



 <https://doi.org/10.22067/ijpr.2026.96383.1121>

Assessment of Germination Traits and Seed Vigour in Promising Lentil (*Lens culinaris* Medik.) Genotypes

Turan Amanzadeh^{1*}, Ahmad Tobeh¹, Salim Farzaneh¹, Negin Amanzadeh¹, Saeid Heydarzadeh¹

Received: 09 November 2025

Revised: 18 December 2025

Accepted: 25 January 2026

Available Online: 25 January 2026

Cite this article:

Amanzadeh, T., Tobeh, A., Farzaneh, S., Amanzadeh, N., & Heydarzadeh, S. (2025). Assessment of germination traits and seed vigour in promising lentil (*Lens culinaris* Medik.) genotypes. *Iranian Journal of Pulses Research*, 16(1), 379-394. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22067/ijpr.2026.96383.1121>

Introduction

Legumes are the second most important group of cultivated crops after cereals, accounting for approximately 27% of global plant production. According to statistics from the Ministry of Agriculture Jihad, the average yield of rainfed lentil in Iran is 485 kg.ha⁻¹. Globally, lentil is cultivated on more than five million hectares, with a total production exceeding 5.6 million tons and an average yield of 1,305 kg.ha⁻¹. The lentil crop (*Lens culinaris* Medik.), after chickpea (*Cicer arietinum* L.), ranks second in terms of cultivated area in Iran, covering approximately 132,034 hectares, more than 90% of which is grown under rainfed conditions. Seed germination is one of the earliest physiological processes in plants. This process has numerous implications for the development of post-germination traits, ecological niche occupation, and the geographical distribution of plant species. Seed germination begins with water uptake and is completed by the emergence of the radicle. In most species, the radicle emerges first, and the seed is therefore considered germinated. According to the definition of the International Seed Testing Association (ISTA, 2009), seed vigour is the sum of seed characteristics that determine the potential level of activity and performance of seed germination and seedling emergence of an individual seed or a seed lot. This study aimed to compare and select superior lentil genotypes based on germination indices, stress tolerance, and seed viability, in order to identify those with better establishment, higher adaptability, and potential for high yield under field conditions.

Materials and Methods

To compare and select the best genotypes in terms of germination traits and growth indices, an experiment was conducted as a completely randomized design (CRD) with four replications in the laboratory of the Department of Agronomy, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili. The experimental treatments consisted of 12 promising lentil genotypes, including Varzeqan 6, Varzeqan 7, Nir D, Nir C, Boukan Karim Beigi, Naqadeh Mosalman, Khalkhal Sheikh Janlou, Mohagharloo, Namin B, Pardis, Bilesavar, and Sana. It should be noted that the seeds used in this study were obtained from the local seed populations of the Agricultural Research, Education, and Natural Resources Center of Ardabil Province. Sowing operations were carried out immediately after confirming the viability and health of the received seeds. For the experiment, 48 Petri dishes with a diameter of 9 cm and a depth of 1.6 cm were prepared. Twenty-five seeds from each genotype were placed in each Petri dish containing filter paper, with four replications, and five milliliters of distilled water were added to each dish. The Petri dishes were then transferred to a germinator set at 25 °C. Counting of germinated seeds began 24 hours after transfer to the germinator and was performed three times a day (every 8 hours) for 14 days. Seeds were considered germinated when the radicle had emerged at least 2 mm from the seed coat. Germination indices were calculated using the Germin software. Seed vigour of the genotypes was assessed using accelerated aging and electrical conductivity tests, and finally, the Seed vigour index was determined. At the end of the fourteenth day, to measure radicle and plumule lengths as well as fresh and dry weights of seedlings, ten seedlings were randomly selected from each Petri dish and evaluated. Statistical analysis of the data was performed using SPSS software (version 16), and mean comparisons were conducted using Duncan's multiple range test at the 5% probability level. Figures and graphs were prepared using Microsoft Excel.

Results and Discussion

The *Pardis* genotype exhibited the highest germination percentage (98%), whereas the *Nir C* genotype showed the lowest germination percentage and germination rate (75% and 0.023 seeds per day, respectively). To determine seed vigour,

1- Department of Plant Genetics and Production Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

* Corresponding Author: Amanzadeh@student.uma.ac.ir



Authors retain the copyright. This is an open access article distributed under [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

accelerated aging and electrical conductivity tests were applied, followed by evaluation of the seed vigour index relationship. Under the accelerated aging test, the lowest reduction in germination percentage (10%) was observed in the *Pardis* and *Nir C* genotypes, while the highest reduction in germination percentage (25%) was obtained in the *Mohagherloo* genotype. The electrical conductivity test indicated that the *Sana* genotype, due to greater leakage of solutes from the seeds, had the highest electrical conductivity ($68.98 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$), whereas the *Nir D* and *Varzeghan 7* genotypes showed lower electrical conductivity values (26.37 and $26.84 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$, respectively). The *Sana* genotype was classified as having weak vigour, while the *Nir D* and *Varzeghan 7* genotypes were categorized as genotypes with good vigour. The highest vigour index (671.60) and radicle length (4.74 cm) were observed in the *Sana* genotype. The *Bukan-Karim Beigi* genotype had the highest seedling dry weight (0.064 g).

Conclusions

According to the results, the highest germination percentage was observed in the *Pardis* genotype, while the *Nir C* genotype showed a lower germination percentage and germination rate. Since the seed vigour index alone is not sufficient to predict actual seed performance, accelerated aging and electrical conductivity tests were conducted. After the accelerated aging test, the lowest reduction in germination percentage (10%) was observed in the *Pardis* and *Nir C* genotypes, whereas the highest reduction in germination percentage (25%) was observed in the *Mohagherloo* genotype, indicating that the vigour of the *Mohagherloo* genotype decreased under high temperature and humidity conditions. The electrical conductivity test, which measures the extent of electrolyte leakage from seeds into water, showed that the *Mohagherloo* genotype had relatively weak seed vigour. Based on germination percentage and seedling growth (seed vigour index), the highest seed vigour was observed in the *Bilesavar* genotype, and the highest seedling dry weight was recorded in the *Bukan Karim Beigi* genotype. Due to the direct effect of the seed vigour index on seedling length, the *Bilesavar* genotype exhibited the greatest radicle length. Therefore, the *Nir D*, *Varzeghan 6*, *Varzeghan 7*, and *Nir C* genotypes can be recommended for further studies under the Ardabil climatic conditions; however, to confirm these results, both greenhouse and field evaluations are also required.

Keywords: Accelerated aging test, Electrical conductivity test, Germination uniformity



بررسی ویژگی‌های جوانه‌زنی و بنیه بذر ژنوتیپ‌های امیدبخش عدس (*Lens culinaris Medik.*)

توران امن زاده^{۱*}، احمد توبه^{۱b}، سلیم فرزانه^{۱b}، نگین امن زاده^۱، سعید حیدرزاده^{۱b}

