعداد خوشه در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن صد دانه، و عملکرد دانه اندازه‌گیری شد. برداشت عملکرد دانه گیاهان در آخر فصل رشد همزمان با زرد شدن خورجینک‌ها و برگ‌های قدومه از یک مترمربع انجام شد.

کاشت بذرها به‌صورت دستی و در عمق سه سانتیمتر انجام شد و سطح آن‌ها با مخلوطی از کود حیوانی و ماسه بادی پوشانده شد. آبیاری نیز به‌صورت قطره‌ای صورت گرفت. کود اوره به‌میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در مرحله چهار برگی به گیاه داده شد.

در این تحقیق، از درجه روز رشد (GDD) برای بررسی روند رشد گیاه استفاده شده است و مراحل فنولوژیکی شامل جوانه‌زنی، آغاز ساقه‌دهی، ۵۰ درصد گلدهی، دانه‌بندی و رسیدگی فیزیولوژیک ثبت شد. این مراحل با بررسی گیاهان واقع در یک متر ردیف از هر کرت ثبت شدند. برای تعیین GDD هر یک از این مراحل، براساس آمار روزانه دما و طبق

معادله زیر محاسبه شد:

$$GDD = \sum_1^n \left[ \frac{T_M + T_m}{2} - T_b \right]$$

### عملکرد موسیلاژ

برای استخراج موسیلاژ از دانه‌های قدومه، از روش ارائه شده توسط Kochaki و همکاران (۲۰۱۰) بهره‌برداری شد. در این فرایند، دانه‌های قدومه شیرازی به نسبت ۱ به ۴۰ با آب ترکیب گردیدند. ابتدا pH آب دیونیزه با استفاده از محلول ۰/۱ مولار NaOH یا HCl تنظیم و سپس در حمام آب گرم تا دمای ۳۶ درجه سلسیوس حرارت داده شد. پس از آن، دانه‌ها به مخلوط اضافه شدند و دوباره در حمام آب گرم قرار گرفتند تا فرآیند جذب آب تکمیل شود و به‌طور متناوب هم زده شدند. بعد از این مرحله، مخلوط به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۱۵۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. در نهایت، موسیلاژ حاصل از مرحله قبل در آون در دمای ۴۰ درجه سلسیوس خشک شد. دانه‌ها پس از خشک شدن آسیاب شده و از الک عبور داده شدند، سپس بسته‌بندی و در شرایط خشک و خنک نگهداری شدند. عملکرد موسیلاژ دانه‌های قدومه با استفاده از روش زیر محاسبه گردید:

(عملکرد دانه کیلوگرم در هکتار × درصد موسیلاژ (دانه) ÷ ۱۰۰) = عملکرد موسیلاژ (کیلوگرم در هکتار)

### درصد روغن

برای استخراج روغن ابتدا دانه‌های قدومه را آسیاب کرده و پس از وزن کردن داخل کاغذ صافی ریخته و آن را داخل کارتوش کاغذی گذاشته و این مجموعه را درون عصاره‌گیر قرار داده شد. سپس عصاره‌گیر در مخزن حرارتی قرار گرفت و میرد روی عصاره‌گیر قرار داده شد و ورودی و خروجی آب توسط دو شلنگ متصل گردید. پس از آن حلال ان هگزان را به میزان دو برابر وزن نمونه داخل مخزن ریخته شد، آن را به وسیله منبع حرارتی گرم کرده تا حلال ان هگزان به جوش آمد. بخار حاصل از این حلال از طریق لوله‌ای که در کنار عصاره‌گیر نصب شده بود به سمت میرد هدایت شد. این بخار به صورت قطره قطره درآمده و بر روی نمونه داخل کارتوش چکیده شد و به تدریج روغن موجود در نمونه‌ها را در خود حل کرد. حلال ان هگزان که محتوی مقدار کمی روغن بود مجدداً بخار شد و این چرخه به مدت ۵-۶ ساعت انجام شد تا رنگ حلال تغییر کرد. در ادامه برای جداسازی روغن ان هگزان از دستگاه روتاری استفاده شد. سپس حلال در نقطه پایین تری از نقطه جوش خود تبخیر شده و روغن خالص به دست می‌آید.

$$OP = \frac{OW \times 100}{DW}$$

در این رابطه OP درصد روغن نمونه، OW وزن خالص روغن مغز و DW وزن اولیه نمونه می‌باشد (Akpan et al., 2006).

### آنالیز اسیدهای چرب دانه

ترکیبات اسیدهای چرب موجود در بذره‌های قدومه با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی با طیف‌سنج جرمی (GC/MS) شناسایی شدند. این شناسایی براساس طول موج‌های به دست آمده و مقایسه آن‌ها با اطلاعات موجود در کتابخانه دستگاه انجام شد (جدول ۴). در ابتدا، بذره‌های گیاه آسیاب شدند و سپس ۱۰ گرم از آن‌ها با استفاده از حلال هگزان نرمال و روش سوکسله به مدت دو روز عصاره‌گیری گردید. عصاره به دست آمده با استفاده از دستگاه تقطیر دوار در شرایط خلا و در دمای زیر ۴۰ درجه سلسیوس غلیظ شد. یک گرم از عصاره هگزانی حاصل در یک بالن با ۲۰ میلی‌لیتر پتاس متانولی به مدت ۲۵ دقیقه هم زده شد. سپس ۱۲ میلی‌لیتر تری فلئوئوربم از طریق میرد به محتویات بالن افزوده و به مدت ۱۰ دقیقه حرارت داده شد. بعد از قطع حرارت، محلول نمک طعام به فاز آبی اضافه شد. در این مرحله، فاز هگزان که حاوی اسیدهای چرب بود، در دانه گلویی بالن قرار گرفت و فاز هگزانی بالایی جدا شده و بعد از آب‌گیری، مقدار یک میکرولیتر از نمونه به کمک سرنگ میکرولیتری به دستگاه GC/MS تزریق گردید (Nickavar et al., 2005). مدل دستگاه کروماتوگرافی گازی مورد استفاده HP-6890 بود که به آشکارساز یونیزاسیون شعله‌ای و ستون موئینه‌ای از جنس سیلیکای ذوب شده (طول ستون ۲۵ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت فیلم ۰/۲۵ متر) مجهز بود. گاز هلیوم با فشار ۱ بار و درجه خلوص ۹۹/۹۹ درصد به عنوان گاز حامل انتخاب شد. دمای تزریق برای اسیدهای چرب بین ۱۶۰ تا ۲۳۰ درجه سلسیوس با نرخ افزایش ۸ درجه سلسیوس در دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه تنظیم گردید. برای بررسی مشتقات استرول‌ها، دمای تزریق از ۲۳۰ درجه سلسیوس تا ۲۷۵ درجه سلسیوس با نرخ افزایش ۱ درجه سلسیوس در دقیقه به مدت ۳۰ دقیقه و دمای نمونه‌گیری ۲۷۵ درجه سلسیوس بود. شدت جریان گازهای نیتروژن، هیدروژن و هوا در دتکتور به ترتیب برابر با ۲۵، ۳۰ و ۳۰۰ میکرولیتر بر دقیقه تنظیم شد. پس از تزریق نمونه به دستگاه کروماتوگرافی گازی، منحنی مربوطه رسم شده و زمان بازداری هر اسید چرب با منحنی استاندارد آن مقایسه گردید (Yang et al., 2003).

## تجزیه و تحلیل داده‌های آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (SAS Institute Inc, 2011) انجام شد. نتایج آزمایش به روش تجزیه مرکب و با استفاده از رویه PROC MIXED مورد بررسی قرار گرفت (Yang, 2010). این نرم‌افزار به راحتی امکان تجزیه و تحلیل داده‌ها را با استفاده از رویه مختلط (PROC MIXED) فراهم می‌کند. در مدل‌های مختلط، اثرات تصادفی برای توصیف ساختار همبستگی داده‌ها به کار گرفته می‌شود و فرض بر این است که پاسخ داده‌ها به‌طور معمول مستقل از اثرات تصادفی هستند. ایده اصلی این مدل‌ها بر پایه وجود ترکیبی از اثرات ثابت و تصادفی است. هر اثر در مدل با واریانس مرکب باید به دو دسته اثرات ثابت و تصادفی تقسیم‌بندی شود. اگر تمامی اثرات یک مدل (به جز عرض از مبدأ) به‌عنوان عوامل تصادفی در نظر گرفته شوند، آن مدل به‌عنوان مدل تصادفی شناخته می‌شود. به همین ترتیب، اگر تمامی اثرات ثابت باشند، مدل به‌عنوان مدل ثابت نامیده می‌شود. در صورتی که برخی از عوامل ثابت و برخی دیگر تصادفی باشند، آن مدل مختلط نامیده می‌شود. رویه مختلط توانایی مدیریت داده‌های نامتعادل را بهتر از رویه خطی عمومی (PROC GLM) دارد. در PROC GLM، باید یکی از چهار نوع مجموع مربعات برای آزمون F انتخاب شود. همچنین، در تجزیه و تحلیل داده‌های نامتعادل در GLM، اگر تمام اثرات ثابت و تصادفی به‌عنوان تصادفی در نظر گرفته شوند، این رویه قادر به تخمین حداقل میانگین مربعات نخواهد بود، در حالی که این مشکل در PROC MIXED وجود ندارد. یکی دیگر از مزایای PROC MIXED قابلیت تجزیه و تحلیل انواع مختلف طرح‌های آزمایشی و شناسایی مناسب‌ترین طرح برای یک تحقیق است.

