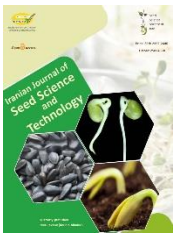
2024, 13 (4), 63-79 https://doi.org/10.22092/ijsst.2023.362524.1490

Seed Science Society of Iran

Seed and Plant Certification and Registration Institute

Iranian Journal of
Seed Science and Technology



ISSN: 2588-4638

Research Article

Evaluation of Camelina (*Camelina sativa* L. Crantz Cv. Soheil) seeds storage during harvest to following growing season

Ali Shayanfar[1*], Samad Mobasser[2], Bita Oskouei[1], Leila Zare[3]

1. Assistant professor, 2. Faculty member, 3. M.Sc. laboratory of Seed and Plant Certification and Registration Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Alborz, Iran.

Article Information

Received: 07 Jun. 2023
Revised: 13 Sept. 2023
Accepted: 25 Sept. 2023

Keywords:
Camelina,
Harvest,
Seed germination,
Storage condition,
Viability

Corresponding Author:
ali.shayanfar13@gmail.com

Abstract

Camelina Cv. Soheil seed storability was assessed to simulate after-harvest condition till the following growing season. Seven seed samples were collected from Shirvan, Fasa, Marvdasht, Kermanshah, Hamedan, Sabzevar, and Ilam regions and saved for six months in two storage condition (with two temperatures of 10 and 25ºC). Then, they were drow out monthly from storage condition to evaluate different seed germination index and vigour. Moisture seed content did not acced more than 10 percent in all treatments. Germination percentage and normal seedlings were more than 94% after 6 months of storage in all seed samples and two temperatures. Weight seedling vigour showed no significant differences in all samples, except the Sabzevar sample. The effects of three factors (seed samples, temperature and storage time) on rate germination index were difference. Seed physiological responses (in terms of rate germination) to 10 and 25ºC temperatures were similar until the fourth months in more samples. However, a declining process was observed from the fourth month at 25ºC and from the fifth month at 10ºC for these responses and accend minimum in six months. Two seed samples of Hamedan and Kermanshah showed higher rate of germination. In total, Camelina seeds showed high storage potential due to high germination percentage was recorded after six months of storage. In addition, if seeds stored for more than 4 months, plants in field condition lower germination rate will observe.

How to cite this paper: Shayanfar, A., Mobasser, S. Oskouei, B., & Zare, L. (2024). Evaluation of Camelina (*Camelina sativa* L. Crantz Cv. Soheil) seeds storage during harvest to following growing season. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, *13* (4), 63-62. https://doi.org/10.22092/ijsst.2023.362524.1490

© Authors, Published by Iranian Journal of Seed Science and Technology. This is an open-access article distributed under the CC BY (license https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

The use of fossil fuels has been on the rise globally. The majority of biodiesel production comes from oilseed crops such as soybean, canola, and palm oil. The Camelina crops while considered second in importance among fossil fuel sources, plays a significant role in nutrition and diesel fuel applications. Due to its short growth cycle, moderate agricultural requirements, and adaptability to temperate climates, it has garnered considerable attention from agricultural producers. Seed propagation of this crop is typically carried out with its seeds. Camelina seeds are usually sown in most regions in the fall and harvested from late spring to early summer. After harvesting, various processes such as cleaning and processing are conducted until the beginning of the next growing season, at which point they are stored until planting. The quality of the seeds produced post-harvest is influenced by environmental factors and the intrinsic characteristics of the seeds themselves. For the first time in the country, seed storage of Camelina has been conducted to simulate storage conditions from harvest to planting in the next growing season. This study aimed to provide a comprehensive view of the diverse agricultural landscapes across the country by collecting samples from various farms. Controlled storage conditions (10°C) and natural conditions (room temperature) were established to account for the total temperature conditions faced by Camelina seed producers after harvest.

Materials and Methods

Seven Camelina seed samples were collected from Shirvan, Fasa, Marvdasht, Kermanshah, Hamedan, Sabzevar, and Ilam. Each Camelina seed sample was randomly collected from a mix of several samples from different batches after cleaning at processing facilities in the respective regions to ensure homogeneity. All samples were stored for six months under two storage conditions at controlled temperatures of 10°C and 25°C. They were sampled from storage monthly to evaluate various germination and seed vigor indices.

Results and Discussion

The moisture content of the seeds did not exceed 10% across all storage treatments. The final germination percentage of Camelina seeds varied from 96 to 99% over a six-month period, with the highest final germination percentage observed in the first to fourth months, exceeding 98%. The lowest percentage was recorded in the control and fifth and sixth months of storage (approximately 96.5%). The highest final germination percentages were found in samples from Sabzevar, Fasa, and Shirvan (over 98%), although there was no significant difference compared to samples from Marvdasht, Hamedan, and Ilam. The lowest percentage was recorded in the Kermanshah samples at 96.5%. The natural seedling percentage varied between 94% and 97% over the six-month period, with the highest percentages in the first and second months of storage (97%) and a decreasing trend observed by the sixth month (94%). The highest natural seedling percentage was found in the Shirvan sample (97%), with no significant difference compared to samples from Sabzevar, Marvdasht, Ilam, and Fasa. The lowest percentages were recorded in Hamedan (94%) and Kermanshah (93%). In another study on soybean seeds, no reduction in germination potentiel was observed after six months of storage, which aligns with the results of this study. Mean comparison data for seedling vigor length indices across different seed samples at the two storage temperatures showed that all samples, except for those from Fasa and Hamedan, exhibited lower seedling vigor indices at 10°C compared to 25°C. The longest seedling vigor index was recorded in the Sabzevar sample at 10°C, while the Kermanshah sample had the shortest at both temperatures. Other samples did not show statistically significant differences compared to the Sabzevar sample. Assessment of seedling weight indices revealed that the highest value was observed in the Sabzevar sample at 10°C, with no significant differences compared to other seed samples at the two storage temperatures. It has been established that storage temperature does not significantly affect seed vigor in many agricultural and forest species in the short term, which is consistent with the findings of this study. The influence of three factors—seed sample, temperature, and storage duration—on various germination rate indices was significant. The physiological response of seeds in terms of germination rate at 10°C and 25°C was similar across most samples until the fourth month, after which a decreasing trend was observed, reaching the lowest value by the sixth month. Reduced germination rates in oilseed crops after prolonged storage have been reported due to the gradual deterioration of seeds. Among the samples, Hamedan and Kermanshah exhibited higher germination rates.

Conclusion

Overall, Camelina seeds demonstrated high storage potential, as a high germination percentage was recorded after six months of storage. However, planting the seeds after a four-month storage period may lead to reduced germination rates under field condition.

دوره ۱۳، شماره ۴، صفحات ۷۹-۶۳ https://doi.org/10.22092/ijsst.2023.362524.1490

نشریه علوم و فناوری بذر ایران

ISSN: 2588-4638

مقاله پژوهشی

ارزیابی انبارداری بذرهای کاملینا (*Camelina sativa* L. Crantz Cv. Soheil) در بازه زمانی برداشت تا فصل زراعی آتی

علی شایان‌فر[1*]، صمد مبصر[2]، بیتا اسکوئی[1]، لیلا زارع[3]

۱. استادیار، ۲. مربی و ۳. کارشناس ارشد آزمایشگاه موسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، البرز، ایران.

چکیده

انبارداری بذرهای کاملینا رقم سهیل در راستای شبیه سازی شرایط پس از برداشت تا کشت در سال زراعی آتی ارزیابی شد. هفت نمونه بذر کاملینا از مناطق شیروان، فسا، مرودشت، کرمانشاه، همدان، سبزوار و ایلام تهیه و به مدت شش ماه در دو شرایط انبارداری با دماهای کنترل شده ۱۰ و ۲۵ درجه سلسیوس قرار گرفتند و به‌صورت ماهیانه از شرایط انبارداری خارج شدند و شاخص‌های مختلف جوانه‌زنی و بنیه بذرها ارزیابی گردید. رطوبت بذرها در کل تیمارهای انبارداری به بیش از ۱۰ درصد نرسید. در کل نمونه‌ها، درصد جوانه‌زنی و گیاهچه طبیعی پس از شش ماه انبارداری بالاتر از ۹۴ درصد بود. در بین کل نمونه‌ها از لحاظ شاخص وزنی بنیه گیاهچه، تنها نمونه سبزوار تفاوت معنی‌داری را نشان داد. تأثیر سه فاکتور نمونه بذری، دما و مدت زمان انبارداری بر شاخص‌های مختلف سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار بود. پاسخ فیزیولوژیک بذرها از نظر سرعت جوانه‌زنی نسبت به دمای ۱۰ و ۲۵ درجه سلسیوس تا ماه چهارم در اکثر نمونه‌ها مشابه بود و به ترتیب از ماه چهارم در دمای ۲۵ و از ماه پنجم در دمای ۱۰ درجه سلسیوس روند کاهشی را نشان داد و در ماه ششم به کمترین مقدار رسید. در بین نمونه‌ها، دو نمونه همدان و کرمانشاه از سرعت جوانه‌زنی بالاتری برخوردار بودند. در مجموع بذرهای کاملینا پتانسیل انبارداری بالایی داشتند، زیرا پس از شش ماه انبارداری، درصد جوانه‌زنی بالایی ثبت گردید و کاشت بذرها پس از مدت زمان ۴ ماه انبارداری، در شرایط مزرعه کاهش سرعت جوانه‌زنی را در پی خواهد داشت.