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۰۵

چکیده

به منظور انتخاب بهترین ژنوتیپ عدس (*Lens culinaris Medik.*) از نظر صفات جوانه‌زنی و شاخص‌های رشد، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در آزمایشگاه گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۴۰۴-۱۴۰۵ انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل ۱۲ ژنوتیپ امیدبخش عدس (ورزقان ۶، ورزقان ۷، نیر D، نیر C، بوکان کریم بیگی، نقده مسلمان، خلخال شیخ جانلو، محقرلو، نمین B، پردیس، بيله‌سوار و سنا) بودند که از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل تهیه شدند. ژنوتیپ پردیس از بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی (۹۸ درصد) و ژنوتیپ نیر C از کمترین درصد و سرعت جوانه‌زنی (۷۵ درصد و ۰/۰۲۳ بذر در روز) برخوردار بودند. برای تعیین بنیه بذر از آزمون‌های تسریع پیری و هدایت الکتریکی و در نهایت رابطه شاخص بنیه بذر استفاده شد. با اعمال آزمون تسریع پیری، کمترین افت جوانه‌زنی (۱۰ درصد) در ژنوتیپ‌های پردیس و نیر C و بیش‌ترین افت جوانه‌زنی (۲۵ درصد) در ژنوتیپ محقرلو به دست آمد. آزمون هدایت الکتریکی نشان داد که ژنوتیپ سنا به دلیل تراوش بیشتر مواد به بیرون بذر دارای هدایت الکتریکی بیش‌تر (۶۸/۹۸ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بر گرم) و ژنوتیپ‌های نیر D و ورزقان ۷ هدایت الکتریکی کمتری (۲۶/۳۷ و ۲۶/۸۴ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بر گرم) داشتند. ژنوتیپ سنا از نظر بنیه در گروه ضعیف و ژنوتیپ‌های نیر D و ورزقان ۷ جزء ژنوتیپ‌هایی با بنیه خوب طبقه‌بندی شدند. بیش‌ترین شاخص بنیه (۶۷۱/۶۰) و طول ریشه‌چه (۴/۷۴ سانتی‌متر) در ژنوتیپ سنا مشاهده شد. ژنوتیپ بوکان کریم بیگی (۰/۰۶۴ گرم) نیز بیش‌ترین مقدار وزن خشک گیاهچه را دارا بود.

واژه‌های کلیدی: آزمون تسریع پیری، آزمون هدایت الکتریکی، یکنواختی جوانه‌زنی

مقدمه

حبوبات، دومین خانواده مهم گیاهان زراعی بعد از غلات هستند که حدود ۲۷ درصد از تولیدات گیاهی جهان مربوط به این دسته از گیاهان است (Coyne et al., 2020). طبق آمار وزارت جهاد کشاورزی (Agricultural Statistics Booklet, 2020)، متوسط عملکرد عدس دیم در کشور ۴۸۵ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. عدس در سطح جهانی دارای سطح زیرکشت بیش از پنج میلیون هکتار و مجموع تولید بیش از ۶/۵ میلیون تن با میانگین عملکرد ۱۳۰۵ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (FAO, 2020). گیاه زراعی عدس (*Lens culinaris Medik.*) بعد از نخود (*Cicer arietinum L.*) از نظر سطح زیرکشت در ایران در جایگاه دوم قرار گرفته و حدود ۱۳۲/۳۴ هزار هکتار سطح زیرکشت را به خود اختصاص داده که بیش از ۹۰ درصد سطح زیرکشت آن به صورت دیم می‌باشد (FAOSTAT, 2022). از خصوصیات این گیاه می‌توان به دیپلوئیدی، خودگشنی، سرمادوست و یکساله بودن آن اشاره کرد. عدس منبع غنی از آهن،

روی، پروتئین، آنتی‌اکسیدان‌ها، سلنیوم و مواد معدنی است. از دلایل کشت گسترده عدس می‌توان به چرخه زندگی کوتاه، سازگاری بالا در مناطق خشک و نیمه‌خشک، داشتن کاه با کیفیت و پتانسیل ژنتیکی در تثبیت کودهای بیولوژیکی و نیتروژن اشاره کرد (Foschi et al., 2020). عواملی چون نبود ارقام اصلاح‌شده و پایداری ضعیف آن‌ها در شرایط مختلف محیطی سبب کاهش کشت عدس شده است (Zaccardelli et al., 2010). به ترکیب ژنتیکی (لاین، رقم یا نمونه گیاهی) که در مقایسه با شاهد‌های معمولی عملکرد بالا و صفات برتری از خود نشان می‌دهد، ژنوتیپ امیدبخش گفته می‌شود و به عنوان نامزد معرفی رقم جدید و یا استفاده در اصلاح نباتات در نظر گرفته می‌شود. ژنوتیپ‌های امیدبخش، یک ژنوتیپ برتر ولی در مرحله آزمایش است که اگر برتری آن در مکان و زمان‌های مختلف ثابت

۱- گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
(*)- نویسنده مسئول: Amanzadeh@student.uma.ac.ir

نسبت به سایر ارقام نشان داد. این برتری در صفاتی نظیر سرعت جوانه‌زنی، قدرت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، وزن خشک ساقه‌چه و طول ریشه‌چه بود (Ahmadpour et al., 2023). این تحقیق با هدف مقایسه و انتخاب ژنوتیپ‌های برتر عدس از نظر شاخص‌های جوانه‌زنی، تحمل تنش و حفظ قوه نامیه انجام شد تا ژنوتیپ‌های برتر با استقرار بهتر و سازگاری بالاتر شناسایی و به‌منظور کشت در مزرعه و رسیدن به عملکرد بالا در مزرعه معرفی شوند.

مواد و روش‌ها

به‌منظور مقایسه و انتخاب بهترین ژنوتیپ از نظر صفات جوانه‌زنی و شاخص‌های رشد، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در آزمایشگاه گروه زراعت دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل ۱۲ ژنوتیپ امیدبخش عدس (ورزقان ۶، ورزقان ۷، نیر D، نیر C، بوکان کریم بیگی، نقده مسلمان، خلخال شیخ جانلو، محقرلو، نمین B، پردیس، بيله‌سوار و سنا) بودند. بذور کشت‌شده در این بررسی از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل و از توده بذر محلی تهیه شد. لازم به ذکر است که عملیات کاشت پس از اطمینان از قومنایه و سلامت بذور دریافت‌شده، انجام گرفت. جهت اجرای آزمایش، همه وسایل مورد نیاز به همراه کاغذ صافی و پتری دیش در اتوکلاو با دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت دو ساعت ضدعفونی گردید. بذرها قبل از انجام عملیات کاشت به مدت ۳۰ ثانیه به‌صورت سطحی توسط سدیم هیپوکلریت یک درصد ضدعفونی و سه بار با آب مقطر شست‌وشو داده شدند (Talei et al., 2011). برای انجام آزمایش، تعداد ۳۶ پتری دیش با قطر ۹ و عمق ۱/۶ سانتی‌متر تهیه گردید. تعداد ۵۰ بذر از هر ژنوتیپ در سه تکرار در هر پتری حاوی کاغذ صافی کشت گردید و پنج میلی‌لیتر آب مقطر به هر پتری اضافه شد و در نهایت به ژرمیناتور با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد منتقل گردید (Ghanbari et al., 2016). شمارش بذره‌های جوانه‌زده ۲۴ ساعت پس از انتقال به ژرمیناتور به مدت سه بار در روز (هر هشت ساعت) شروع و تا ۱۴ روز ادامه داشت. بذرهایی به‌عنوان بذر جوانه‌زده تلقی شد که ریشه‌چه به اندازه دو میلی‌متر از پوسته خارج شده باشد (Soltani et al., 2001). در پایان روز چهاردهم به‌منظور اندازه‌گیری طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن تر و خشک گیاهچه، ۱۰ عدد گیاهچه از هر پتری انتخاب و مورد ارزیابی قرار گرفت. برای محاسبه صفات جوانه‌زنی از برنامه Germin استفاده گردید. برای محاسبه درصد جوانه‌زنی از معادله ۱ (Omidi et al., 2014)، سرعت جوانه‌زنی از معادله ۲ (Soltani et al., 2001) استفاده شد و یکنواختی جوانه‌زنی به‌وسیله برنامه Germin محاسبه شد (Soltani et al., 2001). برای محاسبه سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی، ابتدا منحنی جوانه‌زنی تجمعی

گردد، به‌عنوان رقم تجاری معرفی خواهد شد (Bhandari et al., 2023).