همبستگی بین صفات با استفاده از ضریب پیرسون محاسبه شد. مقایسه میانگین داده‌ها نیز با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت. رسم منحنی‌ها و جداول نیز با نرم‌افزارهای Word و Excel انجام شد.

## نتایج و بحث

نتایج نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر درجه روز رشد از کاشت تا جوانه‌زنی، از کاشت تا ساقه‌دهی، کاشت تا گلدهی و کاشت تا رسیدگی دانه قدومه شیرازی معنی‌داری بود (جدول ۲). بیشترین درجه روز رشد از کاشت تا رسیدگی

مربوط به تاریخ کاشت ۱۵ شهریور بود؛ به‌طوری‌که مدت زمان لازم از کاشت تا جوانه‌زنی، از کاشت تا ساقه‌دهی، کاشت تا گلدهی و کاشت تا رسیدگی دانه به‌ترتیب برابر با ۱۲۸/۵۲، ۱۸۵۲/۱۳۸، ۱۹۷۹/۱۳۴ و ۲۴۶۸/۱۴۷ درجه روز رشد ثبت شد (جدول ۳). با تاخیر در تاریخ کاشت، مدت زمان سپری شده برای دستیابی به هریک از مراحل فنولوژیک به‌طور معنی‌داری کاهش یافت؛ به‌طوری‌که کمترین مقادیر مربوط به تاریخ کاشت ۱۵ آذر و ۱۵ بهمن بود. به‌طور کلی، با تاخیر در کاشت، مدت دوره‌های فنولوژیک به‌شکل معنی‌داری کاهش یافت (به‌جز مرحله رسیدگی فیزیولوژیک در ۱۵ آبان که نسبت به سایر مراحل بالا بود)، که این تغییر می‌تواند به دلیل افزایش دمای محیط در طول فصل رشد باشد (جدول ۳).

این نتایج نشان می‌دهد که کاشت زود هنگام باعث رشد طولانی‌تر و استفاده بیشتر گیاه از شرایط مطلوب محیطی می‌شود، در حالی که کاشت دیر هنگام منجر به تسریع مراحل فنولوژیک و کوتاه شدن چرخه رشد خواهد شد. دلیل این امر را می‌توان عمدتاً به دمای محیط و طول روز در تاریخ‌های کاشت متفاوت نسبت داد. گیاهانی که زودتر کاشته می‌شوند، در شرایط دمایی و نوری مساعدتری رشد نموده و فرصت بیشتری برای نمو دارند، در حالی که در تاریخ‌های کاشت دیرتر، گیاهان تحت تنش‌های دمایی یا روز کوتاه قرار گرفته و راهبرد گیاه، تسریع مراحل فنولوژیک جهت تکمیل چرخه رشد در زمان کوتاه‌تر است. در تاریخ کاشت ۱۵ آذر نیز بعد از مرحله کاشت، کاهش دمای هوا سبب عدم استقرار مناسب گیاهچه‌ها و سرمازدگی برگ‌های جوان قدومه شده است. همچنین مقدار درجه روز رشد در کشت ۱۵ آذر نسبت به سایر تاریخ‌های کاشت دیگر کمتر می‌باشد که نشان دهنده عدم تامین درجه روز رشد در این گیاه می‌باشد.

روزبلند بودن گیاه قدومه سبب واکنش گیاه به فتوپریود می‌شود به‌نحوی که در اثر مواجه شدن با طول روز بلند، رشد رویشی متوقف شده و گیاه وارد مرحله زایشی می‌گردد. در تاریخ کاشت ۱۵ بهمن، کوتاه‌ترین طول دوره رشد تا رسیدگی در گیاه قدومه مشاهده گردید و با برآورده شدن نیاز سرمایی این گیاه در ابتدای مراحل رشد و برخورد با طول روزهای بلند وارد مرحله زایشی شد.

گزارش شده است که کشت تأخیری در گیاه سیر به دلیل اثر افزایش دمای محیط، گیاهان رشد رویشی و زایشی خود

را در زمان کمتری تکمیل می‌نمایند و تعداد روز از کاشت تا رسیدگی کاهش می‌یابد (El-Zohiri & Farag, 2014). در گیاه بابونه آلمانی گزارش شده است که تاریخ‌های مختلف کاشت تأثیر معنی‌داری بر درجه روز رشد داشتند. با تأخیر در کاشت این گیاه، تعداد روزهای مورد نیاز برای رسیدن به هر مرحله فنولوژیکی کاهش یافت. بیشترین میزان درجه روز رشد در کاشت زود هنگام این گیاه به دست آمد و با تأخیر در کاشت، این میزان به تدریج کاهش یافت

را در زمان کمتری تکمیل می‌نمایند و تعداد روز از کاشت تا رسیدگی کاهش می‌یابد (El-Zohiri & Farag, 2014). در گیاه بابونه آلمانی گزارش شده است که تاریخ‌های مختلف کاشت تأثیر معنی‌داری بر درجه روز رشد داشتند. با تأخیر در کاشت این گیاه، تعداد روزهای مورد نیاز برای رسیدن به هر مرحله فنولوژیکی کاهش یافت. بیشترین میزان درجه روز رشد در کاشت زود هنگام این گیاه به دست آمد و با تأخیر در کاشت، این میزان به تدریج کاهش یافت

جدول ۲- مقدار درجه آزادی و سطح احتمال برای درجه روز رشد کاشت تا جوانه‌زنی، کاشت تا ساقه دهی، کاشت تا گلدهی و کاشت تا دانه‌بندی در قدومه شیرازی

سطح احتمال					منابع تغییرات
درجه آزادی	درجه روز رشد از کاشت تا جوانه‌زنی	درجه روز رشد از کاشت تا ساقه دهی	درجه روز رشد از کاشت تا گلدهی	درجه روز کاشت تا رسیدگی دانه	
۴	۰/۰۵۰۲*	۰/۰۰۳۸**	۰/۰۰۷۳**	۰/۰۰۴۶**	تاریخ کاشت
۲	۰/۹۷۱۹	۰/۳۳۴۱	۰/۸۵۵۴	۰/۵۶۰۹	تراکم
۸	۰/۷۷۹۶	۰/۶۴۹۶	۰/۹۷۴۴	۰/۴۹۶۹	تراکم × تاریخ کاشت
-	۷۳۳/۹	۱۱۶۰/۳	۱۱۱۰/۷	۲۹۸/۳	AIC

\* و \*\* به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱ و ۵ درصد. AIC (Akaike information criterion) معیاری برای سنجش برازش است. این معیار براساس مفهوم آنتروپی بنا شده است و نشان می‌دهد که استفاده از یک مدل آماری به چه میزان باعث از دست رفتن اطلاعات می‌شود. به عبارت دیگر، این معیار تعادلی میان دقت مدل و پیچیدگی آن برقرار می‌کند.

جدول ۳- اثر تاریخ کاشت‌های مختلف بر درجه روز رشد از کاشت تا جوانه‌زنی، کاشت تا ساقه دهی، کاشت تا گلدهی، کاشت تا دانه‌بندی و کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک در قدومه شیرازی. اعداد مجموع دو سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۹ می‌باشند.