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۱۷

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۶/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۰۳

واژه‌های کلیدی:
برداشت،
جوانه‌زنی بذر،
زنده‌مانی،
شرایط انبارداری،
کاملینا

نویسنده مسئول:
ali.shayanfar13@gmail.com

نحوه استناد به این مقاله:
Shayanfar, A., Mobasser, S. Oskouei, B., & Zare, L. (2024). Evaluation of Camelina (*Camelina sativa* L. Crantz Cv. Soheil) seeds storage during harvest to following growing season. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, *13* (4), 63-79. https://doi.org/10.22092/ijsst.2023.362524.1490

مقدمه

اهمیت محیط زیستی و اجتماعیِ اقتصاد بر پایه بیولوژی در حال افزایش است. در سناریو بنیادین اروپا محصولات سوختی مشتق شده از نفت در حال جایگزین شدن با محصولات بیودیزل (بر پایه گیاهان) است (Chaturvedi et al., 2019). از حدود ۷۵ درصد از تولید جهانی این محصولات بیودیزل از دانه‌های روغنی مانند سویا، کلزا و روغن پالم حاصل می‌شوند (Righini et al., 2016). یکی از مهم‌ترین گیاهان در تولید این سوخت‌های بیودیزل، که در ۲۵ درصد باقی‌مانده تولید سوخت جهانی نقش دارند، گیاه کاملینا است (Zanetti et al., 2021). کاملینا *Camelina sativa* (L.) Crantz، متعلق به خانواده شب بوئیان است که به دلیل مزایای زراعی مناسب و همچنین کاربردهای تغذیه‌ای و صنعتی به میزان زیادی مورد توجه قرار گرفته است (Aminbaigi et al., 2023). علاقمندی به این گیاه در سال‌های اخیر به دلایل چرخه زیستایی کوتاه، نیازهای زیست محیطی و کشاورزی متوسط برای کشت، عملکرد بذر بالا و محتوای بالای روغن بذر، بوده است (Teimoori et al., 2023). با توجه به اینکه گیاه کاملینا نیاز زراعی متوسطی داشته، به خوبی با اقلیم‌های معتدله سازگاری دارد از آب و مواد غذایی در خاک به خوبی استفاده می‌کند و نیاز بالایی به نیتروژن ندارد (Yuan & Li, 2020). عملکرد سالیانه کاملینا در اروپا در حدود ۱۵۰۰ تا ۳۰۰۰ کیلوگرم در هکتار است (Krzyzaniak et al., 2019). بذرهای این گیاه ۳۸ تا ۴۳ درصد روغن دارد (Walia et al., 2021)، که سهم بالایی از آن را اسیدهای چرب اشباع نشده تشکیل می‌دهند (Yuan & Li, 2020).

تکثیر گیاه کاملینا با استفاده از بذر انجام می‌گردد (Berti et al., 2016). کشت بذرهای این گیاه در ایران بیشتر در اوایل فصل پاییز، قبل از وقوع سرما و یخبندان و همچنین در راستای جلوگیری از مواجه با تنش گرمایی انتهایی فصل زراعی، انجام می‌گیرد (Zarei et al., 2022). رسیدگی فیزیولوژیک در کاملینا به عوامل مختلفی مانند نوع رقم، مکان، اقلیم و زمان برداشت بستگی دارد (Obeng et al., 2019). بذرهای کاملینا از زمان برداشت تا کاشت در فصل زراعی بعد طی فرایندهای مختلفی از جمله بوجاری و فرآوری قرار گرفته و در نهایت در انبار تا زمان کشت در فصل زراعی آتی ذخیره می‌گردند (Veljkovic et al., 2022). کیفیت بذر تولید شده به شرایطی که گیاه مادری با آن مواجه بوده و توسط بذرها اکتساب شده و همچنین به شرایط محیطی پس از برداشت بستگی دارد (Zinsmeister et al., 2020). مشخص شده است بذرها در زمان برداشت یا بلوغ کامل بالاترین طول عمر و قوه نامیه را دارند و پس از برداشت در نتیجه قرارگیری در شرایط نامساعد در انبار، زوال تدریجی در آنها حادث می‌گردد (Kapoor et al., 2011). سرعت کاهش کیفیت بذرها در شرایط انبارداری به عوامل مختلفی بستگی دارد که از جمله می‌توان به دما، اتمسفر، رطوبت نسبی و همچنین ژنوتیپ اشاره نمود (Negal et al., 2016). مشخص شده است که در شرایط انبارداری نامطلوب در نتیجه تجمع گونه‌های فعال اکسیژن، زوال تدریجی بذرها محتمل است (Fangshan et al., 2015). زوال طی پیری بذر در انبارداری می‌تواند از راه اکسیداسیون لیپیدها، غشاهای سلولی و میتوکندریایی، DNA، RNA، پروتئین‌ها و واکنش‌های مایلارد رخ دهد (Rajjou et al., 2008).

مشخص شده است که ترکیب شیمیایی بذر در انبارداری آن تأثیرگذار است برای مثال بذرهای پیاز به سختی در انبار نگهداری می‌شوند، اما بذرهای جو جوانه‌زنی بالایی را حتی در شرایط مختلف انبارداری حفظ می‌کنند. بذرهای غنی از لیپید طول عمر کمتری به دلیل ترکیب شیمیایی خود دارند، برای مثال انبارداری طولانی مدت بذر آفتابگردان به دلیل محتوای روغن بالای آن می‌تواند سبب کاهش قابلیت جوانه‌زنی و حیات بذرها گردد (Balesevic-Tubic et al., 2007). با توجه به اینکه گیاه کاملینا جزء خانواده گیاهان دانه روغنی می‌باشد لذا می‌بایست از رفتار انبارداری گیاهان دانه روغنی تبعیت نماید، اگرچه در این خصوص مطالعه‌ای به ندرت انجام شده است. پس از انبارداری بذرهای کاملینا مهروموم شده در کیسه‌های آلومینیومی، مشخص گردید که با افزایش مدت زمان انبارداری، محتوای رطوبتی بذر و دما، درصد جوانه‌زنی و گیاهچه طبیعی کاهش یافت، اما بهترین شرایط برای انبارداری بذرها، قرارگیری بذرها در دمای ۵ درجه سلسیوس و حداکثر به مدت ۵ ماه بود (Cheshmehsefid & Khajeh Hosseini, 2022). زوال سریع بذرهای سویا در انبار محتمل است که به علت پراکسیداسیون لیپیدی و در نهایت از دست دادن قابلیت حیات بذر بوده است (Shelar et al., 2008).

در راستای کاهش حداقلی در کیفیت بذرهای کلزا، قرارگیری بذرها با رطوبت ۷ تا ۱۰ درصد در انبار پیشنهاد شده است (Gawrysiak-Witulska et al., 2009).

نمونه بذرهای مختلف مزارع یک گیاه زراعی ممکن است از نظر زنده‌مانی و انبارداری به علت زوال در طی تولید و یا انبارداری متفاوت باشند که می‌تواند درنتیجه تغییرات ژنتیکی یا فیزیولوژیکی باشد (Groot et al., 2012). مطالعه حاضر برای نخستین بار در کشور بر انبارداری بذرهای کاملینا در راستای شبیه سازی شرایط انبارداری از زمان برداشت تا کاشت در فصل زراعی بعد انجام شده و سعی گردیده است تا با تهیه نمونه‌های متنوع از مزارع مختلف کشور، دیدگاه جامع‌تری را از کل مزارع کشور با تنوعی از اقلیم‌ها حاصل نماید. ایجاد شرایط انبارداری در وضعیت کنترل شده (۱۰ درجه سلسیوس) و طبیعی (دمای اتاق) در راستای احتساب کل شرایط دمایی است که بهره‌برداران بذرهای کاملینا پس از برداشت با آن مواجه هستند.

مواد و روش‌ها

بذرهای کاملینای رقم سهیل گواهی شده مورد استفاده در این مطالعه در سال ۱۴۰۰ در مزارع مختلف کشور تولید شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در آزمایشگاه تجزیه کیفی بذر مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال کرج طراحی و اجرا گردید. تیمارهای انبارداری شامل هفت سطح نمونه بذری، دو سطح دمای انبارداری و شش سطح مدت زمان انبارداری بود. هفت نمونه بذر کاملینا جمع آوری شده از مناطق شیروان، فسا، مرودشت، کرمانشاه، همدان، سبزوار و ایلام، در بسته‌های کاغذی متداول به‌صورت جداگانه قرار گرفتند. هر نمونه بذر کاملینا بصورت تصادفی از ترکیب چند نمونه از پارت‌های مختلف بذری پس از بوجاری در کارگاه‌های فرآوری آن منطقه جمع آوری گردید تا نمونه‌ای همگن حاصل گردد. نمونه‌های بذری در دماهای ۱۰ و ۲۵ درجه سلسیوس قرار گرفتند و به‌صورت ماهیانه (تا شش ماه) از انبار خارج شدند و شاخص‌های مختلف جوانه‌زنی ارزیابی گردید. تیمار شاهد نمونه بذرهایی بودند که تحت هیچ گونه تیمار انبارداری قرار نگرفتند.

شاخص تعیین درصد رطوبت بذر براساس دستورالعمل انجمن بین المللی آزمون بذر (ISTA) است، انجام شد. در صد رطوبت بذر نیز براساس رابطه شماره (۱) زیر محاسبه شد.

$$SMC(\%) = \frac{(m2-m3)}{(m2-m1)} \times 100 \qquad \text{رابطه ۱}$$

که دراین رابطه، SMC درصد رطوبت بذر،m1 وزن ظرف و درپوش،m2 وزن ظرف، درپوش و نمونه قبل از خشک شدن، m3وزن ظرف، درپوش و نمونه بعد از خشک شدن است.