جوانه‌زنی بذر، یکی از اولین رفتارهای فیزیولوژیک توسط گیاهان می‌باشد. این واقعیت، پیامدهای متعددی برای تکامل صفات بعد از جوانه‌زنی، آشیان اکولوژیک و محدوده جغرافیایی گیاه دارد (Hasan et al., 2024). جوانه‌زنی بذر با جذب آب شروع می‌شود و با ظاهر شدن ریشه‌چه، کامل می‌شود. در اکثر گونه‌ها، ابتدا ریشه‌چه ظاهر می‌شود و بذر به‌عنوان بذر جوانه‌زده در نظر گرفته می‌شود (Bhandari et al., 2023). لطفی و همکاران (Lotfi et al., 2019) چهار ژنوتیپ مختلف عدس (کیمیا، بيله‌سوار، قزوین و محلی) را به‌منظور پیش‌بینی ظاهر شدن و استقرار گیاهچه در مزرعه، توسط آزمون جوانه‌زنی استاندارد مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردند که ارقام مختلف عدس از نظر صفاتی چون درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشتند. شاخص‌های جوانه‌زنی مانند درصد جوانه‌زنی، قدرت جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر از مهم‌ترین صفات جوانه‌زنی به‌منظور ارزیابی عملکرد جوانه‌زنی و کیفیت بذر محسوب می‌شوند (ISTA, 2009; Armand et al., 2015). طبق تعریف لنجمن بین‌المللی آزمون بذر (ISTA)، بنیه بذر مجموعه خصوصیات بذر است که سطح بالقوه فعالیت و کارایی جوانه‌زنی و ظهور گیاهچه بذر یا توده آن را تعیین می‌نماید (Powell, 2007). یکی از مهم‌ترین دلایل کاهش بنیه بذر، از دست رفتن تمامیت غشاء سلولی است. شرایط نامناسب انبارداری و از بین رفتن نفوذپذیری غشاء باعث افزایش نشت ترکیبات بذری و در نهایت کاهش بنیه بذر می‌شود (Oskouei & Sheidaei, 2016; Sheidaei et al., 2013). برای تعیین بنیه بذر در گیاهان مختلف آزمون‌هایی انجام شده است که می‌توان به آزمون هدایت الکتریکی در گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) (Khavari et al., 2009)، آزمون سرما در ذرت (*Zea mays* L.) (Noli et al., 2008)، آزمون تسریع پیری در نخود فرنگی (*Pisum sativum* L.) و کنجد (*Sesamum indicum* L.) (Hampton et al., 2004) و آزمون جوانه‌زنی در سرما در چغندر قند (*Beta vulgaris* L.) (Hampton & Tekrony, 1995) اشاره کرد. اسدی دانالو و همکاران (Asadi-Danalo et al., 2014) برای تعیین بنیه بذر در ارقام مختلف عدس، از آزمون هدایت الکتریکی و آزمون تسریع پیری استفاده کردند و گزارش نمودند که افزایش نفوذپذیری غشاء (هدایت الکتریکی بالا)، نتیجه بنیه (قدرت) ضعیف بذر است. در مطالعه‌ای ارقام پرکاربرد گیاه عدس شامل گچساران، رباط، کیمیا، بيله‌سوار و زیبا در سه تیمار دمایی مورد بررسی قرار گرفتند. در این تحقیق رقم بيله‌سوار بیش‌ترین شاخص‌های جوانه‌زنی و رشدی را در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد

شدن مدت مقرر، میزان هدایت الکتریکی مواد نشست‌یافته به داخل آب با استفاده از دستگاه هدایت‌سنج (LF 538, WTW, Germany) اندازه‌گیری و نتایج برحسب میکروزیمنس بر سانتی‌متر بر گرم گزارش شدند (DehghanShoar et al., 2005). به‌منظور اندازه‌گیری وزن خشک گیاهچه، گیاهچه‌های مربوط به هر ژنوتیپ و تکرار به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک و وزن خشک آن‌ها به‌وسیله ترازوی AND مدل ۳۰۰ GT- ساخت کشور آلمان با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد و طول ریشه‌چه و ساقه‌چه نیز توسط خط‌کش اندازه‌گیری گردید (Lekh & Kairwal, 1993). تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS 16 و مقایسه میانگین‌ها به‌وسیله آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. همچنین برای ترسیم شکل‌ها و نمودارها از برنامه Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

درصد جوانه‌زنی: نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها از نظر درصد جوانه‌زنی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ۱). در این تحقیق، ژنوتیپ‌های پردیس (۹۸ درصد)، ورزقان ۶ (۹۷ درصد)، نمین B (۹۵ درصد)، بوکان کریم بیگی و خلخال شیخ جانلو (۹۳ درصد)، بيله‌سوار (۹۲ درصد)، ورزقان ۷ و نقده مسلمان (۸۹ درصد) دارای بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی (در یک گروه) و ژنوتیپ‌های امیدبخش نیر C (۷۵ درصد)، محقرلو (۷۹ درصد) و نیر D (۸۳ درصد) دارای کمترین درصد جوانه‌زنی (بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر) بودند (شکل ۱). در جوانه‌زنی طی مراحل جذب آب، تغییرات متابولیکی زیادی در بذر صورت می‌گیرد که می‌توان به تغییرات رنویسی، ترجمه‌ای و پس‌ترجمه‌ای اشاره کرد (Gallardo et al., 2001). در مرحله دوم جوانه‌زنی پس از آبیگری، ترمیم DNA آسیب‌دیده و سنتز DNA میتوکندریایی صورت می‌گیرد (Zlatanova et al., 1987). بنابراین در بذرهایی با بنیه پایین، میزان DNA و RNA کاهش می‌یابد و آسیب وارده به DNA در بذرهایی که از بنیه بالایی برخوردار هستند، کمتر می‌باشد و عمل ترمیم‌کنندگی DNA در این بذرها سریع‌تر از بذرهایی با بنیه پایین صورت می‌گیرد (Kalpana & Madhava, 1997). ثلث شده است که یکپارچگی rRNA ارتباط نزدیکی با توانایی سنتز پروتئین دارد (Bray et al., 1993; Fu et al., 2000). از آنجاکه توانایی سنتز پروتئین در جنین بذرهایی قوی (بنیه بالا) بیش‌تر از بذرهایی با بنیه ضعیف است، بنابراین ساختار و یکپارچگی rRNA در بذرهایی با بنیه ضعیف تخریب می‌شود و در نهایت کاهش درصد جوانه‌زنی در این بذرها صورت می‌گیرد (Liu et al., 1999).

هر تکرار در مقابل زمان (برحسب ساعت) رسم و سپس با استفاده از روش درون‌یابی خطی، مدت زمان از کاشت تا زمانی که ۱۰ درصد و ۹۰ درصد جوانه‌زنی اتفاق افتاد، محاسبه شد. این زمان‌ها به‌ترتیب به‌صورت D10 تا D90 نشان داده می‌شود. سرعت جوانه‌زنی D50 معادل عکس زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی است و یکنواختی جوانه‌زنی یعنی تفاضل زمان رسیدن از ۱۰ درصد حداکثر جوانه‌زنی به ۹۰ درصد حداکثر جوانه‌زنی (D90-D10)، هرچه عدد یکنواختی جوانه‌زنی کمتر باشد، یکنواختی بیشتر است (Soltani et al., 2001). برای تعیین بنیه بذر ژنوتیپ‌ها از دو آزمون تسریع پیری و هدایت الکتریکی و در نهایت برای محاسبه شاخص بنیه بذر از معادله ۳ (Vashisth & Nagarajan, 2010) استفاده شد. از آزمون تسریع پیری و هدایت الکتریکی به این دلیل که این آزمون‌ها کیفیت فیزیولوژیکی واقعی بذر را بهتر از درصد جوانه‌زنی ساده نشان می‌دهند و به‌طور مستقیم با شاخص بنیه بذر مرتبط هستند، استفاده گردید.

$$\text{معادله (۱)} \quad GP = (N \times 100)/M$$

که در آن، GP: درصد جوانه‌زنی، M: تعداد کل بذور و N: تعداد بذر جوانه‌زده است.

$$\text{معادله (۲)} \quad R50 = 1/D50$$

که در آن، R50: سرعت جوانه‌زنی و D50: مدت زمان لازم برای اینکه ۵۰ درصد جوانه‌زنی صورت بگیرد.

$$\text{معادله (۳)} \quad Vi = GP \times (rl + sl)$$

که در آن، Vi: بنیه بذر، rl: طول ریشه‌چه برحسب سانتی‌متر، sl: طول ساقه‌چه برحسب سانتی‌متر و GP: درصد جوانه‌زنی است.