تاریخ کاشت	درجه روز رشد از کاشت تا جوانه‌زنی	درجه روز رشد از کاشت تا ساقه دهی	درجه روز رشد از کاشت تا گلدهی	درجه روز کاشت تا رسیدگی دانه
۱۵ شهریور	۱۲۸/۱۱ <sup>a</sup>	۱۸۵۲/۱۳۸ <sup>a</sup>	۱۹۷۹/۱۳۴ <sup>a</sup>	۲۴۶۸/۱۴۷ <sup>a</sup>
۱۵ مهر	۱۱۰/۱۳ <sup>b</sup>	۱۰۷۳/۱۱۸ <sup>b</sup>	۱۳۴۴/۱۳۰ <sup>b</sup>	۱۶۷۲/۱۳۴ <sup>b</sup>
۱۵ آبان	۶۹/۵ <sup>c</sup>	۷۲۲/۹۸ <sup>d</sup>	۹۱۰/۱۱۸ <sup>d</sup>	۱۲۱۱/۱۲۴ <sup>d</sup>
۱۵ آذر	۵۰/۸ <sup>d</sup>	۴۵۵/۸۲ <sup>e</sup>	۶۲۹/۱۲۶ <sup>e</sup>	۸۰۹/۱۴۷ <sup>e</sup>
۱۵ بهمن	۵۸/۵ <sup>d</sup>	۸۵۴/۱۰۱ <sup>c</sup>	۱۰۶۹/۱۲۶ <sup>c</sup>	۱۳۳۸/۱۴۷ <sup>c</sup>

در هر ستون میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند. نتایج بیانگر میانگین  $\pm$  خطای استاندارد (SE) سه تکرار هستند.

نتایج حاصل از بررسی اثر تاریخ کاشت بر خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک قدومه شیرازی (جدول ۴) نشان داد که تاریخ‌های مختلف کاشت تأثیر معنی‌داری بر تعداد شاخه در بوته، تعداد خوشه در بوته، وزن صد دانه و درصد روغن دارد. بالاترین میانگین تعداد شاخه، تعداد خوشه، وزن صد دانه و درصد روغن مربوط به تاریخ کاشت ۱۵ مهر بود که با سایر تاریخ‌های کاشت اختلاف معنی‌داری داشت. همچنین کشت در ۱۵ شهریور نیز مقادیر بالایی از تعداد خوشه در بوته و درصد روغن را نشان داد، اما از لحاظ وزن

صد دانه در رتبه دوم قرار گرفت. با به تعویق افتادن تاریخ کشت از آبان به بعد، کاهش معنی‌داری در همه صفات مذکور مشاهده شد، به طوری که کمترین مقدار این صفات مربوط به تاریخ کاشت ۱۵ آذر و ۱۵ بهمن بود. به طور خاص، کمترین تعداد شاخه در بوته و کمترین درصد روغن در تاریخ ۱۵ آذر مشاهده شد. همچنین پایین‌ترین وزن صد دانه نیز متعلق به همین تاریخ کاشت بود (جدول ۵) به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که بهترین تاریخ کاشت برای به دست آوردن وزن صد دانه و درصد روغن در قدومه

عملکرد نشان می‌دهند (Herrera et al., 2020). همچنین گزارش شده است که که تعداد شاخه در بوته‌های باقلا در تاریخ کاشت اول (اواخر شهریور)، سه برابر تعداد آن در تاریخ کاشت چهارم (اواسط اسفند) بود (Khalil et al., 2011). تعداد شاخه در گیاهان تحت تأثیر وارپته و محیط هستند و همچنین تاریخ کشت نیز تعداد شاخه‌ها در بوته را تحت تاثیر قرار می‌دهد به طوری که در کشت‌های زود هنگام تعداد شاخه به طور معنی‌داری از کشت‌های تاخیری بیشتر می‌باشد (Dash et al., 2013).

بیان شده است که با تأخیر در کاشت به دلیل مواجه شدن با دماهای بالاتر طی دوره رشد رویشی، نمو گیاه تسریع پیدا می‌کند. کوتاه شدن دوره رشد باعث کاهش جذب تشعشع طی فصل رشد شده و در نهایت کاهش مقدار تولید مواد فتوسنتزی را به دنبال دارد. بنابراین کاهش تعداد خوشه در واحد سطح تحت تأثیر تأخیر در کاشت قدمه را می‌توان به دلیل کاهش استفاده از منابع تولید و در نتیجه کاهش تولید مواد فتوسنتزی نسبت داد. عامل اصلی افزایش تعداد خوشه در بوته در تاریخ‌های کاشت زود هنگام می‌تواند ناشی از طولانی‌تر شدن دوره رشد رویشی و زایشی و تولید اندام‌های زایشی بیشتر در آن‌ها باشد. همچنین کاشت زود هنگام با توسعه زودتر و بیشتر سطح برگ موجب جذب بیشتر نور، افزایش فتوسنتز و در نتیجه فراهم آوردن مواد فتوسنتزی بیشتر جهت تکامل خوشه‌ها می‌گردد (Ikejiri & Takahashi, 2016). گزارش شده است که در گیاه ذرت با تأخیر در کاشت به علت کاهش طول دوره رشد، تعداد خوشه در بوته کاهش یافت است، که دلیل این امر می‌تواند ناشی از آن باشد که با تأخیر در کاشت و مواجه شدن مراحل رشد گیاه با حرارت و احیاناً خشکی، پوشش سبز و دوام سطح برگ کاهش یافته و در نتیجه ساخت مواد فتوسنتزی کاهش پیدا کرده و با کم شدن مواد فتوسنتزی، رقابت درون بوته‌ای افزایش یافته و نه تنها تعداد گل کمتری در هر بوته تشکیل می‌شود، بلکه ریزش گل نیز زیاد شده و در نهایت تعداد غلاف در هر بوته کاهش یافته است (Nyakudya & stroosnijder, 2014).

شیرازی، مربوط به بازه اوایل ۱۵ شهریور تا اوایل مهر می‌باشد و تأخیر در تاریخ کاشت منجر به کاهش معنی‌دار این ویژگی‌ها می‌شود.

با توجه به داده‌های جدول ۳، تاریخ کاشت نقش بسیار مهمی در صفات کمی و کیفی گیاه مورد بررسی دارد. نتایج نشان داد که کاشت در ماه‌های اولیه یعنی ۱۵ شهریور و ۱۵ مهر، سبب افزایش قابل توجه تعداد شاخه در بوته، تعداد خوشه در بوته، وزن صد دانه و درصد روغن می‌شود. به‌ویژه، کاشت در ۱۵ مهر بیشترین تعداد شاخه و خوشه، وزن صد دانه نسبتاً بالا و درصد روغن نسبتاً مطلوب را دارا بود که نشان‌دهنده سازگاری بهتر شرایط جوانه‌زنی و رشد گیاه با این تاریخ کاشت است (جدول ۵).

درمقابل، تأخیر در کاشت و انتقال آن به ماه‌های آبان، آذر و بهمن موجب کاهش معنی‌دار این صفات گردید؛ به‌نحوی که کمترین مقدار تعداد شاخه، خوشه، وزن صد دانه و درصد روغن در کاشت ۱۵ آذر مشاهده شد. این کاهش می‌تواند ناشی از مواجهه گیاه با دمای پایین‌تر، مدت زمان کوتاه‌تر رشد و محدودیت‌های نوری و تغذیه‌ای در فصل زمستان باشد. همچنین، با توجه به داده‌ها، بین تاریخ کاشت ۱۵ شهریور و ۱۵ مهر تفاوت بسیار کمی در صفات اندازه‌گیری شده وجود داشت که بیانگر این است که فصل پاییز بهترین زمان کاشت برای دستیابی به عملکرد بالا و کیفیت مطلوب محصول است. اهمیت این موضوع زمانی بیشتر می‌شود که کاهش معنی‌دار صفات در کاشت‌های تأخیری منجر به افت عملکرد و کیفیت نهایی محصول گردد.

از لحاظ درصد روغن، بیشترین مقدار روغن در تاریخ کاشت ۱۵ شهریور به دست آمد که حاکی از تأثیر مستقیم تاریخ کاشت بر کیفیت روغن تولیدی است. وزن صد دانه نیز با تأخیر کاشت، روند نزولی داشته که نشان می‌دهد که رشد و پرشدن دانه‌ها در شرایط مساعدتر ابتدای فصل بهتر انجام می‌شود (جدول ۵).