پیش آزمایشی قبل از اعمال تیمارهای انبارداری انجام شد و بذرهای نمونه‌های مختلف تحت آزمون جوانه‌زنی استاندارد قرار گرفتند و هیچ‌گونه آلودگی سطحی پس از اتمام روز پایانی شمارش مشاهده نگردید، از این رو در راستای ضدعفونی بذرهای نمونه های مختلف پس از هر مدت زمان انبارداری، به مدت ۳۰ ثانیه در محلول هیپوکلریت سدیم یک درصد قرار داده و سپس سه مرتبه با آب جاری شسته شدند. جهت ارزیابی جوانه‌زنی، ۲۵ عدد بذر از هر نمونه در روی بستر کاغذ صافی مرطوب شده با شش میلی‌متر آب مقطر درون ظروف کشت قرار داده شدند و سپس به ژرمیناتور به مدت ۱۰ روز تحت دمای متناوب ۲۰-۳۰ درجه سلسیوس (۱۶/ ۸ ساعت، تاریکی/ رو شنایی) انتقال یافتند (ISTA, 2022). جهت تعیین سرعت و زمان جوانه‌زنی، تعداد بذرهای جوانه‌زده به صورت ساعتی در طی روز (دو بار شمارش روزانه به فواصل ۱۲ ساعت) مورد بازدید قرار گرفتند و یادداشت برداری انجام شد. معیار خروج ریشه‌چه به اندازه دو میلی‌متر و یا بیشتر بود. در روز انتهایی آزمایش، تعداد بذرهای جوانه‌زده به صورت درصد جوانه‌زنی نهایی ارائه شد. درصد گیاهچه‌های طبیعی و مرده نیز شمارش گردید. تعیین گیاهچه عادی براساس Seedling evaluation ISTA (2018) انجام شد. با استفاده از نرم افزار Germin یکنواختی جوانه‌زنی (GU)، مدت زمان تا رسیدن به ۱۰ درصد (D10)،۵۰ درصد (D50)، ۹۰ درصد (D90) (Soltani & Maddah, 2010) محاسبه شدند.

شاخص سرعت جوانه‌زنی نیز در این آزمایش محاسبه گردید که براساس رابطه شماره (۲) به شرح زیر است (AOSA, 1983).

$$GRI = \sum_{i=1}^{c} Ni / \sum_{i=1}^{c} Ti \qquad \text{رابطه ۲}$$

$\sum Ni$ = مجموع کل بذرهای جوانه‌زده تا پایان آزمایش

$\sum Ti$ = مجموع زمان بر حسب روز از شروع آزمایش جوانه‌زنی

تعداد ۱۰ گیاهچه طبیعی به صورت تصادفی از هر تکرار انتخاب شد و طول گیاهچه‌ها با استفاده از خط‌کش مدرج بر حسب سانتی‌متر اندازه‌گیری گردید. جهت تعیین وزن خشک گیاهچه، تعداد ده گیاهچه به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سلسیوس قرار گرفت و سپس با استفاده از ترازوی با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم توزین شد. دو شاخص طولی و وزنی بنیه گیاهچه از طریق رابطه‌های زیر (Ranal & De Santana, 2006) تعیین شدند:

شاخص طولی بنیه = جوانه‌زنی(درصد) × میانگین طول گیاهچه (سانتی‌متر)

شاخص وزنی بنیه = جوانه‌زنی(درصد) × وزن خشک گیاهچه (گرم)

تجزیه و تحلیل داده‌ها و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار SAS V. 9 و Excel 2013 انجام شد. مقایسه میانگین داده‌های مختلف مورد ارزیابی در این مطالعه با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد انجام شد.

نتایج

نتایج حاصل از تعیین رطوبت اولیه کل نمونه‌های بذری متعلق به چند منطقه کشور نشان داد که رطوبت بذرها پیش از اعمال تیمارها، در حدود ۶ تا ۸ درصد بود اگرچه پس از هر ماه نمونه‌برداری نیز به‌صورت دوره‌ای رطوبت بذرها اندازه‌گیری شد و مشخص گردید که رطوبت بذرها تفاوت معنی‌داری را با رطوبت اولیه بذرها پیش از اعمال تیمارها نشان ندادند و حداکثر رطوبت بذرها در حدود ۱۰ درصد بود.

درصد جوانه‌زنی نهایی بذر و گیاهچه طبیعی

اثرات متقابل مدت زمان انبارداری، دما و نمونه بذری بر شاخص درصد جوانه‌زنی نهایی بذر تفاوت معنی‌داری را نشان نداد و تنها اثر اصلی مدت زمان انبارداری در سطح احتمال یک درصد و نمونه بذری در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری را بر شاخص جوانه‌زنی نهایی نشان داد (جدول ۱). تنها اثرات اصلی مدت زمان انبارداری و نمونه بذری تفاوت معنی‌داری را در سطح احتمال یک درصد بر گیاهچه طبیعی نشان دادند و اثرات متقابل آنها از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۱). درصد جوانه‌زنی نهایی بذرهای کاملینا در یک بازه زمانی شش ماه از ۹۶ تا ۹۹ در صد متغیر بود، بالاترین در صد جوانه‌زنی نهایی در ماه‌های اول تا چهارم و بیش از ۹۸ در صد بود و کمترین مقدار این شاخص در تیمار شاهد و ماه‌های پنجم و ششم انبارداری (در حدود ۹۶/۵ درصد) مشاهده شد (شکل ۱). بالاترین درصد جوانه‌زنی نهایی نمونه های بذری مختلف کاملینا در سبزوار، فسا و شیروان (بیش از ۹۸/۰ درصد) مشاهده شد اگرچه تفاوت معنی‌داری را با نمونه‌های بذری متعلق به مرودشت، همدان و ایلام نشان ندادند و کمترین درصد این شاخص در نمونه بذری کرمانشاه با ۹۶/۵ در صد ثبت گردید (شکل ۲). در صد گیاهچه طبیعی در بازه زمانی شش ماه از ۹۴ تا ۹۷ درصد متغیر بود و بالاترین درصد در ماه‌های اول و دوم انبارداری (۹۷/۰ درصد) و روند کاهشی تا ماه ششم انبارداری (۹۴/۰ در صد) مشاهده شد (شکل ۱). بالاترین درصد گیاهچه طبیعی در نمونه بذری شیروان (۹۷/۱ درصد) مشاهده شد اگرچه تفاوت معنی‌داری را با نمونه‌های بذری متعلق به سبزوار، مرودشت، ایلام و فسا نشان نداد. کمترین درصد گیاهچه طبیعی در نمونه‌های بذری همدان (۹۴/۰ درصد) و کرمانشاه (۹۳/۳ درصد) ثبت گردید (شکل ۲).

شاخص سرعت جوانه‌زنی

اثرات متقابل سه‌گانه مدت زمان، دمای انبارداری و نمونه بذری بر شاخص سرعت جوانه‌زنی در سطح احتمال یک در صد تفاوت معنی‌داری را نشان داد (جدول ۱). بالاترین سرعت جوانه‌زنی در نمونه‌های بذری متعلق به فسا و مرودشت در تیمار شاهد مشاهده شد، اگرچه مقادیر سرعت جوانه‌زنی در کل تیمارهای شاهد با یکدیگر تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. همچنین در دو ماه اول انبارداری، سرعت جوانه‌زنی بذرهای کل نمونه‌ها در هر دو دمای انبارداری با شاهد تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. سرعت جوانه‌زنی در دو نمونه بذری همدان و کرمانشاه تا ماه چهارم و پنجم با سایر ماه‌های اول، دوم و سوم انبارداری تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. کمترین شاخص سرعت جوانه‌زنی در کل نمونه‌های بذری در ماه ششم انبارداری مشاهده شد (جدول ۲).

یکنواختی جوانه‌زنی

اثرات متقابل سه‌گانه مدت زمان، دمای انبارداری و نمونه بذری کاملینا در سطح احتمال یک درصد بر شاخص یکنواختی جوانه‌زنی تفاوت معنی‌داری را حاصل نمود (جدول ۱). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها در رابطه با شاخص یکنواختی

جوانه‌زنی نشان داد که همواره بالاترین مقدار این شاخص در تیمار شاهد (قبل از انبارداری) مشاهده گردید و در سه نمونه بذری متعلق به همدان، کرمانشاه و فسا پایین‌ترین مقدار بود. نتایج نشان داد که اعمال تیمارهای دمایی و مدت زمان انبارداری تا ماه سوم سبب تغییری در یکنواختی جوانه‌زنی نسبت به تیمار شاهد نگردید و تفاوت معنی‌داری بین آنها در کل نمونه‌های بذری مشاهده نشد. نکته حائز اهمیت این بود که یکنواختی جوانه‌زنی در نمونه‌های بذری متعلق به سبزوار و فسا حتی تا ماه ششم انبارداری در دمای ۱۰ درجه سلسیوس با شاهد تفاوتی را نشان نداد. در مقایسه بین دو دمای انبارداری نیز به نظر می‌رسد شاخص یکنواختی جوانه‌زنی در ماه پنجم انبارداری، در دمای ۱۰ نسبت به ۲۵ درجه سلسیوس در نمونه‌های بذری پایین‌تر بود.کمترین یکنواختی جوانه‌زنی در ماه ششم انبارداری در هر دو دما ثبت گردید (جدول ۳).

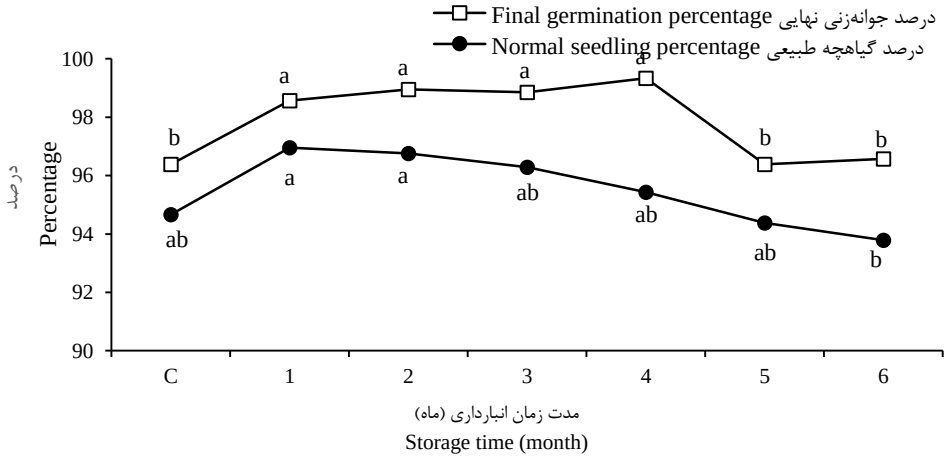
جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) شاخص‌های جوانه‌زنی در دامنه متفاوت زمان و دمای انبارداری در نمونه‌های مختلف بذری کاملینا.