برای انجام آزمون تسریع پیری، ۵۰ عدد بذر هر ژنوتیپ در سه تکرار انتخاب و برای مدت زمان ۷۲ ساعت در دمای ۴۳ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۱۰۰ درصد قرار گرفتند (AOSA, 1983). بذرها روی یک توری سیمی از جنس آلومینیوم قرار گرفته و به درون ظرف‌های پلاستیکی که از قبل درون آن‌ها آب مقطر ریخته شده، منتقل گردید و سپس ظرف‌ها برای مدت ۷۲ ساعت در دمای ۴۳ درجه سانتی‌گراد در انکوباتور قرار گرفتند. بعد از اعمال آزمون تسریع پیری، ارزیابی جوانه‌زنی انجام شد (AOSA, 1983). جهت انجام آزمون هدایت الکتریکی، سه تکرار ۵۰ بذری از هر ژنوتیپ که وزن آن‌ها قبلاً تعیین شده بود، برای این آزمایش در نظر گرفته شدند. برای هر تکرار یک ارلن پلاستیکی درب‌دار، حاوی ۲۰ میلی‌لیتر آب دیونیزه در نظر گرفته شد. ابتدا ارلن‌های حاوی آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید تا دمای آب یونیزه نیز به حدود ۲۰ درجه سانتی‌گراد برسد. سپس بذرهایی هر تکرار در داخل یک ارلن ریخته شده و پس از بستن درب آن، دوباره به مدت ۲۴ ساعت در داخل انکوباتور با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. پس از سپری

گزارش شده است که رقم تالار سویا (*Glycine max* (L.) Merrill) به دلیل داشتن بنبه بالا، از سرعت جوانه‌زنی بالاتری برخوردار بود که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت (Pasandideh et al., 2014).

مدت زمان تا ۱۰ و ۵۰ درصد جوانه‌زنی (D10, D50): طبق نتایج جدول تجزیه واریانس، مدت زمان تا ۱۰ و ۵۰ درصد جوانه‌زنی در بین ژنوتیپ‌های مختلف به ترتیب اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد نشان دادند (جدول ۱). جدول مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین زمان لازم تا ۱۰ درصد جوانه‌زنی در ژنوتیپ پردیس (۳۶/۷۲ ساعت) و کمترین این مقدار در ژنوتیپ نمین B (۱۶/۰۸ ساعت) مشاهده شد و همچنین بیشترین زمان لازم تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی در ژنوتیپ نیر C (۴۲/۷ ساعت) و کمترین این مقدار در ژنوتیپ نمین B (۳۱/۶۰ ساعت) به دست آمد (شکل ۲). خروج زود هنگام ریشه اولیه به دوره و میزان انرژی مصرف شده برای فعال‌سازی مجدد متابولیسم، فعالیت سازوکارهای ترمیم غشاء و ازسرگیری سنتز DNA و پروتئین مرتبط است. این دوره و میزان مصرف انرژی در بذرها با بنبه (ویگور) کمتر، طولانی‌تر است که این موضوع خود را به صورت تأخیر در جوانه‌زنی و کاهش سرعت رشد نشان می‌دهد (Patil et al., 2019; Kumari et al., 2021).

کاهش شاخص‌های جوانه‌زنی و فعالیت آنزیم‌ها در بذرهاى آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) با بنبه ضعیف مشاهده گردید که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت (Thiayarajeh & Kapilon, 2015).

سرعت جوانه‌زنی: طبق جدول تجزیه واریانس، سرعت جوانه‌زنی در بین ژنوتیپ‌های مختلف اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال پنج درصد نشان داد (جدول ۱). به طوری که بیش‌ترین سرعت جوانه‌زنی (۰/۳۱۰ بذر در روز) به ژنوتیپ نمین B و کمترین این مقدار (۰/۰۲۳) به ژنوتیپ نیر C تعلق داشت (شکل ۱). سرعت جوانه‌زنی یکی از مهم‌ترین و اولین شاخص‌های بنبه بذر است (Hamidi et al., 2005). سرعت جوانه‌زنی بیانگر سرعت خروج ریشه‌چه از بذر بوده و با گونه گیاهی و ترکیبات موجود در بذر ارتباط نزدیکی دارد. بذرهایی با بنبه بالا از شاخص بنبه و سرعت جوانه‌زنی بالایی برخوردار می‌باشند (Patil et al., 2019; Kumari et al., 2021). بذرهایی با بنبه قوی از سرعت جوانه‌زنی مطلوبی برخوردار هستند و بذرهایی که بنبه کمتر دارند، طولانی‌تری جوانه‌زنی مطلوب در یک زمان مشخص را ندارند و مشکلاتی چون عدم یکنواختی پوشش سطح خاک، مواجه شدن با بذرهایی که دیر جوانه می‌زنند را در شرایط نامساعد محیطی افزایش می‌دهد (Hamidi et al., 2005). ژنوتیپ نیر C به دلیل بنبه بذر کمتر، از سرعت و درصد جوانه‌زنی کمتری برخوردار بود (شکل ۱).

جدول ۱- تجزیه واریانس و مقایسه گروهی (میانگین مربعات) خصوصیات جوانه‌زنی در ژنوتیپ‌های مختلف عدس

Table 1- Analysis of variance and group comparison (mean of squares) of germination characteristics in different lentil genotypes

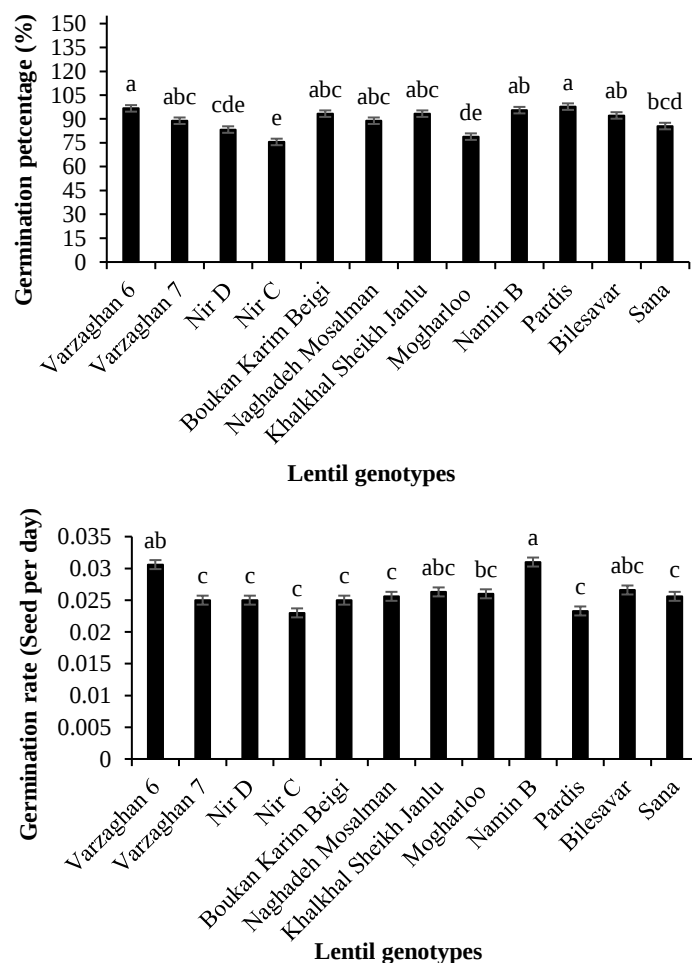
منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	یکنواختی جوانه‌زنی Germination uniformity	مدت زمان تا ۱۰ درصد جوانه‌زنی D10	مدت زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی D50	مدت زمان تا ۹۰ درصد جوانه‌زنی D90
ژنوتیپ Genotype	11	150.93**	0.000017*	70.157 ns	112.2**	37.32**	77.72 ns
خطا Error	24	27.46	0.0000066	42.61	21.80	13.17	35.39
ضریب تغییرات CV (%)		5.87	9.82	30.56	16.40	9.56	11.92

ns: غیرمعنی‌دار، * و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

ns: non significant, *and **: significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