مطالعات مختلف تأثیر قابل توجه تاریخ کاشت، تراکم کاشت و اثر متقابل آنها بر عملکرد دانه گندم و پارامترهای مرتبط با آن را نشان داده‌اند. این یافته‌ها تأیید می‌کنند، که تاریخ کاشت و تراکم کاشت همگی اثرات قابل توجهی بر اجزای

جدول ۴- مقدار درجه آزادی و سطح احتمال برای عملکرد دانه، اجزای عملکرد، درصد روغن و عملکرد موسیلاژ

قدومه شیرازی								
سطح احتمال								
منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد شاخه در بوته	تعداد خوشه در بوته	وزن صد دانه	درصد روغن	ارتفاع بوته	تعداد دانه در بوته	عملکرد عملکرد موسیلاژ
تاریخ کاشت	۴	۰/۰۰۰۶**	۰/۰۰۰۷**	۰/۰۳۶۲*	۰/۰۰۱۴**	۰/۰۰۰۲**	۰/۰۰۰۲**	۰/۰۰۰۹**
تراکم	۲	۰/۲۵۷۵	۰/۲۸۶۵	۰/۴۳۲۵	۰/۱۹۴۶	۰/۰۲۳۴*	۰/۰۰۹۹**	۰/۱۳۴۷
تاریخ کاشت × تراکم	۸	۰/۲۶۶۸	۰/۴۸۴۹	۰/۵۸۶۹	۰/۷۳۶۲	۰/۰۲۲۲**	۰/۰۰۰۱**	۰/۰۰۷۱**
AIC	-	۳۷۴	۳۷۴/۱	۱۷۰/۸	۵۶۸/۲	۶۰۷	۹۷۱/۶	۳۹۷/۶

\* و \*\* به ترتیب معنی داری در سطح ۱ و ۵ درصد. (AIC (Akaike information criterion) معیاری برای سنجش برازش است. این معیار براساس مفهوم آنتروپی بنا شده است و نشان می‌دهد که استفاده از یک مدل آماری به چه میزان باعث از دست رفتن اطلاعات می‌شود. به عبارت دیگر، این معیار تعادلی میان دقت مدل و پیچیدگی آن برقرار می‌کند.

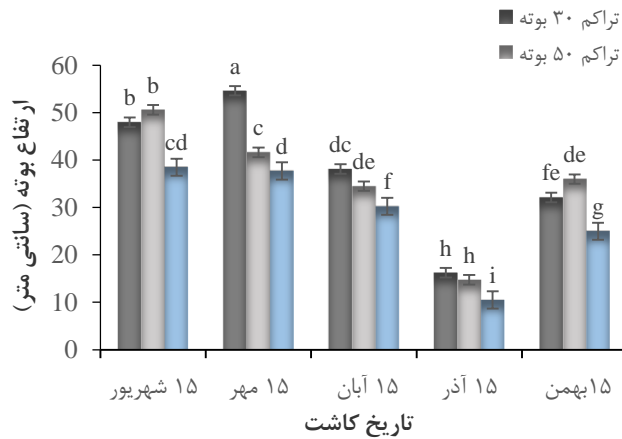
جدول ۵- اثر تاریخ کاشت‌های مختلف بر تعداد شاخه در بوته، تعداد خوشه در بوته، وزن صد دانه و درصد روغن قدومه شیرازی اعداد میانگین مجموع دو سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۹ می‌باشند.

تاریخ کشت	تعداد شاخه در بوته	تعداد خوشه در بوته	وزن صد دانه	درصد روغن
۱۵ شهریور	۶/۹۷b	۹/۲۰۸a	۱/۰۹a	۲۸/۶۶a
۱۵ مهر	۷/۶۲a	۹/۸۷۵a	۱/۰۱۶b	۲۶b
۱۵ آبان	۴/۹۱c	۷/۵b	۰/۹۲۸c	۲۰/۲۳c
۱۵ آذر	۱/۹۵d	۱/۶۲۳c	۰/۸۳۳d	۱۶/۷۵d
۱۵ بهمن	۵/۳۷c	۷/۷۳۵b	۱/۰۰b	۲۰/۶۶c

در هر ستون میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند.

دوره رکود زمستانه است که موجب رشد بهتر و افزایش ارتفاع آنها شده است و این موضوع کاملاً مطابق یافته‌های نمودار است. نتایج نشان داد که تاریخ‌های کاشت و تراکم بوته بر ارتفاع گیاه ذرت اثر قابل توجهی داشت و آن را کاهش داد (Abouzaytonh & Albaba., 2025). همچنین Balalic و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که تأخیر در کاشت کلزا سبب تأثیر دما بر مراحل رشد گیاه شده است و عدم دمای پایین در هنگام کاشت سبب کاهش ارتفاع گیاه و عدم ذخیره کافی مواد غذایی برای این گیاه شده است. در ابتدای مراحل رشد، قبل از مرحله ساقه‌دهی تیپ رشدی قدومه خوابیده است و به نظر می‌رسد افزایش تراکم در این مرحله سبب شده است که گیاه برای بدست آوردن منابع با سایر گیاهان رقابت کند و رشد ضعیف‌تری نسبت به سایر تراکم‌ها داشته باشد.

شکل ۱ تغییرات ارتفاع گیاه قدومه را در تاریخ‌های مختلف کاشت و سطوح تراکم مختلف نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود، بیشترین ارتفاع گیاه مربوط به تاریخ کاشت ۱۵ مهر و تراکم ۳۰ بوته در مترمربع می‌باشد که اختلاف معنی داری با سایر تیمارها دارد. با تأخیر در تاریخ کاشت، ارتفاع گیاه به‌طور قابل توجهی کاهش یافت، به‌طوری که کمترین ارتفاع در تاریخ ۱۵ آذر و تراکم ۷۰ بوته در مترمربع مشاهده شد. همچنین با افزایش تراکم از ۳۰ به ۷۰ بوته در مترمربع، ارتفاع گیاه در هر تاریخ کاشت کاهش یافت. در مجموع، نتایج نشان داد که هم تاریخ کاشت و هم تراکم بوته اثر معنی داری بر ارتفاع گیاه قدومه دارند و تأخیر در کاشت و افزایش تراکم هر دو سبب کاهش ارتفاع گیاه شدند. بنابراین دلیل اصلی اینکه ارتفاع گیاهان در ۱۵ بهمن بیشتر از ۱۵ آذر بوده است، بهبود شرایط اقلیمی (دمای مناسب‌تر و نور بیشتر) و خروج گیاهان از

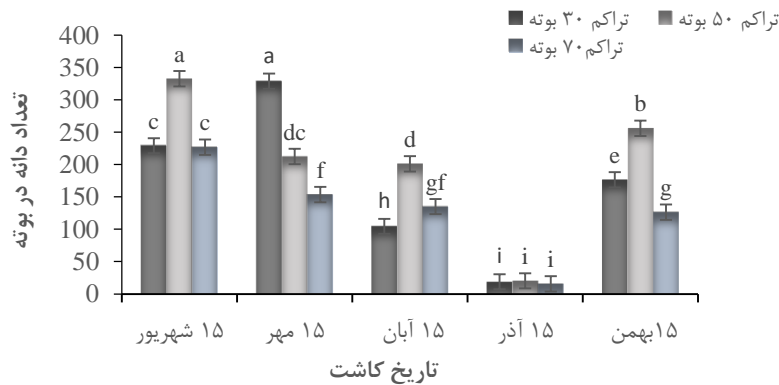


شکل ۱- اثر تاریخ کاشت‌ها و تراکم‌های مختلف بر ارتفاع بوته قدومه شیرازی

اعداد میانگین مجموع دو سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۸ می‌باشند. میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند. نشانگرهای میله‌ای بیانگر میانگین  $\pm$  خطای استاندارد (SE) سه تکرار هستند.

کاهش یافته و کمترین مقدار به تاریخ ۱۵ آذر در همه تراکم‌ها اختصاص داشت. همچنین، در تاریخ کاشت ۱۵ بهمن، تعداد دانه در هر بوته نسبت به تاریخ‌های تأخیری افزایش نشان داد، اما همچنان کمتر از تاریخ‌های زود هنگام بود. به‌طور کلی، می‌توان نتیجه گرفت که کاشت زود هنگام و تراکم کم منجر به افزایش تعداد دانه در هر بوته قدومه شیرازی شد.

شکل ۲ اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته را بر تعداد دانه در بوته قدومه شیرازی نشان می‌دهد. بیشترین تعداد دانه در هر بوته مربوط به تاریخ‌های کاشت زود هنگام (۱۵ شهریور و ۱۵ مهر) و تراکم کم (۳۰ بوته در مترمربع) بود که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها داشتند. در همین تاریخ‌های کاشت، با افزایش تراکم به ۵۰ و ۷۰ بوته در مترمربع، تعداد دانه در هر بوته کاهش یافت. با تأخیر در تاریخ کاشت (۱۵ آبان و ۱۵ آذر)، تعداد دانه در هر بوته به‌طور قابل توجهی



شکل ۲- اثر تاریخ کاشت‌ها و تراکم‌های مختلف بر تعداد دانه در بوته قدومه شیرازی

اعداد میانگین مجموع دو سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۹ می‌باشند. میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک، براساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری ندارند. نشانگرهای میله‌ای بیانگر میانگین  $\pm$  خطای استاندارد (SE) سه تکرار هستند.