Table 1- Analysis of variance (mean squared) of germination indices under different storage times and temperatures range in different Camelina seed samples.

منابع تغییرات S.O.V	D.F.	درصد جوانه‌زنی نهایی Final germination percentage	درصد گیاهچه طبیعی Normal seedling percentage	شاخص سرعت جوانه‌زنی Germination rate index	یکنواختی جوانه‌زنی Germination uniformity	مدت زمان رسیدن به Time to reach ۱۰ درصد جوانه‌زنی (D_{10})	۵۰ درصد جوانه‌زنی (D_{50})	۹۰ درصد جوانه‌زنی (D_{90})	شاخص طولی بنیه گیاهچه Seedling length vigor index	شاخص وزنی بنیه گیاهچه Seedling weight vigor index
مدت زمان Time (*Ti*)	5	91.34 **	71.03 **	11.33 **	4809.91 **	38.33 **	506.6 **	5320.15 **	151265.24 *	125389.27 **
دما Temperature (*T*)	1	14.28 ns	2.48 ns	4.37 **	266.29 *	18.28 **	91.52 **	424.19 *	92152.28 **	3466.17 ns
نمونه Sample (*S*)	6	42.62*	82.62 **	0.36 **	52.85 ns	5.11 **	38.11 **	60.68 ns	102967.27**	7305.93 **
Ti × *T*	5	8.03ns	29.22 ns	1.16 **	137.08 ns	5.32 **	13.53*	103.76 ns	5475.39 ns	2354.99 ns
Ti × *S*	30	8.99 ns	23.84 ns	0.11 ns	89.65 ns	2.10 **	14.79 **	104.99 *	3351.19 ns	1086.63 ns
T × *S*	6	6.43 ns	35.68 ns	0.24 **	90.64 ns	1.40 ns	8.64 ns	99.91 ns	56953.68 **	2791.97 *
Ti × *T* × *S*	30	12.27 ns	14.87 ns	0.17 **	119.6 **	1.41 ns	7.18 ns	110.45 *	2691.26 ns	1256.55 ns
خطا Error	168	15.49	19.35	0.08	64.37	1.04	4.79	65.54	8766.4	1120.59
ضریب تغییرات C.V. (/.)	-	4.03	4.6	7.83	24.64	26.69	12.28	22.25	8.27	8.61

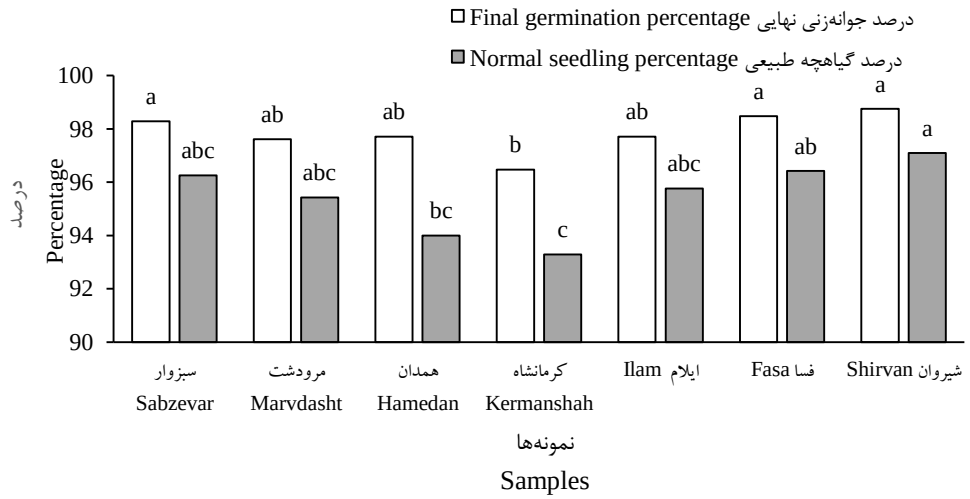
**، *، ns به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح یک، پنج درصد و عدم تفاوت معنی‌دار.

**, * significant at 1 and 5 percent levels of probability and non-significant, respectively.



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر مدت زمان انبارداری بر شاخص درصد جوانه‌زنی نهایی و گیاهچه طبیعی بذر کاملینا.

Figure 1- Mean comparison of storage time effect on Camelina final seed germination and normal seedling percentages.



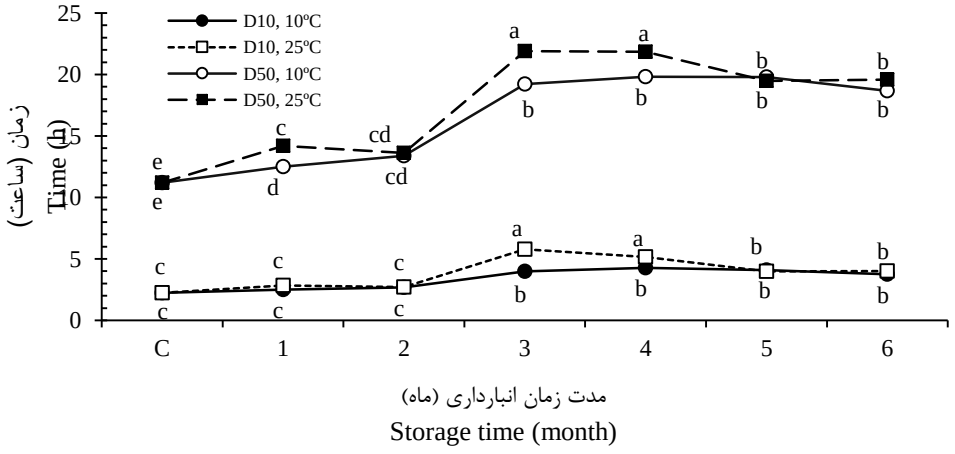
شکل ۲- مقایسه میانگین اثر نمونه‌های بذری بر شاخص درصد جوانه‌زنی نهایی و گیاهچه طبیعی بذر کاملینا.

Figure 2- Mean comparison of seed samples effect on Camelina final seed germination and normal seedling percentages.

مدت زمان رسیدن به ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد جوانه‌زنی

اثرات متقابل سه‌گانه فاکتورهای مورد بررسی در شرایط انبارداری بر شاخص‌های مدت زمان رسیدن به ۱۰ و ۵۰ درصد جوانه‌زنی تفاوت معنی‌داری را نشان نداد و اثرات متقابل مدت زمان و دمای انبارداری، مدت زمان انبارداری و نمونه بذری بر مدت زمان رسیدن به ۱۰ درصد جوانه‌زنی در سطح یک درصد معنی دار شد. اثرات متقابل زمان و دمای انبارداری، مدت زمان انبارداری و نمونه بذری بر مدت زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی به ترتیب در سطح پنج و یک درصد تفاوت معنی‌دار داشت (جدول ۱).

در کل نمونه‌های بذری کاملینا دو شاخص مدت زمان رسیدن به ۱۰ و ۵۰ درصد جوانه‌زنی ارزیابی شد و مشخص گردید که این دو شاخص مقادیر بالاتری را در دمای ۲۵ نسبت به ۱۰ درجه سلسیوس نشان دادند. بیشترین مقدار این دو شاخص در ماه‌های سوم و چهارم انبارداری و کمترین مقدار آن در ماه‌های نخست انبارداری مشاهده شد (شکل ۳). در ماه چهارم کمترین مقدار این دو شاخص در دو نمونه بذری همدان و کرمانشاه ثبت گردید. نمونه بذری کرمانشاه در کل ماه‌های انبارداری، تفاوت معنی‌داری را با شاهد از نظر این دو شاخص نشان نداد و کمترین مقادیر را داشت (جدول ۴ و ۵).



شکل ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل مدت زمان و دمای انبارداری بر شاخص مدت زمان رسیدن به ۱۰ و ۵۰ درصد جوانه‌زنی (ساعت) در نمونه‌های بذری کاملینا.

Figure 3- Mean comparison of storage time and temperature effects on the time to reach 10 and 50% (D_{10} and D_{50}) germination (h) index in Camelina seed samples.

اثر متقابل سه‌گانه مدت زمان و دماهای انبارداری و نمونه بذری بر شاخص مدت زمان رسیدن به ۹۰ درصد جوانه‌زنی در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری را نشان داد (جدول ۱). نمونه‌های بذری در تیمار شاهد کمترین مدت زمان رسیدن به ۹۰ درصد جوانه‌زنی نیاز داشتند اگرچه در بذرهای تحت دو دما طی ماه اول و دوم انبارداری از لحاظ این مدت زمان، تفاوت معنی‌داری با شاهد مشاهده نشد. نمونه بذری همدان تا ماه چهارم و کرمانشاه تا ماه پنجم تفاوت معنی‌داری را با شاهد از نظر این شاخص نشان ندادند. از لحاظ مدت زمان رسیدن به ۹۰ درصد جوانه‌زنی، پاسخ نمونه های بذری به دماهای انبارداری در ماه ششم یکسان نبود و بیشترین مقدار این شاخص در ماه ششم انبارداری در مقایسه با سایر ماه‌های انبارداری مشاهده شد، همچنین حداکثر مدت زمان رسیدن به ۹۰ درصد جوانه زنی در دمای ۱۰ درجه سلسیوس مربوط به نمونه بذری کرمانشاه و در دمای ۲۰ درجه سلسیوس مربوط به نمونه فسا بود (جدول ۶).