D10: مدت زمان تا ۱۰ درصد جوانه‌زنی، D50: مدت زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی، D90: مدت زمان تا ۹۰ درصد جوانه‌زنی

D10: Duration up to 10% germination, D50: Duration up to 50% germination, D90: Duration up to 90% germination



شکل ۱- مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های عدس از نظر درصد و سرعت جوانه‌زنی
Figure 1- Comparison of average lentil genotypes in terms of germination percentage and speed

آزمون‌های تعیین بنیه بذر

آزمون تسریع پیری

درصد جوانه‌زنی: پس از اعمال آزمون تسریع پیری، درصد جوانه‌زنی در بین ژنوتیپ‌های مختلف اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال یک درصد نشان داد (جدول ۲). بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی در ژنوتیپ‌های پردیس (۸۸ درصد)، ورزقان ۶ (۸۱ درصد)، نمین B (۷۹ درصد)، بوکان کریم بیگی (۷۲ درصد)، خلخال شیخ جانلو (۷۱ درصد)، بیله‌سوار (۷۰ درصد) و سنا (۶۸ درصد) در یک گروه و کمترین درصد جوانه‌زنی به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های محقرلو (۵۴ درصد)، ورزقان ۷ و نقده مسلمان (۶۰ درصد)، نیر D و نیر C (۶۵ درصد) بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر مشاهده گردید (جدول ۳). با اعمال آزمون پیری، درصد جوانه‌زنی همه ژنوتیپ‌ها کاهش یافت. در طی فرآیند پیری، تغییرات بیوشیمیایی و متابولیکی مختلفی در بذر رخ می‌دهد که سبب کاهش توان جوانه‌زنی می‌شوند (McDonald, 1999). از دلایل کاهش جوانه‌زنی در طی تسریع پیری می‌توان به تخریب DNA،

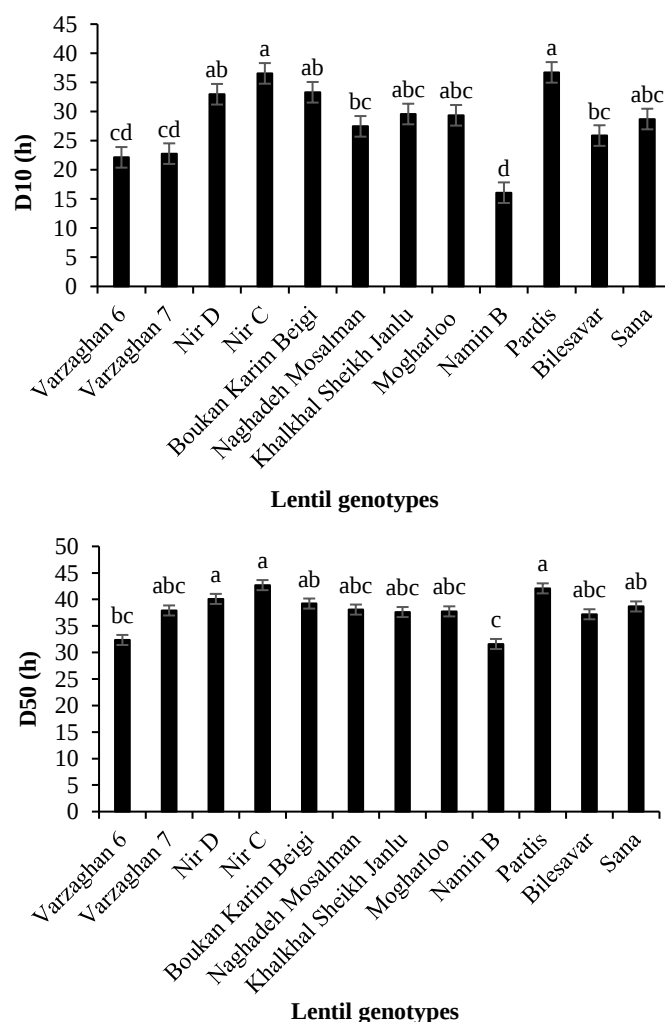
پراکسیداسیون چربی‌ها، آسیب به فرآیند سنتز RNA، خسارت به غشاهای سلول و غیرفعال شدن آنزیم‌ها اشاره کرد (Lehner et al., 2008).

سرعت جوانه‌زنی: پس از اعمال آزمون تسریع پیری، سرعت جوانه‌زنی در بین ژنوتیپ‌های مختلف اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال یک درصد نشان داد (جدول ۲). بیش‌ترین و کمترین سرعت جوانه‌زنی به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های ورزقان ۶ (۰/۰۴۶ بذر در روز) و محقرلو (۰/۰۲۳ بذر در روز) مشاهده گردید (جدول ۳). سرعت جوانه‌زنی با اعمال پیری فقط در ژنوتیپ‌های سنا، بیله‌سوار، محقرلو و نمین B کاهش و در بقیه ژنوتیپ‌ها افزایش یافت. مدت زمان لازم برای تکمیل فرآیند جوانه‌زنی در بذرهایی که در معرض پیری قرار گرفتند نسبت به بذرهایی طبیعی افزایش یافته و در نتیجه شاخص جوانه‌زنی کاهش نشان داد (Bailly et al., 2000). در ژنوتیپ‌های دیگر، دلیل افزایش سرعت جوانه‌زنی در اثر اعمال تسریع پیری را می‌توان این‌گونه تعبیر کرد که جذب آب توسط بذر به‌صورت فیزیکی

یکنواختی در ژنوتیپ ورزقان ۷ (۶۲/۰۶) مشاهده گردید (جدول ۳). در یکنواختی جوانه‌زنی هرچه عدد به‌دست‌آمده کمتر باشد، نشانگر یکنواختی بیشتر است (Soltani et al., 2001). آسیب به DNA و mRNA، تخریب بیوشیمیایی مواد ذخیره‌ای بذر و پراکسیداسیون لیپیدها در اثر تسریع پیری ایجاد می‌شوند. پراکسیداسیون لیپیدها، اثر مخربی بر عملکرد میتوکندری از طریق اضمحلال غشاء خواهند داشت و موجب کاهش میزان ATP تشکیل‌شده در جوانه‌زنی می‌شوند و در نهایت منجر به کاهش سنتز آنزیم‌های لازم در مراحل اولیه جوانه‌زنی می‌شود (McDonald, 1999).

بوده که ربطی به زنده بودن بذر ندارد، بنابراین پوسته بذر برای خروج ریشه‌چه نرم شده و این امر باعث افزایش سرعت جوانه‌زنی می‌شود (Soltani et al., 2002). چگنی و همکاران (Chegeni et al., 2016) گزارش کردند که درصد و سرعت جوانه‌زنی لاین‌های امیدبخش کلزا (*Brassica napus* L.) در اثر پیری تسریع‌شده کاهش یافت که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت.