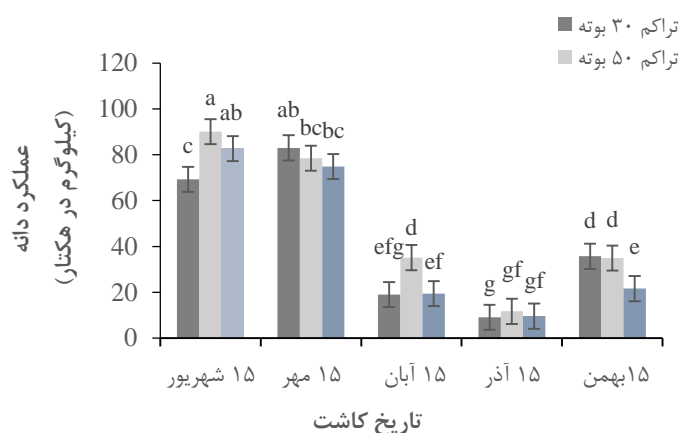
از تراکم‌های پایین تا متوسط منجر به بهره‌برداری مناسب از شرایط محیطی از جمله دما، رطوبت و نور شده و در نتیجه گیاهان فرصت بیشتری برای رشد و تشکیل بذر داشتند.

با تأخیر در تاریخ کاشت (به‌ویژه ۱۵ آذر و ۱۵ آبان)، تعداد بذر در هر گیاه به شدت کاهش یافت، به‌طوری‌که کم‌ترین

همان‌گونه که در شکل مشاهده می‌شود، تاریخ کاشت و تراکم بوته تأثیر قابل توجهی بر تعداد دانه در هر گیاه دارد. بیشترین تعداد دانه در دو تاریخ کاشت ۱۵ شهریور و ۱۵ مهر و در تراکم‌های ۳۰ و ۵۰ بوته در مترمربع مشاهده گردید؛ به‌طوری‌که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها داشتند این نتایج نشان می‌دهد کاشت زود هنگام و استفاده

همچنین بیان شده است که وزن کمتر دانه از دانه‌هایی که تاریخ کاشت دیرهنگام داشتند، به ظرفیت محدود منبع فتوسنتزی مربوط می‌شد (Bonelli *et al.*, 2016). عملکرد دانه قدومه شیرازی به شدت تحت تأثیر تاریخ کاشت و تراکم بوته قرار گرفت. بیشترین عملکرد دانه در تاریخ‌های کاشت زودهنگام به‌ویژه ۱۵ شهریور و ۱۵ مهر مشاهده شد. در این دو تاریخ، با افزایش تراکم (از ۳۰ به ۷۰ بوته در مترمربع) عملکرد تا حدی افزایش یافت اما این افزایش در بعضی موارد تفاوت معنی‌داری نشان نداد. درمقابل، با تأخیر در تاریخ کاشت (۱۵ آبان، ۱۵ آذر و ۱۵ بهمن)، عملکرد دانه به‌صورت معنی‌داری کاهش یافت، به‌طوری که کمترین عملکرد در تاریخ کاشت ۱۵ آذر دیده شد (شکل ۳).

مقدار مربوط به تراکم‌های بالا و کاشت دیرهنگام بود. این امر نشان‌دهنده تاثیر منفی تنش‌های محیطی نظیر کاهش دما و کوتاه شدن طول روز بر روند نمو و دانه‌بندی گیاه است. همچنین، افزایش تراکم بوته باعث کاهش تعداد بذر در هر گیاه شد که احتمالاً مربوط به رقابت شدید گیاهان برای عناصر غذایی، آب و منابع نور می‌باشد. درمقابل، تاریخ کاشت ۱۵ بهمن با تراکم پایین (۳۰ بوته در مترمربع) مجدداً افزایش قابل توجهی در تعداد بذر نشان داد، که می‌تواند به شرایط مساعد محیطی در مقطع زمانی مذکور و امکان رشد بهتر گیاهان مرتبط باشد. با این وجود، در تراکم‌های بالا حتی در این تاریخ نیز تعداد بذر کاهش یافته است، که نشان‌دهنده اهمیت مدیریت صحیح تراکم بوته برای دستیابی به عملکرد مطلوب می‌باشد. گزارش شده است که به تأخیر انداختن تاریخ کاشت، وزن دانه را به‌طور قابل توجهی کاهش داد (Zhai *et al.*, 2021).



شکل ۳- اثر تاریخ کاشت‌ها و تراکم‌های مختلف بر عملکرد دانه قدومه شیرازی

اعداد میانگین مجموع دو سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۹ می‌باشند. میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند. نشانگرهای میله‌ای بیانگر میانگین  $\pm$  خطای استاندارد (SE) سه تکرار هستند.

از منابع موجود بهره‌برداری کنند. همچنین کاهش دما در ماه‌های سرد باعث تنش سرمایی می‌شود که بر روی رشد و توسعه گیاه تأثیر منفی می‌گذارد. در نتیجه گیاهان تحت تأثیر شرایط نامناسب محیطی قرار می‌گیرند که منجر به کاهش عملکرد کلی دانه می‌شود. همچنین گزارش شده است که کاشت با تأخیر، دوره رشد قبل از زمستان را کوتاه کرد و منجر به نهال‌های ضعیف، پنجه‌های کمتر و کاهش تحمل به سرما شد و درنهایت عملکرد را کاهش داد (Dai *et al.*, 2017). کاشت زودهنگام گیاه با تراکم‌های کم با افزایش فعالیت فیزیولوژیک در گیاه و افزایش طول عمر برگ، پر شدن دانه را بهبود بخشیده و درنهایت عملکرد را افزایش می‌دهد (Herrera *et al.*, 2020). مطابق با نتایج

در تاریخ کاشت زودهنگام (۱۵ شهریور و مهر)، گیاهان در این تاریخ‌ها از شرایط آب و هوایی مناسب بهره‌مند می‌شوند که موجب رشد بهتر رویشی و زایشی می‌شود، طول فصل رشد بیشتر به گیاهان این امکان را می‌دهد که از نور خورشید و رطوبت به‌طور بهینه استفاده کنند. در تراکم‌های متوسط (۳۰ و ۵۰ بوته در مترمربع)، رقابت بین بوته‌ها برای منابع (نور، آب و مواد مغذی) کمتر است و این امر منجر به افزایش عملکرد دانه می‌شود.

تاریخ کاشت دیرهنگام (آبان تا ۱۵ بهمن)، با تأخیر در تاریخ کاشت، گیاهان با کاهش دما و کوتاه شدن روز مواجه می‌شوند که منجر به کاهش رشد و توسعه می‌شود. دوره پر شدن دانه کوتاه‌تر شده و گیاهان نمی‌توانند به‌طور کامل

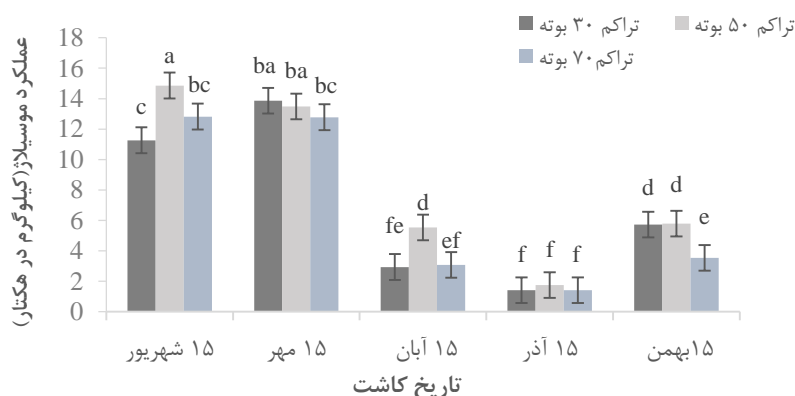
به‌طور کلی در تراکم متوسط (۵۰ بوته در مترمربع) مناسب‌تر از تراکم‌های خیلی بالا یا خیلی پایین بود، زیرا در تراکم پایین تعداد کل گیاهان کم است و در تراکم بالا رقابت بین بوته‌ها افزایش می‌یابد، که هر دو باعث کاهش تجمع موسیلاژ در واحد سطح می‌شود. تراکم مناسب موجب افزایش شاخص سطح برگ و بهره‌برداری بهتر از منابع محیطی و در نتیجه افزایش عملکرد موسیلاژ می‌گردد.