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل سه‌گانه مدت زمان، دمای انبارداری و نمونه بر شاخص سرعت جوانه‌زنی بذر کاملینا.

Table 2- Mean comparison of interaction effects (storage time × storage temperature × sample) on Camelina seeds germination rate index.

نمونه Sample	شاهد Control	دما (درجه سلسیوس) Temperature (ºC)	مدت زمان انبارداری (ماه) Storage time (month)					
			1	2	3	4	5	6
سبزوار Sabzevar	4.359 a-f	10	4.211 a-i	4.253 a-h	3.707 b-t	3.753 a-t	3.913 a-q	3.457 k-v
مرودشت Marvdasht	4.474 a		4.324 a-f	4.383 a-d	3.478 j-v	3.437 k-v	3.664 d-u	3.106 s-A
همدان Hamedan	4.121 a-n		4.298 a-g	4.320 a-f	4.241 a-h	4.138 a-n	3.831 a-r	2.730 w-A
کرمانشاه Kermanshah	4.424 abc		4.336 a-f	4.327 a-f	3.907 a-q	3.916 a-q	3.644 e-u	2.905 u-A
ایلام Ilam	4.330 a-f		4.374 a-e	4.154 a-k	3.670 d-u	3.690 c-t	3.812 a-s	2.969 u-A
فسا Fasa	4.485 a		4.408 a-d	4.145 a-m	3.705 b-t	3.702 b-t	3.736 b-t	3.563 g-v
شیروان Shirvan	4.352 a-f		4.281 a-g	4.414 abc	3.475 j-v	3.641 e-u	3.768 a-t	3.050 t-A
سبزوار Sabzevar	.	25	4.401 abc	4.439 ab	3.420 m-w	3.625 f-u	2.424 AB	2.029 B
مرودشت Marvdasht			4.291 a-g	4.131 a-n	3.301 p-y	3.417 n-w	2.883 v-A	2.642 y-B
همدان Hamedan			4.131 a-n	4.350 a-f	4.050 a-o	3.967 a-p	3.058 t-A	3.230 q-z
کرمانشاه Kermanshah			4.185 a-j	4.228 a-h	3.734 b-t	3.882 a-q	3.100 s-A	3.430 l-v
ایلام Ilam			4.368 a-e	4.158 a-k	3.528 h-v	3.691 c-t	3.098 s-A	3.149 r-z
فسا Fasa			4.219 a-h	4.285 a-g	3.276 p-y	3.537 h-v	2.673 yzA	2.543 zAB
شیروان Shirvan			4.221 a-h	4.196 a-j	3.488 i-v	3.385 o-x	2.698 x-A	2.904 u-A

میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار با آزمون دانکن در سطح یک درصد می‌باشند.

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 1% probability levels using Duncan test.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل مدت زمان، دمای انبارداری و نمونه بر شاخص یکنواختی جوانه‌زنی بذر کاملینا.

Table 3- Mean comparison of interaction effects (storage time × storage temperature × sample) on Camelina seeds germination uniformity index.

نمونه Sample	شاهد Control	دما (درجه سلسیوس) Temperature (ºC)	مدت زمان انبارداری (ماه) Storage time (month)					
			1	2	3	4	5	6
سبزوار Sabzevar	18.63 no	10	20.29 l-o	23.50 i-o	33.08 c-o	36.34 b-o	25.36 h-o	35.00 c-o
مرودشت Marvdasht	17.86 no		18.89 mno	21.58 j-o	33.75 c-o	38.91 b-m	31.54 d-o	46.34 b-g
همدان Hamedan	17.60 o		21.86 j-o	22.81 i-o	24.11 i-o	27.84 f-o	35.30 c-o	55.58 b
کرمانشاه Kermanshah	17.60 o		22.25 j-o	18.89 mno	26.60 g-o	28.46 e-o	31.85 d-o	72.73 a
ایلام Ilam	18.39 no		20.32 l-o	22.57 i-o	36.46 b-o	40.19 b-l	30.85 d-o	52.13 bc
فسا Fasa	17.60 o		18.10 no	21.81 j-o	32.63 c-o	37.10 b-o	33.40 c-o	35.63 c-o
شیروان Shirvan	17.87 no		23.20 i-o	20.12 l-o	36.05 c-o	39.97 b-l	31.07 d-o	39.87 b-l
سبزوار Sabzevar	.	25	20.59 l-o	18.62 no	31.44 d-o	31.95 d-o	36.37 b-o	52.33 bc
مرودشت Marvdasht			22.55 i-o	22.58 i-o	35.08 c-o	35.83 c-o	40.03 b-l	47.13 b-f
همدان Hamedan			22.90 i-o	22.65 i-o	24.41 h-o	33.71 c-o	44.30 b-h	49.07 bcd
کرمانشاه Kermanshah			21.02 k-o	20.57 l-o	26.24 h-o	37.79 b-o	34.62 c-o	48.57 bcd
ایلام Ilam			18.90 mno	25.82 h-o	31.91 d-o	37.92 b-n	41.68 b-j	48.27 b-e
فسا Fasa			23.43 i-o	21.71 j-o	28.24 e-o	39.41 b-l	40.79 b-j	75.00 a
شیروان Shirvan			20.65 l-o	23.95 i-o	32.22 d-o	36.78 b-o	41.09 b-k	42.59 b-i

میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار با آزمون دانکن در سطح یک درصد می‌باشند.

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 1% probability levels using Duncan test.

شاخص طولی و وزنی بنیه گیاهچه

تنها اثر متقابل دماهای انبارداری و نمونه‌های بذری بر شاخص طولی بنیه گیاهچه در سطح یک درصد و بر شاخص وزنی بنیه گیاهچه در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج حاصل مقایسه میانگین داده‌های شاخص طولی بنیه گیاهچه کاملینا در نمونه‌های بذری مختلف در دو دمای انبارداری نشان داد که نمونه‌های بذری بجز فسا و همدان در دمای ۱۰ نسبت به ۲۵ درجه سلسیوس از شاخص طولی بنیه گیاهچه پایین‌تری برخوردار بودند. شاخص طولی بنیه گیاهچه در نمونه بذری سبزوار در دمای ۱۰ درجه سلسیوس بیشترین و در نمونه بذری کرمانشاه در هر دو دمای انبارداری، کمترین بود، اگرچه سایر نمونه‌های بذری از نظر آماری تفاوت معنی‌داری را با نمونه سبزوار نشان ندادند (شکل ۴). نتایج حاصل از ارزیابی شاخص وزنی بنیه گیاهچه نشان داد که بالاترین مقدار این شاخص در نمونه سبزوار در دمای ۱۰ درجه سلسیوس مشاهده شد و تفاوت معنی‌داری را با سایر نمونه‌های بذری در دو دمای انبارداری نشان نداد، اگرچه سایر نمونه‌های بذری تفاوت معنی‌داری را با یکدیگر نشان ندادند (شکل ۵).

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل مدت زمان انبارداری و نمونه بذری بر شاخص مدت زمان رسیدن به ۱۰ درصد جوانه‌زنی (ساعت) کاملینا.

Table 4- Mean comparison of interaction effects (storage time × seed sample) on the time to reach 10% (D_{10}) Camelina germination (h) index

نمونه Sample	شاهد Control	مدت زمان انبارداری (ماه) Storage time (month)					
		1	2	3	4	5	6
سبزوار Sabzevar	2.33 klm	2.51 i-m	2.61 h-m	5.25 a-e	5.26 a-e	3.83 d-m	3.77 d-m
مرودشت Marvdasht	2.23 lm	2.66 g-m	2.65 g-m	5.31 a-e	5.41 a-d	4.68 b-f	3.84 d-m
همدان Hamedan	2.20 m	3.06 f-m	2.61 h-m	3.21 f-m	3.27 f-m	4.05 d-l	4.11 d-k
کرمانشاه Kermanshah	2.20 m	2.59 i-m	2.53 i-m	3.55 e-m	3.82 d-m	3.53 e-m	3.76 d-m
ایلام Ilam	2.30 klm	2.42 j-m	3.12 f-m	4.45 b-g	4.43 b-h	4.08 d-k	3.73 d-m
فسا Fasa	2.20 m	2.67 g-m	2.65 g-m	6.56 a	4.69 b-f	3.77 d-m	3.81 d-m
شیروان Shirvan	2.23 lm	2.77 g-m	2.73 g-m	5.88 abc	6.11 ab	4.33 c-i	4.17 c-j

میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار با آزمون دانکن در سطح یک درصد می‌باشند.

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 1% probability levels using Duncan test.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل مدت زمان انبارداری و نمونه بذری بر شاخص مدت زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی (ساعت) کاملینا.

Table 5- Mean comparison of interaction effects (storage time × seed sample) on the time to reach 50% (D_{10}) Camelina germination (h) index

نمونه Sample	شاهد Control	مدت زمان انبارداری (ماه) Storage time (month)					
		1	2	3	4	5	6
سبزوار Sabzevar	11.65 l	12.57 jkl	13.05 i-l	22.04 abc	22.02 abc	19.17 c-g	18.75 c-h
مرودشت Marvdasht	11.16 l	13.30 i-l	13.26 i-l	23.28 a	23.48 a	21.43 a-d	18.85 c-h
همدان Hamedan	11.00 l	15.32 h-k	13.05 i-l	16.03 g-j	16.36 f-i	19.65 b-f	20.02 a-e
کرمانشاه Kermanshah	11.00 l	12.95 i-l	12.65 jkl	17.48 e-h	18.30 d-h	17.65 e-h	18.44 c-h
ایلام Ilam	11.49 l	12.08 kl	15.62 g-k	20.44 a-e	20.91 a-e	19.88 a-f	18.67 c-h
فسا Fasa	11.00 l	13.34 i-l	13.23 i-l	22.54 ab	21.41 a-d	18.84 c-h	19.06 b-g
شیروان Shirvan	11.17 l	13.84 i-l	13.65 i-l	22.13 abc	23.34 a	20.90 a-e	20.10 a-e

میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار با آزمون دانکن در سطح یک درصد می‌باشند.