یکنواختی جوانه‌زنی: براساس جدول تجزیه واریانس، یکنواختی جوانه‌زنی، در بین ژنوتیپ‌های مختلف عدس اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال یک درصد نشان دادند (جدول ۲). کمترین میزان یکنواختی جوانه‌زنی مربوط به ژنوتیپ سنا (۱۸/۰۵) و بیش‌ترین میزان



شکل ۲- مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های عدس از نظر مدت زمان لازم تا ۱۰ و ۵۰ درصد جوانه‌زنی

Figure 2- Comparison of average lentil genotypes in terms of time required to reach 10 and 50 percent germination

D10: مدت زمان تا ۱۰ درصد جوانه‌زنی، D50: مدت زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی، D90: مدت زمان تا ۹۰ درصد جوانه‌زنی

D10: Duration up to 10% germination, D50: Duration up to 50% germination, D90: Duration up to 90% germination

(۷۲/۲۰ ساعت) و کمترین این مقدار به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های ورزقان ۶ (۴/۷۶ ساعت)، ورزقان ۶ (۲۲/۴۵ ساعت)، ورزقان ۶ (۳۵/۳۵ ساعت) مشاهده گردید (جدول ۳). در طی فرآیند تسریع پیری، پایداری غشاء پلاسمایی و فعالیت‌های آنزیمی کاهش یافته و ساختار مولکولی اسید نوکلئیک دچار تغییراتی می‌شود و در نتیجه زمان جوانه‌زنی سریع افزایش می‌یابد (Justice & Bass, 1979).

مدت زمان تا ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد جوانه‌زنی (D10, D50, D90): براساس جدول تجزیه واریانس، ژنوتیپ‌های مختلف عدس از نظر مدت زمان تا ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد جوانه‌زنی با یکدیگر، اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال یک درصد نشان دادند (جدول ۲). بیش‌ترین زمان لازم تا ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد جوانه‌زنی به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های سنا (۳۳/۵۸ ساعت)، محقرلو (۴۲/۸۰ ساعت)، ورزقان ۷

جدول ۲- تجزیه واریانس و مقایسه گروهی (میانگین مربعات) خصوصیات جوانه‌زنی در ژنوتیپ‌های مختلف عدس پس از اعمال آزمون تسریع پیری

Table 3- Analysis of variance and group comparison (mean of squares) of germination characteristics in different lentil genotypes after applying the accelerated aging test

میانگین مربعات Mean of squares							
منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	یکنواختی جوانه‌زنی Germination uniformity	مدت زمان تا ۱۰ درصد جوانه‌زنی D10	مدت زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی D50	مدت زمان تا ۹۰ درصد جوانه‌زنی D90
ژنوتیپ Genotype	11	275.056**	0.00015**	377.93**	352.84**	155.53**	349.82**
خطا Error	24	110.18	0.000027	91.08	17.80	36.11	56.49
ضریب تغییرات CV (%)		15.09	15.9	28.9	25.67	18.44	15.40

**, معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

***: significant at the 1% probability levels.

D10: مدت زمان تا ۱۰ درصد جوانه‌زنی، D50: مدت زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی، D90: مدت زمان تا ۹۰ درصد جوانه‌زنی

D10: duration up to 10% germination, D50: duration up to 50% germination, D90: duration up to 90% germination

به بذر و ترک خوردن آن، به مواد و عناصر داخل بذر اجازه خارج شدن از بذر را می‌دهد. بنابراین بذره‌های آسیب‌دیده، میزان نشتی و هدایت الکتریکی بالایی خواهند داشت (Rahman et al., 2004; Vearasilpa et al., 2001). طبق قوانین انجمن بین‌المللی آزمون بذر (ISTA) بذرهایی دارای بنیه قوی هستند که هدایت الکتریکی آن‌ها کمتر از ۲۵ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بر گرم باشد. بذرهایی با هدایت الکتریکی ۲۵-۲۹ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بر گرم جزء بذرهایی با بنیه خوب و بذرهایی با هدایت الکتریکی بین ۳۰-۴۳ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بر گرم جزء بذرهایی با بنیه نسبتاً ضعیف و بذرهایی با هدایت الکتریکی بیش‌تر از ۴۳ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بر گرم جزء بذرهایی با بنیه ضعیف طبقه‌بندی می‌شوند (DehghanShoar et al., 2005). بنابراین ژنوتیپ‌های سنا، بوکان کریم بیگی، نقده مسلمان، خلخال شیخ جانلو و پردیس از نظر بنیه بذر ضعیف و ژنوتیپ‌های نیر D، ورزقان ۶ و ۷ و نیر C از نظر بنیه بذر در گروه خوب و ژنوتیپ‌های محقرلو و بیل‌سوار در گروه نسبتاً ضعیف قرار داشتند. قبادی و همکاران (Ghobadi et al., 2017)، آزمون

آزمون هدایت الکتریکی: براساس جدول تجزیه واریانس، صفت آزمون هدایت الکتریکی در بین ژنوتیپ‌های مختلف عدس اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال یک درصد نشان داد (جدول ۴). با انجام آزمون هدایت الکتریکی مشاهده گردید که ژنوتیپ‌های سنا (۶۸/۹۸ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بر گرم)، بوکان کریم بیگی (۶۲/۸۷ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بر گرم)، نقده مسلمان (۵۶/۸۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بر گرم) و خلخال شیخ جانلو (۵۱/۵۸ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بر گرم) بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر بیش‌ترین هدایت الکتریکی و ژنوتیپ‌های نیر D، ورزقان ۷، ورزقان ۶، نیر C، محقرلو، بیل‌سوار و پردیس بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر به‌ترتیب (۲۶/۳۷، ۲۶/۸۴، ۲۹/۷۰، ۲۹/۷۲، ۳۹/۷۸، ۴۱/۴۹ و ۴۳/۴۴ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بر گرم) کمترین هدایت الکتریکی را دارا بودند (شکل ۳). از دلایل کاهش پتانسیل جوانه‌زنی و رشد گیاهچه، می‌توان به تخریب غشاء و نشست مواد مختلف از سلول اشاره کرد (Goel & Sheoran, 2003). به‌منظور اندازه‌گیری قابلیت حیات و بنیه بذر از آزمون هدایت الکتریکی استفاده می‌شود. آسیب واردشده

هدایت الکتریکی را روی ژنوتیپ‌های عدس به‌منظور پیش‌بینی سبب شدن گیاهچه عدس در مزرعه انجام دادند و گزارش کردند که ژنوتیپ‌های قزوین ۸۹، کرمانشاه ۸۹، بیله‌سوار ۸۹ بیش‌ترین هدایت الکتریکی و ژنوتیپ‌های کرمانشاه و کیمیا ۹۳ کمترین هدایت الکتریکی را داشتند.

جدول ۳- مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های عدس از نظر صفات جوانه‌زنی پس از اعمال آزمون تسریع پیری

Table 4- Comparison of average lentil genotypes in terms of germination traits after applying the accelerated aging test

ژنوتیپ Genotype	درصد جوانه‌زنی (درصد) Germination percentage (%)	سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز) Germination rate (seed per day)	یکنواختی جوانه‌زنی (ساعت) Germination Uniformity (h)	مدت زمان تا ۱۰ درصد جوانه‌زنی (ساعت) D10 (h)	مدت زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی (ساعت) D50 (h)	مدت زمان تا ۹۰ درصد جوانه‌زنی (ساعت) D90 (h)
ورزقان ۶ Varzaghan 6	81.11 ab*	0.046 a	30.60 bc	4.74 c	22.45 e	35.35 e
ورزقان ۷ Varzaghan 7	59.99 cd	0.030 cde	62.06 a	10.13 c	32.58 cd	72.20 a
نیر D Nir D	65.55 bcd	0.037abc	35.26 bc	6.63 c	26.54 e	41.90 cde
نیر C Nir C	65.55 bcd	0.040 ab	33.13 bc	5.11 c	24.63 e	38.25 cde
بوکان کریمیگی Boukan Karim Beigi	72.21 abcd	0.034 bcd	36.02 bc	7.43 c	28.69 de	43.46 cde
نقده مسلمان Naghadeh Mosalman	60 cd	0.044 ab	32.92 bc	4.98 c	23.43 e	37.90 de
خلخال شیخ جانلو Khalkhal Sheikh Janlu	71.10 abcd	0.027 de	22.39 c	24.05 b	37.36 abc	46.45 cde
محقرلو Mogharloo	54.44 d	0.023 e	41.82 b	28.26 ab	42.80 a	63.23 ab
نمین B Namin B	78.88 abc	0.026 de	23.99 bc	26.98 ab	37.76 abc	50.97 bcd
پردیس Pardis	87.77 a	0.028cde	29.60 bc	21.88 b	34.83 bc	51.49 bcd
بیله‌سوار Bilesavar	69.99 abcd	0.025 de	29.18 bc	23.38 b	38.98 ab	52.56 bc
سنا Sana	67.77 abcd	0.024 e	18.05 c	33.58 a	40.89 ab	51.64 bcd

* حرف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد است

* A different letter in each column indicates a significant difference at the 1% probability level.