گزارش شده است که عملکرد موسیلاژ در گیاه دارویی بنگ‌دانه (*Hysoscymus muticus*) با کاشت زود هنگام (تاریخ کاشت اوایل بهمن) افزایش می‌یابد (Meawad et al., 2000). همچنین بیشترین مقدار موسیلاژ در تاریخ کاشت‌های زود هنگام و فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر در گیاه چیا (*Salvia Hispanica L*) گزارش شده است (Grimes et al., 2018) و همکاران (۲۰۰۵) نیز گزارش کردند که در گیاه سرخارگل (*Echinacea purpurea L*) با افزایش تراکم تا یک حد مشخص میزان موسیلاژ افزایش می‌یابد و با افزایش تراکم از آن حد میزان موسیلاژ کاهش می‌یابد.

Zhang و همکاران (۲۰۱۵)، تراکم کاشت بیش از حد می‌تواند با اختلال در فتوسنتز برگ پرچم و کاهش تجمع زیست توده هوایی، عملکرد گندم را کاهش دهد. همچنین کاشت تأخیری به‌طور قابل توجهی عملکرد دانه ذرت تابستانه را کاهش داد، این امر عمدتاً به دلیل کاهش وزن دانه بود که با تجمع کمتر ماده خشک پس از گلدهی مرتبط است (Zhai et al, 2021).

عملکرد موسیلاژ در تاریخ‌های مختلف کاشت و همچنین تحت تراکم‌های مختلف، تفاوت معنی‌داری داشت (شکل ۴). بیشترین عملکرد موسیلاژ مربوط به تاریخ کاشت ۱۵ شهریور با تراکم ۵۰ بوته در مترمربع بوده است و کمترین عملکرد نیز در تاریخ کاشت ۱۵ آذر در همه تراکم‌ها دیده شد. در مجموع با تأخیر در تاریخ کاشت، میزان موسیلاژ دانه کاهش معنی‌داری داشت.

در مورد تراکم کاشت نیز، در بیشتر مواقع تراکم ۵۰ بوته در مترمربع عملکرد بالاتری نسبت به سایر تراکم‌ها در بیشتر تاریخ‌های کاشت داشت اما اختلاف معنی‌داری بین تراکم‌های ۳۰ و ۷۰ با ۵۰ گیاه در مترمربع وجود نداشت. در کل، تراکم‌های بالاتر باعث کاهش کمی عملکرد موسیلاژ نسبت به تراکم متوسط گردیدند.



شکل ۴- اثر تاریخ کاشت‌ها و تراکم‌های مختلف بر عملکرد موسیلاژ قدومه شیرازی

اعداد میانگین مجموع دو سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۹ می‌باشند. میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک، براساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری ندارند. نشانگرهای میله‌ای بیانگر میانگین  $\pm$  خطای استاندارد (SE) سه تکرار هستند.

تاریخ ۵ آبان داشت و در تاریخ‌های دیرتر کاهش یافت. اسید استئاریک بیشترین مقدار خود را در تاریخ ۱۵ مهر نشان داد و به تدریج با تأخیر در کاشت کاهش یافت. اسید میریستیک نیز در تاریخ‌های ۱۵ شهریور، ۱۵ مهر و ۱۵ آبان به‌طور مشابه بالا بود اما در تاریخ ۱۵ آذر به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۷). تغییرات ترکیبات اسیدهای چرب دانه در تاریخ‌های مختلف کاشت را می‌توان به شرایط

با توجه به نتایج جدول ۶ می‌توان مشاهده کرد که مقادیر انواع اسیدهای چرب تحت تأثیر تاریخ کاشت به‌طور معنی‌داری تغییر کرده است. بیشترین مقدار اسید لینولنیک در تاریخ‌های زود هنگام (۱۵ شهریور) با مقدار ۸۹/۰۷٪ مشاهده شد و با تأخیر در تاریخ کاشت، میزان آن کاهش یافت و در تاریخ ۱۵ آذر به کمترین مقدار یعنی ۸۰٪ رسید. همچنین، اسید لینولنیک نیز بالاترین مقدار خود را در

کاشت تاثیر بسزایی بر مقدار اسیدلینولنیک دارد به طوری که با تاخیر در کاشت مقدار این اسید چرب کاهش می‌یابد (Turhan *et al.*, 2011). گزارش شده است که درصد میرستیک و اسیدلینولنیک دانه آفتابگردان با تأخیر در کاشت و کاهش مدت رشد کاهش می‌یابد و تاریخ کاشت تاثیر بیشتری نسبت به تراکم بر اسیدهای چرب آفتابگردان دارد (De la Vega & Hall, 2002). همچنین کشت به موقع کلزا سبب افزایش ۱/۷ تا ۲ درصدی اسیدهای چرب غیر اشباع مانند لینولنیک و لینولنیک اسید می‌شود و در کشت پاییزه گیاه گلرنگ در مقایسه با کشت بهاره این گیاه مقدار اسید لینولنیک افزایش می‌یابد که علت را افزایش دوره رشد گیاه و همچنین دمای مناسب محیط را علت افزایش این اسید دانستند (Mehmet, 2016).

گزارش شده است که در کشت های زود هنگام گلرنگ مقدار اسید لینولنیک و استارنیک اسید افزایش می‌یابد و همینطور در شرایط آب و هوایی سرد مقدار اسید استارنیک افزایش می‌یابد و با گرم شدن آب و هوا مقدار این اسید چرب کاهش می‌یابد (Qadir *et al.*, 2006). در کشت پاییزه گیاه سیاهدانه گزارش شده است که مقدار اسید چرب میرستیک و اسید چرب لینولنیک اسید نسبت به کشت بهاره به ترتیب ۱۲/۵ و ۲۵ درصد افزایش یافته است. همچنین گزارش شده است که در گیاه کنجد در کشت زود هنگام این گیاه مقدار اسید چرب آلفا لینولنیک افزایش می‌یابد (Ali *et al.*, 2020).

محیطی و فیزیولوژی گیاه نسبت داد. به طور کلی، دمای پایین‌تر و طول دوره رشدی بیشتر (در کاشت‌های زود هنگام) به گیاه این فرصت را می‌دهد تا بیشتر رشد کند و ذخیره‌سازی اسیدهای چرب غیراشباع مانند اسید لینولنیک افزایش یابد. در مقابل، تأخیر در کاشت (در ماه‌های آذر و بهمن) باعث کوتاه‌تر شدن دوره رشد، مواجهه با دماهای پایین‌تر یا بالاتر از حد مطلوب و کاهش فعالیت آنزیم‌های دخیل در بیوسنتز اسیدهای چرب غیراشباع می‌شود، که از این رو، مقادیر این ترکیبات کاهش می‌یابد. همچنین، میزان اسیدهای چرب اشباع مثل استارنیک و میریستیک غالباً در شرایط تنش‌زای محیطی یا کوتاهی فصل رشد افزایش می‌یابد.

به عبارتی، زمانی که گیاه با محدودیت در رشد مواجه می‌شود، تولید اسیدهای چرب اشباع افزایش پیدا می‌کند که علت آن شاید به نسبت بالاتر سنتز آن‌ها در پاسخ به عوامل محیطی باشد. کاهش اسید لینولنیک و لینولنیک در کاشت‌های دیر، احتمالاً رابطه‌ی مستقیمی با دماهای پایین و نور کمتر دارد که سبب کاهش فعالیت آنزیم‌هایی مانند دیستوراز می‌شود (De la Vega & Hall, 2000).

در مجموع، می‌توان نتیجه گرفت که تاریخ کاشت زود هنگام با فراهم آوردن شرایط مطلوب رشدی، سبب افزایش اسیدهای چرب غیراشباع می‌شود و تأخیر در کاشت، به دلیل کاهش طول دوره رشدی و بروز تنش محیطی، میزان این اسیدها را کاهش می‌دهد. گزارش شده است که زمان

جدول ۶- مقدار درجه آزادی و سطح احتمال برای ترکیبات اسید چرب مختلف قدومه شیرازی

منابع تغییرات	درجه آزادی	اسید میرستیک	اسید لینولنیک	اسید استارنیک	اسید لینولنیک
تاریخ کاشت	۴	۰/۰۰۰۲**	۰/۰۰۱۴**	۰/۰۱۲۱*	۰/۰۰۰۱**
تراکم	۲	۰/۲۵۳۴	۰/۱۴۳۸	۰/۱۹۰۰	۰/۰۶۰۶
تاریخ کاشت × تراکم	۸	۰/۰۶۲۰	۰/۰۷۶۱	۰/۳۷۴۲	۰/۳۰۲
AIC	-	-۱۱۶	-۱۲۱/۴	-۵۹/۱	۳۹۰/۷

\* و \*\* به ترتیب معنی داری در سطح ۱ و ۵ درصد. AIC (Akaike information criterion) معیاری برای سنجش برازش است. این معیار براساس مفهوم آنتروپی بنا شده است و نشان می‌دهد که استفاده از یک مدل آماری به چه میزان باعث از دست رفتن اطلاعات می‌شود. به عبارت دیگر، این معیار تعادلی میان دقت مدل و پیچیدگی آن برقرار می‌کند.