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 1% probability levels using Duncan test.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثرات متقابل سه‌گانه مدت زمان، دمای انبارداری و نمونه بر شاخص مدت زمان رسیدن به ۹۰ درصد جوانه‌زنی (ساعت) کاملینا.

Table 6- Mean comparison of interaction effects (storage time × storage temperature × sample) on the time to reach 90% (D_{90}) Camelina germination (h) index

نمونه Sample	شاهد Control	دما (درجه سلسیوس) Temperature (°C)	مدت زمان انبارداری (ماه) Storage time (month)					
			1	2	3	4	5	6
سبزوار Sabzevar	20.96 BC	10	22.82 z-C	26.39 r-C	37.15 g-A	40.37 d-s	29.20 n-C	39.19 e-v
مرودشت Marvdasht	20.09 C		21.25 BC	24.10 v-C	38.78 e-x	44.26 c-o	36.79 h-A	50.35 b-i
همدان Hamedan	19.80 C		24.53 u-C	25.40 s-C	27.01 q-C	30.80 l-C	39.05 e-w	59.12 b
کرمانشاه Kermanshah	19.80 C		24.92 t-C	21.25 BC	30.36 m-C	32.44 k-C	35.29 i-C	76.16 a
ایلام Ilam	20.69 BC		22.79 z-C	25.80 s-C	40.09 e-s	44.04 c-o	34.66 j-C	55.52 bcd
فسا Fasa	19.80 C		20.36 BC	24.55 u-C	37.03 g-A	41.88 c-q	37.18 g-A	39.55 e-v
شیروان Shirvan	20.10 C		25.74 s-C	22.52 ABC	40.14 e-s	44.85 b-m	35.87 h-B	43.71 c-o
سبزوار Sabzevar		25	23.09 y-C	20.95 BC	37.88 f-A	38.44 e-y	40.19 e-s	55.68 bc
مرودشت Marvdasht			25.51 s-C	25.36 s-C	40.68 c-s	41.30 c-r	44.14 c-o	50.80 b-h
همدان Hamedan			26.35 r-C	25.28 s-C	27.92 p-C	37.29 f-A	48.67 b-j	53.76 b-e
کرمانشاه Kermanshah			23.53 x-C	23.26 y-C	29.58 m-C	41.45 c-r	38.24 f-z	52.67 b-f
ایلام Ilam			21.26 BC	28.83 o-C	37.19 g-A	42.93 c-p	46.01 b-k	52.35 b-g
فسا Fasa			26.50 q-C	24.25 v-C	36.96 g-A	44.00 c-o	44.54 b-n	78.70 a
شیروان Shirvan			23.64 w-C	27.01 q-C	39.88 e-u	44.12 c-o	44.94 b-m	47.09 b-k

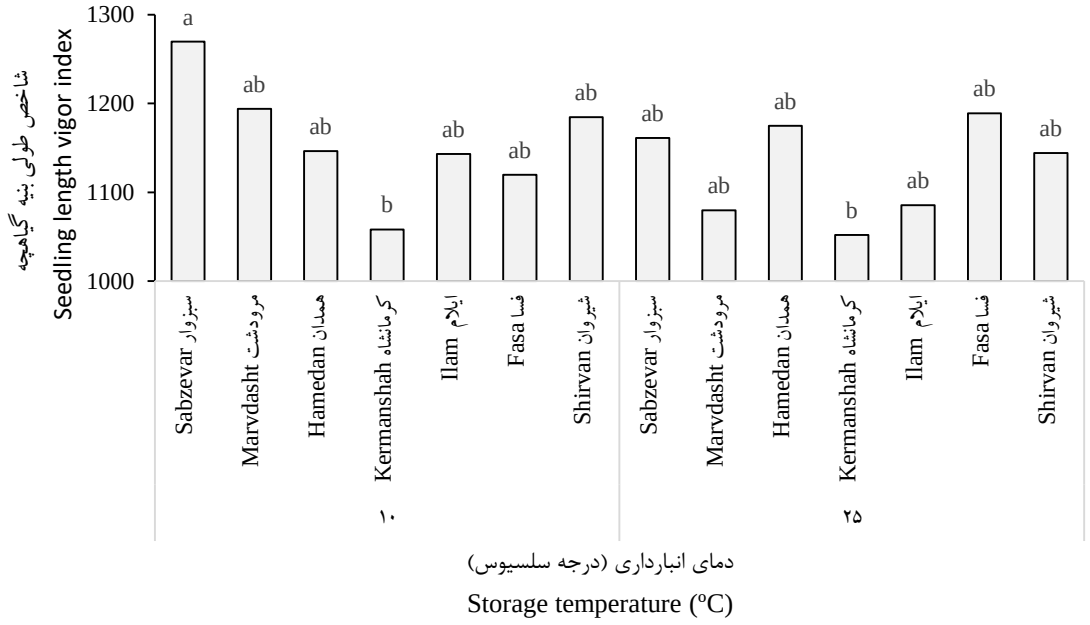
میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار با آزمون دانکن در سطح پنج درصد می‌باشند.

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability levels using Duncan test.

بحث

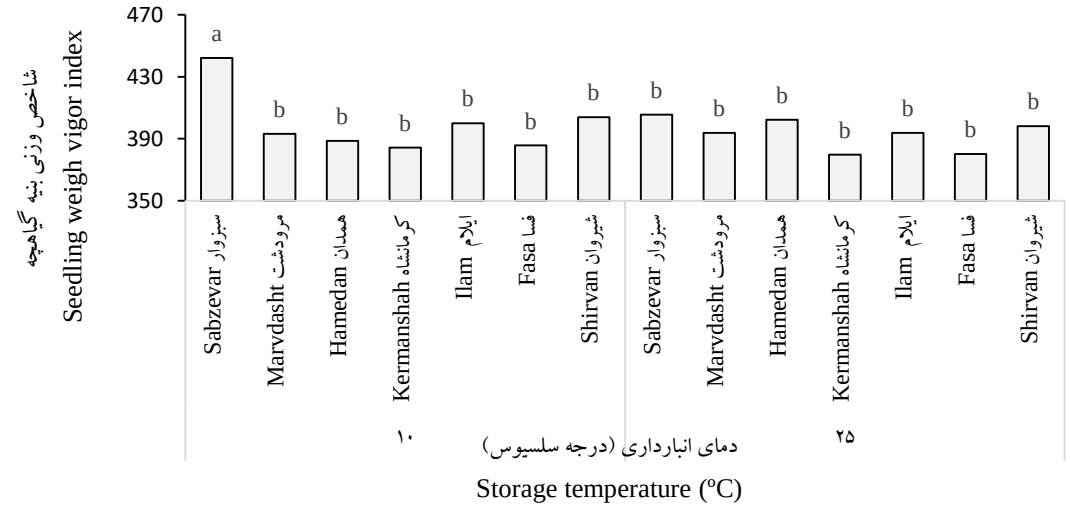
خلا عملکرد و کاهش کیفیت بذرها اغلب به دلایل بوجاری نامناسب، برداشت نابه‌هنگام، روش‌های نامناسب برداشت و عملیات‌های پس از برداشت و به‌ویژه انبارداری نامناسب رخ می‌دهد (Stefanoni et al., 2021). در بیشتر مواقع، انبارداری بذرهای زراعی به مدت چند ماه جهت کشت در سال زراعی آتی و یا حتی به مدت بیش از یک سال زراعی، امری طبیعی محسوب می‌گردد، اما در صورتی که بذرها در شرایط انبارداری نامساعدی ذخیره شوند، زوال تدریجی بذرها محتمل است و هر ساله مشاهده می‌گردد که درصد زیادی از بذرهای تولید شده طی انبارداری نامناسب از چرخه خارج می‌گردند (Kapoor et al., 2011). در این مطالعه نمونه بذرهای کاملینا از مناطق مختلف کشور جمع آوری گردید تا بررسی وسیعی از وضعیت کیفی بذرهای کاملینای تولیدی در سراسر کشور با اقلیم‌های متنوع حاصل گردد و اینکه چندین ماه انبارداری در شرایط دمایی کنترل شده و طبیعی (دمای اتاق) بذرهای کاملینا تا زمان کشت در فصل زراعی آتی، چه میزان بر کیفیت بذرها تأثیرگذار است. نتایج نشان داد که شرایط انبارداری مصنوعی (۱۰ درجه سلسیوس) و طبیعی (۲۵ درجه سلسیوس) در این مطالعه بر قوه نامیه بذرهای کاملینا در یک بازه زمانی شش ماه تأثیری نداشته و یا اندک تأثیری را اعمال

نمود. درصد جوانه‌زنی نهایی و گیاهچه طبیعی از منطقه تولید بذر، دما و مدت زمان انبارداری تأثیر کمی را پذیرفت به نحوی که کمترین درصد جوانه‌زنی نهایی و گیاهچه طبیعی پس از شش ماه انبارداری بالاتر از ۹۴ درصد بود که در دو نمونه متعلق به همدان و کرمانشاه ثبت گردید. در مطالعه بر روی بذرهای سویا پس از شش ماه انبارداری مشخص گردید که توانایی جوانه‌زنی بذرها کاهش نیافت و مشابه با بذرهای شاهد ثبت گردید و تفاوت معنی‌داری بین ماه‌های انبارداری مشاهده نشد که با نتایج این مطالعه همخوانی داشت (Singh et al., 2017). جوانه‌زنی در برخی از بذرها پس از قرارگیری به مدت طولانی در دماهای بالا (بالاتر از ۲۰ درجه سلسیوس)، سبب ایجاد یک بازدارندگی دمایی در آنها می‌گردد و در برخی موارد سبب افزایش درصد بذرهای مرده در جمعیت بذری می‌گردد که با نتایج این مطالعه مطابقت نداشت (Catao et al., 2018).