D10: مدت زمان تا ۱۰ درصد جوانه‌زنی، D50: مدت زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی، D90: مدت زمان تا ۹۰ درصد جوانه‌زنی

D10: duration up to 10% germination, D50: duration up to 50% germination, D90: duration up to 90% germination

2023) گزارش کردند که در بین ارقام (گچساران، رباط، زیبا، کیمیا و بیله‌سوار) رقم بیله‌سوار در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بیش‌ترین بنیه بذر را داشت که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. کاهش بنیه بذر به‌دلیل کاهش درصد، سرعت جوانه‌زنی، کیفیت و عملکرد بذر می‌باشد و سبب می‌شود که حساسیت بذر به تنش‌های محیطی افزایش یابد (Tekrony et al., 1989). تضمین تولید مطلوب، استفاده از بذرهای با بنیه بالا است؛ زیرا این امر برای بیشینه‌سازی تولید ضروری بوده و باعث افزایش سرعت و درصد جوانه‌زنی می‌شود و در نتیجه بر استقرار

شاخص بنیه بذر: شاخص بنیه بذر در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، تفاوت معنی‌داری را در سطح احتمال پنج درصد نشان داد (جدول ۴). ژنوتیپ بیله‌سوار بیش‌ترین بنیه بذر (۶۷۲) و ژنوتیپ نیر C کمترین مقدار (۲۹۴) را نشان داد (شکل ۳). شاخص بنیه بذر یکی از شاخص‌های تعیین‌کننده کیفیت بذر می‌باشد که از طریق جوانه‌زنی نهایی و طول گیاهچه بر کیفیت بذر تأثیر می‌گذارد. بذرهایی که دارای بنیه قوی هستند ضمن داشتن درصد جوانه‌زنی بالا، توانایی تولید گیاهچه قوی را دارند. احمدپور و همکاران (Ahmadpour et al.,

نتایج این تحقیق مطابقت داشت (Duroshi et al., 2020). طول ریشه‌چه یکی از شاخص‌های اولیه رشدونمو و بنیه بذر محسوب می‌شود که تغییرات آن به‌عنوان شاخصی از بنیه گیاهچه، مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد (Alghabari & Zahid Ihsan, 2018). طول ریشه‌چه و ساقه‌چه از مهم‌ترین صفات تعیین‌کننده بنیه بذر می‌باشد، که تحت تأثیر ژنوتیپ و شرایط محیطی قرار می‌گیرد. وجود گیاهچه‌های کوچک و ضعیف دلالت بر ضعیف بودن بنیه بذر دارد (Bhandari et al., 2023). طول گیاهچه معیاری از بنیه بذر بوده و در بسیاری از گیاهان، همبستگی بین طول گیاهچه و بنیه آن مشخص شده و از آن برای ارزیابی رشد و بنیه گیاهچه استفاده می‌کنند (Bhandari et al., 2023).

وزن خشک گیاهچه: وزن خشک در بین ژنوتیپ‌های مختلف اختلاف معنی‌دار را در سطح احتمال یک درصد نشان داد (جدول ۵). در ژنوتیپ بوکان کریم بیگی بیش‌ترین وزن خشک گیاهچه (۰/۰۶۴ گرم) و در ژنوتیپ‌های ورزقان ۶، نمین B و سنا (۰/۰۴۱ گرم)، ورزقان ۷ (۰/۰۴۳ گرم)، نیر C و نقده مسلمان (۰/۰۴۶ گرم) و پردیس (۰/۰۵۱ گرم) بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر کمترین وزن خشک گیاهچه گزارش گردید (شکل ۴). یکی از بهترین معیارهای قوه نامیه (بنیه بذر) برای پیش‌بینی استقرار بوته در مزرعه، ارزیابی وزن خشک می‌باشد (Steiner et al., 1989). تعامل پیچیده بین عوامل محیطی و ژنتیکی سبب تفاوت وزن خشک گیاهچه در ارقام مختلف یک گیاه می‌شود. طبق نظر محققان، بذره‌های قوی که قابلیت جوانه‌زنی بالایی به‌دلیل جوانه‌زنی سریع و یکنواخت دارند، می‌توانند از وزن خشک گیاهچه بالایی برخوردار باشند (Delouche & Baskin, 1973; Hampton, 1992). در مطالعه‌ای روی گندم (*Triticum aestivum* L.) گزارش شد که کاهش وزن خشک گیاهچه ممکن است به‌دلیل کاهش دو مؤلفه مؤثر بر رشد گیاهچه شامل وزن ذخایر بذری انتقال‌یافته و کارایی تبدیل ذخایر انتقال‌یافته به بافت گیاهچه باشد (Soltani et al., 2008).

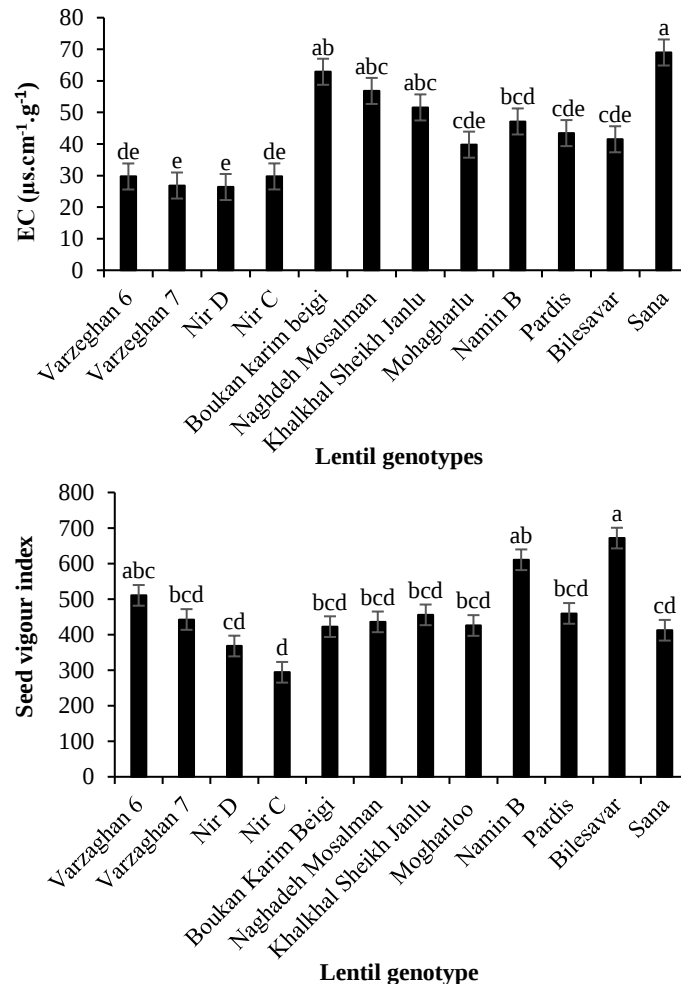
بوته‌ها و آرایش فضایی گیاهان در مزرعه تأثیر می‌گذارد. باین‌حال، ظهور دیر هنگام گیاهچه‌ها که بازتابی از توان پایین بذرها است، می‌تواند منجر به کاهش بقاء در مرحله بلوغ شود (Ellis, 1992; Marcosfilho, 2015). پس از اعمال آزمون تسریع پیری، کمترین افت جوانه‌زنی (۱۰ درصد) در ژنوتیپ‌های پردیس و نیر C و بیش‌ترین افت جوانه‌زنی (۲۵ درصد) در ژنوتیپ محقرلو مشاهده شد. بنابراین ژنوتیپ پردیس و نیر C دارای بنیه بذر بالا و ژنوتیپ محقرلو نسبت به این دو ژنوتیپ دارای بنیه بذر پایین بود. آزمون تسریع پیری، به‌دلیل اضمحلال تمامیت ساختار غشاء سیتوپلاسمی سلول‌های بذر سبب کاهش قوه نامیه و بنیه بذر می‌شود (Rao et al., 2017). پس از انجام آزمون هدایت الکتریکی، طبقه‌بندی ژنوتیپ‌ها از نظر بنیه بذر به این صورت انجام شد که ژنوتیپ‌های سنا، بوکان کریم بیگی، نقده مسلمان و خلخال شیخ جانلو و پردیس از نظر بنیه بذر در گروه ضعیف و ژنوتیپ‌های نیر D، ورزقان ۶ و ۷ و نیر C از نظر بنیه بذر در گروه خوب و ژنوتیپ‌های محقرلو و بيله‌سوار در گروه نسبتاً ضعیف قرار گرفتند.