جدول ۷- اثر تاریخ کاشت‌های مختلف بر ترکیبات اسید چرب مختلف قدومه شیرازی. اعداد میانگین مجموع دو سال زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۷ می‌باشند.

تاریخ کشت	اسید میرستیک	اسید لینولئیک	اسید استارئیک	اسید لینولنیک
۱۵ شهریور	۱/۸۰۷a	۱/۱۶۵۷b	۲/۳۰b	۸۹/۰۷a
۱۵ مهر	۱/۸۱۹a	۱/۲۹۹۵a	۲/۳۷a	۸۸/۵a
۱۵ آبان	۱/۸۰۲a	۱/۲۷۶۶a	۲/۲۸b	۸۴b
۱۵ آذر	۱/۱۲۸b	۰/۹۰۹۳d	۲/۰۶c	۸۰c
۱۵ بهمن	۱/۷۴۴a	۱/۰۷۵۳c	۲/۱۹b	۸۶/۰۶a

در هر ستون میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

### نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد که انتخاب تاریخ کاشت مناسب، به‌ویژه کاشت زودهنگام، تأثیر مثبت و قابل توجهی بر ویژگی‌های زراعی قدومه شیرازی دارد. به‌طور کلی تاریخ‌های کاشت ۱۵ شهریور و ۱۵ مهر و تراکم ۵۰ بوته در مترمربع به‌عنوان بهترین زمان‌ها و تراکم برای دستیابی به حداکثر عملکرد دانه و کیفیت روغن شناسایی شدند. علاوه بر این، نتایج نشان داد که تراکم کشت نیز نقش مهمی در بهینه‌سازی ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه دارد. تراکم ۵۰ گیاه در هر مترمربع، عملکرد موسیلاژ را به حداکثر رساند و ترکیب اسیدهای چرب نیز تحت تأثیر تاریخ کاشت قرار گرفت. در تاریخ کشت ۱۵ شهریور و تراکم ۵۰ بوته در مترمربع قدومه بیشترین تعداد دانه در بوته (۱۶۶ دانه در بوته)، عملکرد بیولوژیک (۳۱۴۸ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد دانه (۹۰۰ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد موسیلاژ (۱۴۸ کیلوگرم در هکتار) ثبت شد. همچنین بیشترین

درصد روغن (۲۸ درصد) و اسید لینولنیک (۸۹/۷ درصد) مشاهده شد و با تأخیر در کاشت درصد روغن و ترکیبات اسیدهای چرب کاهش یافت. به‌طور کلی، این تحقیق بر اهمیت انتخاب صحیح تاریخ کاشت و تراکم مناسب تأکید می‌کند و پیشنهاد می‌کند که کشاورزان برای بهینه‌سازی عملکرد و کیفیت دانه در *Alyssum homolocarpum*، به این عوامل توجه ویژه‌ای داشته باشند. همچنین شرایط محیطی حاکم در زمان کاشت و رقابت درون‌بوته‌ای از جمله عوامل تعیین‌کننده در تعیین پتانسیل تولید گیاهان می‌باشند. امید است این یافته‌ها بتواند به‌عنوان راهنمایی برای برنامه‌ریزی کشت و بهبود تولید این گونه مهم در کشاورزی مورد استفاده قرار گیرد.

### سپاسگزاری

این پژوهش با حمایت دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان انجام شده که بدین وسیله تشکر و قدردانی می‌شود.

### منابع

- Abouzaytonh, A. M., & Albaba, H. B. (2025). The effect of planting dates and plant density on grain yield and some growth traits of yellow maize (*Zea mays* L.) in Kufra region, Libya. *Bani Waleed University Journal of Humanities and Applied Sciences*, 10(3), 389-403. <https://doi.org/10.58916/jhas.v10i3.875>
- Ahmadi, R., & Maleki Farahani, S. (2021). Effects of sowing date and nitrogen fertilizer on quantitative and qualitative characteristics, and nitrogen efficiency in *Lallemantia iberica* (M. Bieb.) Fisch. & CA Mey. and *Lallemantia royleana* (Benth.) Benth. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 37(1), 65-82.
- Akpan, U. G., Jimoh, A., & Mohammed, A. D. (2006). Extraction, characterization and modification of castor seed oil. *Leonardo Journal of Sciences*, 8(1), 43-52. <https://doi.org/10.33003/fjs-2023-0702-1987>.
- Albergaria, E. T., Oliveira, A. F. M., & Albuquerque, U. P. (2020). The effect of water deficit stress on the composition of phenolic compounds in medicinal plants. *South African Journal of Botany*, 131, 12-17. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.02.002>
- Ali, S., Chattha, M. U., Hassan, M. U., Khan, I., Chattha, M. B., Iqbal, B., & Amin, M. Z. (2020). Growth, biomass production, and yield potential of quinoa (*Chenopodium quinoa*) as affected by planting techniques under irrigated conditions. *International Journal of Plant Production*, 14, 427-441. <https://doi.org/10.1007/s42106-020-00094-5>

- Anjum, M. M., & Arif, M. (2022). Perspectives of wheat hybrid yield and quality under limited irrigation supply and sowing windows. *Gesunde Pflanzen*, 74, 761–770. <https://doi.org/10.1007/s10343-022-00649-8>
- Balalic, I., Marjanovic-Jeromela, A., Crnobarac, J., Terzic, S., Radic, V., Miklic, V., & Jovicic, D. (2017). Variability of oil and protein content in rapeseed cultivars affected by seeding date. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 29(6), 404-410. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2017-01-229>
- Barut, M., Cavdar, A.S., Tansi, 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. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v11i12.2276-2287.6159>
- Bonelli, L. E., Monzon, J. P., Cerrudo, A., Rizzalli, R. H., & Andrade, F. H. (2016). Maize grain yield components and source-sink relationship as affected by delay in sowing date. *Field Crops Research*, 198, 215–225. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.09.003>
- Callan, N. W., Yokelson, T., Wall-MacLane, S., Westcott, M. P., Miller, J. B., & Ponder, G. (2005). Seasonal trends and plant density effects on cichoric acid in (*Echinacea purpurea* L.) Moench. *Journal of Herbs, Spices Medicinal Plants*, 11, 35-46. [https://doi.org/10.1300/J044v11n03\\_04](https://doi.org/10.1300/J044v11n03_04)
- Cann, D. J., Schillinger, W. F., Hunt, J. R., Porker, K. D., & Harris, F. A. J. (2020). Agroecological advantages of early-sown winter wheat in semi-arid environments: A comparative case study from southern Australia and Pacific Northwest United States. *Frontiers in Plant Science*, 11, 568. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00568>
- Dai, X. L., Wang, Y. C., Dong, X. C., Qian, T. F., Yin, L. J., Dong, S. X., Chu, J. P., & He, M. R. (2017). Delayed sowing can increase lodging resistance while maintaining grain yield and nitrogen use efficiency in winter wheat. *Crop Journal*, 5, 541–552. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2017.05.003>
- Dash, P. K., Rabbani, M. G., & Mondal, M. F. (2013). Effect of variety and planting date on the growth and yield of okra. *International Journal of Biology*, 3(9), 123-131. <https://doi.org/10.12692/ijb/3.9.123-131>
- De la Vega, A. J., Hall, A. J. (2002). Effects of planting date, genotype, and their interactions on sunflower yield: I. Determinants of oil-corrected grain yield. *Crop Science*, 42(4), 1191-1201.
- Ebrahimi, A., Moaveni, P., & Farahani, H. A. (2010). Effects of planting dates and compost on mucilage variations in borage (*Borago officinalis* L.) under different chemical fertilization systems. *International Journal of Biological and Molecular Biology Research*, 1(5), 61-64. <https://doi.org/10.5897/IJBMBR.9000014>
- El-Zohiri, S. S. M., & Farag, A. A. (2014). Relation planting date, cultivars and growing degree-days on growth, yield and quality of garlic. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 3(4), 1169-1183.
- Farhadi, N., Souri, M. K., Alirezalu, A., & Moghaddam, M. (2013). Effect of sowing dates on quantity and quality of castor bean (*Ricinus communis* L.) under semi-arid condition in Iran. *Zeitschrift Fur Arznei-Und Gewurzpflanzen*, 18(2), 72–77. <https://jhs.um.ac.ir/article/view/15220>
- Grimes, S., Phillips, T., Claupein, W., Graeff-Hönniger, S., & Tsimba, R. (2018). Chia<sup>4</sup>: Is a new tetraploid chia (*Salvia hispanica* L.) genotype able to revolutionize European agriculture? The Food System Approach: New Challenges for Education, Research and Industry; ISEKI Food Association: Stuttgart, Germany. p.79.
- Herrera, J., & Calderini, D. F. (2020). Pericarp growth dynamics associate with final grain weight in wheat under contrasting plant densities and increased night temperature. *Annals of Botany*, 126, 1063–1076. <https://doi.org/10.1093/aob/mcaa131>
- Ikejiri, A., & Takahashi, T. (2016). Seed yield of soybean cultivar ‘Sachiyutaka’ does not decrease by sowing in Early-July compared to Mid-June due to heavier seed weight and higher harvest index. *Japanese Journal of Crop Science*, 85, 10–15. <https://doi.org/10.1626/jcs.85.10>
- Jalili, M. A., Allafchian, A., Karimzadeh, F., & Nasiri, F. (2019). Synthesis and characterization of magnetite *Alyssum homolocarpum* seed gum Ag nanocomposite and determination of its antibacterial activity. *International Journal of Biological Macromolecules*, 139, 1263-1271. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.08.123>
- Khalil, S. K., Wahab, A., Zaman Khan, A., & Zaman Khan, A. (2011). Variation in leaf traits, yield and yield components of faba bean in response to planting dates and densities. *Egyptian Academy Journal of Biological Sciences*, 2(1), 35-43. <https://doi.org/10.21608/eajbsh.2011.17010>
- Koocheki, A., Mortazavi, S.A., Shahidi, F., Razavi, S.M., Kadkhodae, R., & Milani, J.M. (2010). Optimization of mucilage extraction from Qodume Shirazi seed *Alyssum homolocarpum* using response surface methodology. *Journal of Food Production English*, 33, 861–882. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2008.00312.x>
- Liu, Q., Ren, T., Zhang, Y., Li, X., Cong, R., White, P. J., Lu, J., & Yang, Z. (2019). Yield loss of oilseed rape (*Brassica napus* L.) under nitrogen deficiency is associated with under-regulation of plant population density. *European Journal of Agronomy*, 103, 80-89. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2018.11.006>
- Mahmoudi, R., Ghareghani, M., Zibara, K., Ardakani, M.T., Jand, Y., Azari, H., & Ghanbari, A. (2019). *Alyssum homolocarpum* seed oil (AHSO), containing natural alpha linolenic acid, stearic acid, myristic acid and  $\beta$ -sitosterol, increases proliferation and differentiation of neural stem cells *in vitro*. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 19(1), 1-11. <https://doi.org/10.1186/s12906-019-2518-4>