شکل ۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل دمای انبارداری و نمونه بذری بر شاخص طولی بنیه گیاهچه کاملینا.

Fig. 4- Mean comparison of storage temperature and seed sample effects on the seedling length Camelina vigor index.



شکل ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل دمای انبارداری و نمونه بذری بر شاخص وزنی بنیه گیاهچه کاملینا.

Fig. 5- Mean comparison of storage temperature and seed sample effects on the seedling weight Camelina vigor index.

در این مطالعه شاخص های مختلف سرعت، یکنواختی جوانه‌زنی و مدت زمان رسیدن به ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد جوانه‌زنی ارزیابی گردید. همواره بالاترین سرعت جوانه‌زنی در نمونه‌های بذری تحت ماه‌های نخست انبارداری ثبت گردید و کل نمونه‌ها تحت ماه‌های پنجم و ششم انبارداری پایین‌ترین سرعت جوانه‌زنی را نشان دادند. با مشاهده تأثیر دمای انبارداری در نمونه های بذری پس از مقایسه ماه پنجم و ششم انبارداری، نتایج نشان داد که روند رو به کاهش سرعت جوانه‌زنی نمونه های بذری در دمای ۲۵ درجه سلسیوس پس از ماه چهارم و در دمای ۱۰ درجه سلسیوس پس از ماه پنجم انبارداری صورت گرفت که در ماه ششم انبارداری به کمترین مقدار سرعت جوانه‌زنی رسید و بالاترین مدت زمان رسیدن به ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد جوانه‌زنی نیز در ماه ششم انبارداری نمونه‌های بذری کاملینا ثبت گردید. نقش دما در شرایط انبارداری در مطالعات زیادی تایید شده است، مشخص شده است که قرارگیری بذرها در انبارداری با دما و رطوبت بالا تأثیر مخرب بیشتری نسبت به شرایط انبارداری با دمای پایین و رطوبت بالا، بر بنیه بذرها اعمال می‌نماید. در گیاهان دانه روغنی مانند سویا، اتواکسیداسیون چربی‌ها و افزایش اسیدهای چرب آزاد می‌تواند مهم‌ترین عامل در زوال تدریجی بذرها باشد (Balesevic-Tubic et al., 2007)، در این مطالعه نیز با توجه به اینکه بذرهای کاملینا از جمله گیاهان دانه روغنی می‌باشد محتمل است که کاهش سرعت جوانه‌زنی بذرها در ماه ششم انبارداری، درنتیجه تغییرات نامطلوب در فرایند های فیزیولوژ یک درونی بذرها باشد که در این مطالعه ارزیابی نگردید و نیاز به مطالعه بیشتری در این زمینه وجود دارد. سرعت جوانه‌زنی بذرهای *Jatropha curcas* L. طی انبارداری ارزیابی و مشاهده شد همواره بالاترین سرعت جوانه‌زنی در پیش از انبارداری حادث شد و با افزایش مدت زمان انبارداری، از سرعت جوانه‌زنی بذرها کاسته شد، اگرچه تفاوت معنی‌داری از نظر این شاخص بین سه و شش ماه انبارداری گزارش نشد (Lozano-Isla et al., 2018). بذرهای ارقام مختلف کاهو در سه دمای ۱۵، ۲۵ و ۳۵ درجه سلسیوس به مدت چهار ماه انبار شدند و نتایج نشان داد که با افزایش مدت زمان انبارداری و همچنین دمای انبار، جوانه‌زنی بذرها کاهش یافت، اما بذرهای انبار شده در دمای ۱۵ نسبت به ۲۵ و ۳۵ درجه سلسیوس پس از گذشت چهار ماه انبارداری، جوانه‌زنی بالاتری را داشتند و کاهش چشمگیری در فعالیت آنزیم اندوبتاماناناز در تیمار ۳۵ درجه سلسیوس گزارش گردید (Catao et al., 2018). مشخص شده است که تحت شرایط دمایی مناسب، سطوح هورمون آبسزیک اسید به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد و بالطبع قرارگیری بذرها در دماهای بالا، سبب افزایش سطح این هورمون و درنتیجه ممانعت از خروج ریشه چه می‌گردد (Guo et al., 2020). در مطالعات دیگر نیز فوق بیان ژن های بیوسنتز کننده هورمون آبسزیک اسید و کاهش بیان ژن‌های کاتابولیسم درنتیجه قرارگیری در انبار در دماهای بالا گزارش شده است (Chiu et al., 2012 ؛Toh et al., 2008).

پس از مقایسه نمونه‌های مختلف بذری، سرعت جوانه‌زنی در دو نمونه همدان و کرمانشاه حتی پس از گذشت چهار الی پنج ماه انبارداری، با شاهد مشابه بود و تفاوت معنی‌داری را نشان نداد و کمترین مدت زمان رسیدن به ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد جوانه‌زنی در همدان و کرمانشاه ثبت گردید. همانگونه که در مطالعات مختلف مشخص شده است بذرها زمانی که بر روی گیاه مادری در حال تشکیل هستند به مانند یک انبارداری طبیعی عمل می‌کنند و از شرایط محیطی تأثیر می‌پذیرند. در تحقیقی اثر تاریخ کاشت مختلف بذرهای رقم سهیل کاملینا در منطقه خوزستان (۱۵ آبان، ۱۵ آذر و ۱۵ دی ماه) ارزیابی گردید و مشخص شد که با کشت دیرتر، بذرها با شرایط گرمایی بالاتری مواجه شدند و کیفیت بذرها کاهش یافت و بیشترین عملکرد بذر در تاریخ کشت ۱۵ آبان حاصل شد و دیرکرد در کشت (۱۵ دی ماه) سبب برخورد دوران زایشی گیاه با دمای بالای آخر فصل گردید (Zarei et al., 2022). مشخص شده است که دمای بالا در زمان پر شدن بذر در مزرعه سویا، می‌تواند جوانه‌زنی و بنیه بذرها را کاهش دهد (Egli et al., 2005) که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد به نحوی که بالاترین شاخص‌های سرعت جوانه‌زنی در دو منطقه همدان و کرمانشاه با دمای پایین‌تر نسبت به سایر مناطق در زمان پرشدن بذر به ویژه در مدت زمان‌های طولانی‌تر انبارداری ثبت گردید.

یک شاخص مهم که بیانگر ارزش و کیفیت بذر تولیدی است، بنیه بذر می‌باشد که با ظهور مزرعه‌ای گیاهچه ارتباط

تنگاتنگی دارد (Huang et al., 2017). شاخص طولی و وزنی بنیه گیاهچه مربوط به کل نمونه های کاملینا از دما و مدت زمان انبارداری تأثیر نپذیرفت و شاخص بنیه گیاهچه در بین تمام نمونه‌ها، تنها در نمونه سبزوار بالاترین مقدار بود و تفاوت معنی‌داری را نشان نداد.در مطالعه‌ای بر روی بذر چند گونه جنگلی در اروپا گزارش گردید که شرایط انبارداری تأثیری بر بنیه بذرها اعمال ننمود و رشد گیاهچه کمتر از شـرایط انبارداری تأثیر پذیرفت که با نتایج این مطالعه همخوانی داشت (Wawrzyniak et al., 2020).

نتیجه‌گیری کلی

در مجموع نتایج این مطالعه نشان داد که نمونه بذرهای تولیدی از هفت منطقه کشور، درصد جوانه‌زنی نهایی و گیاهچه طبیعی و بنیه بالایی پس از چندین ماه انبارداری داشـتند و به نظر می‌رسـد بذرهای این گیاه پتانسیل انبارداری بالایی را داشته و کشت این گیاه در مناطق مختلف کشـور از توجیه بالایی از حیث حصـول بذرهای با کیفیت برخوردار اسـت. دمای انبارداری و نمونه‌های بذری بر شاخص سرعت جوانه‌زنی تأثیر زیادی را اعمال کردند. دمای انبارداری پایین (۱۰ درجه سلسیوس) در مقایسه با انبارداری طبیعی (۲۵ درجه سـلسـیوس) در مدت زمان‌های بالاتر نگهداری می‌تواند بر شاخص سرعت جوانه‌زنی تأثیر مثبتی را اعمال نماید و همچنین محتمل ا ست که کاهش سرعت جوانه‌زنی در نمونه‌های بذرهای تولیدی در مناطقی که زمان پر شدن دانه در آنها با شرایط دمایی بالایی مواجه بوده است، منطقی با شد. در مجموع تاخیر در کشـت (انبارداری بیش از پنج ماه) قوه نامیه بذرها را تحت تأثیر قرار نداد اما به نظر می‌رسـد بر سـرعت جوانه‌زنی بذرها در فصـل زراعی بعد تأثیر بسـزایی داشـته باشـد. بذرهایی که به مدت زمان بیشـتری در شـرایط انبارداری باشـند، با دمای پایین در اواخر پاییز مواجه هستند و سرعت جوانه‌زنی پایین‌تری خواهند داشت.

سپاسگزاری

نگارندگان از مؤسـسـه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال برای حمایت مالی از این پژوهش با شـماره پروژه ۲--۰۰۶-۰۸-۰۸ ۰۰۴۰۶ تشکر و قدردانی می‌نمایند.

تعارض منافع

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ گونه تعارض منافعی در رابطه با نگارش و یا انتشار این مقاله ندارند.

References

Aminbaigi, A., Jalilian, J., Chaghazardi, H., Kahrizi, D., & Khalilzadeh, R. (2023). Evaluation of different fertilizer sources effect on yield, forage quality and oil of camelina (Camelina sativa L.) under water deficit stress. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 33*(2), 1–14. https://doi.org/10.22034/SAPS.2022.50509.2831 [In Persian]

Association of Official Seed Analysts. (1983). *Seed vigor testing handbook. Contribution No. 32 to the handbook on seed testing.*

Balesevic-Tubic, S., Tatic, M., Dordevic, V., Nikolic, Z., & Dukic, V. (2010). Seed viability of oil crops depending on storage conditions. *Helianthus, 33*(52), 153–160. https://doi.org/10.2298/HEL1052153b

Balesevic-Tubic, S., Tatic, M., Miladinovic, J., & Pucarevic, M. (2007). Changes of fatty acids content and vigor of sunflower seed during natural aging. *Helia, 30*(47), 61–67. https://doi.org/10.2298/HEL0747061B

Berti, M., Gesch, R., Eynck, C., Anderson, J., & Cermak, S. (2016). Camelina uses, genetics, genomics, production, and management. *Industrial Crops and Products, 94*, 690–710. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.09.034

Catao, H. C. R. M., Gomes, L. A. A., Guimaraes, R. M., Fonseca, H. F. P., Caixeta, F., & Galvao, A. G. (2018). Physiological and biochemical changes in lettuce seeds during storage at different temperatures. *Horticultura Brasileira, 36*, 118–125. https://doi.org/10.1590/S0102-053620180120

Chaturvedi, S., Bhattacharya, A., Khare, S. K., & Kaushik, G. (2019). Camelina sativa: An emerging biofuel crop. In C. Hussain (Ed.), *Handbook of environmental materials management* (pp. 1–38). Springer.

Cheshmehsefid, R., & Khajeh Hosseini, M. (2022). Investigation on storage potential of camelina (*Camelina sativa* L.) seeds. *ISTA Seed Symposium*. Greece, 2022-11-02.

Chiu, R., Nahal, H., Provart, N., & Gazzarrini, S. (2012). The role of the Arabidopsis FUSCA3 transcription factor during inhibition of seed germination at high temperature. *BMC Plant Biology, 12*, 15. https://doi.org/10.1186/1471-2229-12-15

Egli, D. B., TeKrony, D. M., Heitholt, J. J., & Rupe, J. (2005). Air temperature during seed filling and soybean seed germination and vigor. *Crop Science, 45*. https://doi.org/10.2135/cropsci2004.0029

Fangshan, X., Xianguo, W., Manli, L., & Peisheng, M. (2015). Mitochondrial structural and antioxidant system responses to aging in oat (Avena sativa L.) seeds with different moisture contents. *Plant Physiology and Biochemistry, 94*, 122–129. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2015.06.002

Gawrysiak-Witulska, M., Siger, A., & Nogala-Kalucka, M. (2009). Degradation of tocopherols during near-ambient rapeseed drying. *Journal of Food Lipids, 16*, 524–539. https://doi.org/10.1111/j.1745-4522.2009.01164.x

Groot, P. C., Surki, A. A., de Vos, R. C. H., & Kodde, J. (2012). Seed storage at elevated partial pressure of oxygen: A fast method for analyzing seed ageing under dry conditions. *Annals of Botany, 110*(6), 1149–1159. https://doi.org/10.1093/aob/mcs198

Guo, C., Shen, Y., & Shi, F. (2020). Effect of temperature, light, and storage time on the seed germination of *Pinus bungeana* Zucc. ex Endl.: The role of seed-covering layers and abscisic acid changes. *Forests, 11*, 1–16. https://doi.org/10.3390/f11030300

Huang, Y., Lin, C., He, F., Li, Z., Guan, Y., Hu, Q. J., & Hu, J. (2017). Exogenous spermidine improves seed germination of sweet corn via involvement in phytohormone interactions, H2O2, and relevant gene expression. *BMC Plant Biology, 17*(1), 1–16. https://doi.org/10.1186/s12870-016-0951-9

International Seed Testing Association. (2022). *International rules for seed testing*.

Kapoor, N., Aria, A., Siddiqui, M. A., Kumar, H., & Amir, A. (2011). Physiological and biochemical changes during seed deterioration in aged seeds of rice. *American Journal of Plant Physiology, 6*, 28–35. https://doi.org/10.3923/ajpp.2011.28.35

Krzyżaniak, M., Stolarski, M. J., Tworkowski, J., Puttick, D., Eynck, C., Załuski, D., & Kwiatkowski, J. (2019). Yield and seed composition of 10 spring camelina genotypes cultivated in the temperate climate of Central Europe. *Industrial Crops and Products, 138*, 111443. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.06.006

Lozano-Isla, F., Campos, M. L. O., Endres, L., Bezerra-Neto, E., & Pompelli, M. F. (2018). Effects of seed storage time and salt stress on the germination of *Jatropha curcas* L. *Industrial Crops and Products, 118*, 214–224. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.03.052

Nagel, M., Pistrick, J., Mascher, M., Bröner, A., & Groot, S. P. C. (2016). Barley seed aging: Genetics behind the dry elevated pressure of oxygen aging and moist controlled deterioration. *Frontiers in Plant Science, 7*, 1–11. https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00388

Obeng, E., Obour, A. K., Nelson, N. O., Moreno, J. A., Ciampitti, I. A., Wang, D., & Durrett, T. P. (2019). Seed yield and oil quality as affected by Camelina cultivar and planting date. *Journal of Crop Improvement, 33*, 202–222. https://doi.org/10.1080/15427528.2019.1566186

Rajjou, L., Lovigny, Y., Groot, S. P. C., Belghazi, M., Job, C., & Job, D. (2008). Proteome-wide characterization of seed aging in *Arabidopsis*: A comparison between artificial and natural aging protocols. *Plant Physiology, 148*, 620–641. https://doi.org/10.1104/pp.108.123141

Ranal, M., & De Santana, D. G. (2006). How and why to measure the germination process? *Revista Brasileira de Botânica, 29*(1), 1–11. https://doi.org/10.1590/S0100-84042006000100002

Righini, D., Zanetti, F., & Monti, A. (2016). The bio-based economy can serve as the springboard for camelina and crambe to quit the limbo. *Oils and Fats, Crops and Lipids, 23*, D504. https://doi.org/10.1051/ocl/2016021

Singh, J., Paroha, S., & Prakash Mishra, R. (2017). Factors affecting oilseed quality during storage with special reference to soybean (*Glycine max*) and niger (*Guizotia abyssinica*) seeds. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 6*(10), 2215–2226. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.610.262

Shelar, V. R., Shaikh, R. S., & Nikam, A. S. (2008). Soybean seed quality during storage: A review. *Agricultural Reviews, 29*(2), 125–131. https://arccarticles.s3.amazonaws.com/webArticle/articles/ar292006.pdf

Soltani, A., & Maddah, V. (2010). *Simple, applied programs for education and research in agronomy*. Shahid Beheshti University Press. [In Persian]

Stefanoni, W., Latterini, F., Ruiz, J., Bergonzoli, S., Palmieri, N., & Pari, L. (2021). Assessing the camelina (*Camelina sativa* (L.) Crantz) seed harvesting using a combine harvester: A case study on the assessment of work performance and seed loss. *Sustainability, 13*(1), 195. https://doi.org/10.3390/su13010195

Teimoori, N., Ghobadi, M., & Kahrizi, D. (2023). Improving the growth characteristics and grain production of camelina (*Camelina sativa* L.) under salinity stress by silicon foliar application. *Agrotechniques in Industrial Crops, 3*(1), 1–13. https://doi.org/10.22126/ATIC.2023.8681.1081 [In Persian]

Toh, S., Imamura, A., Watanabe, A., Nakabayashi, K., Okamoto, M., Jikumaru, Y., Hanada, A., Aso, Y., Ishiyama, K., & Tamura, N. (2008). High temperature-induced abscisic acid biosynthesis and its role in the inhibition of gibberellin action in *Arabidopsis* seeds. *Plant Physiology, 146*, 1368–1385. https://doi.org/10.1104/pp.107.113738

Veljkovic, V. B., Kostic, M. D., & Stamenkovic, O. S. (2022). Camelina seed harvesting, storing, pretreating, and processing to recover oil: A review. *Industrial Crops and Products*, *178*, 114539. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114539

Walia, M. K., Zanetti, F., Gesch, R. W., Krzyżaniak, M., Eynck, C., Puttick, D., Alexopoulou, E., Royo-Esnal, A., Stolarski, M. J., Isbell, T., & Monti, A. (2021). Winter camelina seed quality in different growing environments across North America and Europe. *Industrial Crops and Products*, *169*, 113639. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113639

Wawrzyniak, M., Michalak, M., & Chmielarz, P. (2020). Effect of different conditions of storage on seed viability and seedling growth of six European wild fruit woody plants. *Annals of Forest Science*, *77*, 58. https://doi.org/10.1007/s13595-020-00963-z

Yuan, L., & Li, R. (2020). Metabolic engineering of a model oilseed *Camelina sativa* for the sustainable production of high-value designed oils. *Frontiers in Plant Science*, *11*, 11–24. https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00011

Zanetti, F., Alberghini, B., Marjanović Jeromela, A., Grahovac, N., Rajković, D., Kiprovski, B., & Monti, A. (2021). Camelina, an ancient oilseed crop actively contributing to the rural renaissance in Europe. *Agronomy for Sustainable Development*, *41*, 2. https://doi.org/10.1007/s13593-020-00663-y

Zarei, Sh., Hassibi, P., Kahrizi, D., & Safieddin Ardebili, S. M. (2022). Effect of nitrogen application on camelina (*Camelina sativa*) oil seed yield and yield components at different planting dates. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *19*(4), 311–325. https://doi.org/10.22067/JCESC.2021.37179.0 [In Persian]

Zinsmeister, J., Leprince, O., & Buitink, J. (2020). Molecular and environmental factors regulating seed longevity. *Biochemical Journal*, *477*(2), 305–323. https://doi.org/10.1042/BCJ20190165