- Meawad, A. A., Helal, A. A., & Ali, M. A. M. (2000). Effect of sowing dates and planting density on growth, chemical constituents and correlation coefficients of *Hyoscyamus muticus* L. under Sina conditions. *Zagazig Journal of Agricultural Research*, 27, 1287-1304.
- Mehmet, Oz, (2016) Relationship between sowing time, variety, and quality in safflower. *Journal of Chemistry*, 2016 (1), 1-8. <https://doi.org/10.1155/2016/9835641>.
- Moosavi, G. R., Javadi, H., Seghatoleslami, M. J., & Shahbeygi, H. (2020). The effect of planting date, nitrogen and phosphorus on yield and yield components of fenugreek (*Trigonella foenumgraecum* L.). *Applied Field Crops Research*, 33(3), 54-72. [https://aj.areeo.ac.ir/article\\_123043.html](https://aj.areeo.ac.ir/article_123043.html)
- Murua, M. (2002). Polymer seed coating effects on feasibility of early planting in corn, planting date and corn productivity. PhD dissertation, Faculty of Agriculture and Applied Biological Sciences, Purdue University.
- Nickavar, B., Mojab, F., & Asgarpanah, J. (2005). Volatile composition of the essential oil of *Salvia hypoleuca* Benth. *International journal of Aromatherapy*, 15(1), 51-53. <https://doi.org/10.1016/j.ijat.2004.09.010>
- Nyakudya, I. W., & Stroosnijder, L. (2014). Effect of rooting depth, plant density and planting date on maize (*Zea mays* L.) yield and water use efficiency in semi-arid Zimbabwe: Modelling with AquaCrop. *Agricultural Water Management*, 146, 280–296. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.08.024>
- Qadir, G., Fayyaz-ul-Hassan, S. A., & Cheema, M. (2006). Oil and fatty acid accumulation in sunflower as influenced by temperature variation. *Pakistan Journal of Botany*, 38(4), 1137-1147.
- Ramanjaneyulu, A. V., Reddy, A. V., & Madhavi, A. (2013). The impact of sowing date and irrigation regime on castor (*Ricinus communis* L.) seed yield, oil quality characteristics and fatty acid composition during post rainy season in South India. *Industrial Crops and Products*, 44, 25-31.
- Rathore, S., & Kumar, R. (2025). Assessing growth performance and agrometeorological indices of *Matricaria chamomilla* L. governed by growing season length and salicylic acid in the western himalaya. *Horticulturae*, 11(5), <https://doi.org/10.3390/horticulturae11050485>
- Shah, A. N., Wu, Y., Tanveer, M. Abdul, H., Shahbaz, T., Saif, A., Ahlam, KH., Saham, A. M., Rahmah, A. Q., & Yang, G. (2021). Interactive effect of nitrogen fertilizer and plant density on photosynthetic and agronomical traits of cotton at different growth stages. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(6), 3578-3584. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.03.034>
- Tokatlidis, I. S. (2014). Addressing the yield by density interaction is a prerequisite to bridge the yield gap of rain-fed wheat. *Annals of Applied Biology*, 165, 27–42. <https://doi.org/10.1111/aab.12121>
- Turhan, H., Gul, M. K., & Egesel, C. O. (2011). Effect of sowing time on grain yield, oil content, and fatty acids in rapeseed (*Brassica napus*). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 35(2), 225–234. <https://doi.org/10.3906/tar-1002-717>
- Waliullah, M., Hossain, M. M., & Rahman, M. 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), 124–133. <https://doi.org/10.29244/jtcs.8.02.124-133>
- Yang, B., Koponen, J., Tahvonen, R., & Kallio, H. (2003). Plant sterols in seeds of two species of vaccinium (*V. myrtillus* and *V. vitis-idaea*) naturally distributed in Finland. *European Food Research and Technology*, 216(1), 34-38.
- Yang, Y., & Lyster, R. (2010). Effects of form-focused practice and feedback on Chinese EFL learners' acquisition of regular and irregular past tense forms. *Studies in Second Language Acquisition*, 32(2), 235-263. <https://doi.org/10.1017/S0272263109990519>
- Zaferanieh, M., Mahdavi, B., & Torabi, B. (2020). Effect of temperature and water potential on *Alyssum homolocarpum* seed germination: Quantification of the cardinal temperatures and using hydro thermal time. *South African Journal of Botany*, 131, 259-266. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.02.006>
- Zanetti, F., Gesch, R. W., Walia, M. K., Johnson, J. M., & Monti, A. (2020). Winter camelina root characteristics and yield performance under contrasting environmental conditions. *Field Crops Research*, 252, 107794-107812. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107794>
- Zhai, L., Zhang, L., Yao, H., Zheng, M., Ming, B., Xie, R., & Ji, J. (2021). The optimal cultivar × sowing date × plant density for grain yield and resource use efficiency of summer maize in the northern Huang–Huai–Hai plain of China. *Agriculture*, 12(1), 7. <https://doi.org/10.3390/agriculture12010007>
- Zhang, Y., Sheng, J., Wang, Z., Chen, L., & Zheng, J. (2015). Nitrous oxide and methane emissions from a Chinese wheat–rice cropping system under different tillage practices during the wheat-growing season. *Soil and Tillage Research*, 146, 261-269. <https://doi.org/10.1016/j.still.2014.09.019>
- Zhang, Y., Sheng, J., Wang, Z., Chen, L., & Zheng, J. (2015). Nitrous oxide and methane emissions from a Chinese wheat–rice cropping system under different tillage practices during the wheat-growing season. *Soil and Tillage Research*, 146, 261-269. <https://doi.org/10.1016/j.still.2014.09.019>