طول ریشه‌چه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که طول ریشه‌چه در بین ژنوتیپ‌های مختلف اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال یک درصد داشتند (جدول ۵). ژنوتیپ بيله‌سوار بیش‌ترین طول ریشه‌چه (۴/۷۴ سانتی‌متر) و ژنوتیپ نیر C کمترین طول ریشه‌چه (۲/۳۸ سانتی‌متر) را نشان دادند (شکل ۴). بذرها براساس شرایط نگهداری، دارای بنیه متفاوتی هستند و بنیه بذر به‌طور مستقیم بر طول گیاهچه تأثیر می‌گذارد (Martin et al., 1988). با توجه به اینکه بیش‌ترین شاخص بنیه بذر در ژنوتیپ بيله‌سوار مشاهده گردید و بنیه بذر تأثیر مستقیمی بر طول گیاهچه دارد، بنابراین این ژنوتیپ دارای طول ریشه‌چه و گیاهچه بیش‌تری بود و همچنین ژنوتیپ نیر C از بنیه بذر و طول ریشه‌چه کمتری برخوردار بود. نتایج پژوهشی روی لاین‌های اینبرد والدینی ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ نشان داد که بذرهایی که بنیه قوی داشتند از طول گیاهچه بالاتری برخوردار بودند که با

جدول ۴- تجزیه واریانس و مقایسه گروهی (میانگین مربعات) آزمون‌های بنیه بذر در ژنوتیپ‌های مختلف عدس
Table 4- Analysis of variance and group comparison (mean of squares) of seed vigour tests in different lentil genotypes

میانگین مربعات Mean of squares			
منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	هدایت الکتریکی EC	شاخص بنیه بذر Seed vigour index
ژنوتیپ Genotype	11	613.20**	30479.75*
خطا Error	24	98.93	10229.13
ضریب تغییرات CV (%)		22.74	22.02

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد
* and **: Significant at the five percent and one percent probability levels, respectively.



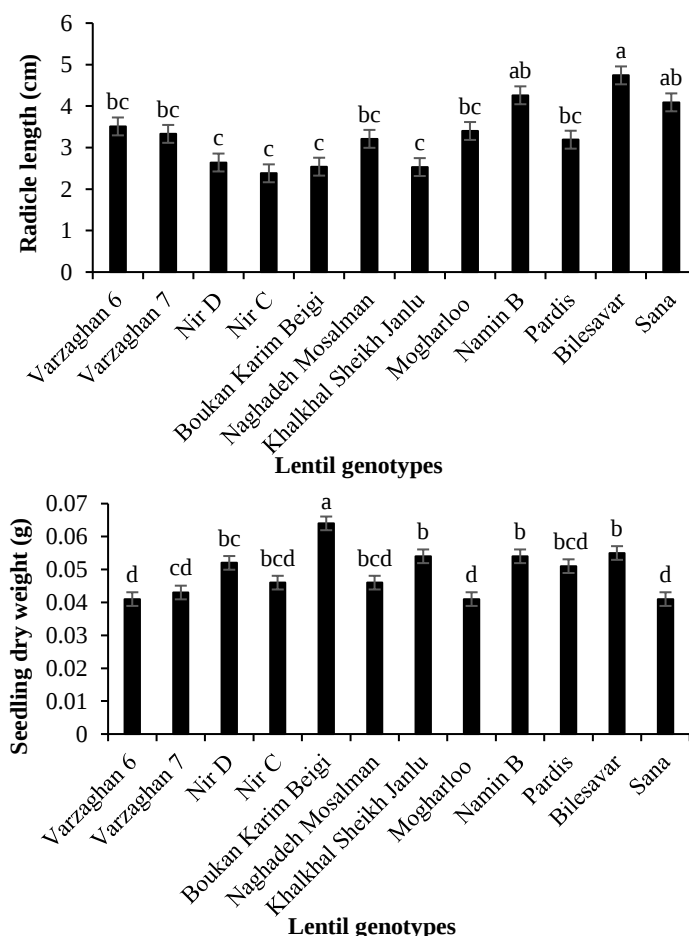
شکل ۳- مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های عدس از نظر آزمون‌های بیه بذری (هدایت الکتریکی و شاخص بیه بذری)
Figure 3- Comparison of average lentil genotypes in terms of seed vigor tests (EC and seed vigor index)

جدول ۵- تجزیه واریانس و مقایسه گروهی (میانگین مربعات) شاخص‌های رشد گیاهچه در ژنوتیپ‌های مختلف عدس

Table 5- Analysis of variance and group comparison (mean of squares) of seedling growth indices in different lentil genotypes

میانگین مربعات Mean of squares					
منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	طول ریشه‌چه Radicle length	طول ساقه‌چه Plumule length	وزن تر گیاهچه Seedling fresh weight	وزن خشک گیاهچه Seedling dry weight
ژنوتیپ Genotype	11	1.68**	0.299 ns	0.0010 ns	0.00015**
خطا Error	24	0.44	0.18	0.000061	0.000026
ضریب تغییرات CV (%)		20.14	22.36	13.32	10.34

ns: غیرمعنی‌دار، * و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد
ns: non significant, *and **: significant at the 5% and 1% probability levels, respectively



شکل ۴- مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های عدس از نظر طول ریشه‌چه و وزن خشک گیاهچه
Figure 4- Comparison of average lentil genotypes in terms of radicle length and seedling dry weight

نتیجه‌گیری

جوانه‌زنی یکی از مراحل بحرانی رشد در گیاهان بوده و نتیجه نهایی مجموعه‌ای از واکنش‌های بیوشیمیایی است که با واسطه آنزیم‌های متعددی انجام می‌شود که در گونه‌های مختلف گیاهی و حتی ژنوتیپ‌های یک گونه، متفاوت هستند. طبق نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش، بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی در ژنوتیپ پردیس به دست آمد و ژنوتیپ نیر C نیز کمترین درصد و سرعت جوانه‌زنی را نشان داد. از آنجا که شاخص بنیه بذر به‌تنهایی برای پیش‌بینی عملکرد واقعی بذر کافی نیست، از آزمون تسریع پیری و هدایت الکتریکی استفاده شد. بعد از اعمال آزمون تسریع پیری، کمترین افت جوانه‌زنی (۱۰ درصد) در ژنوتیپ‌های پردیس و نیر C و بیش‌ترین افت جوانه‌زنی (۲۵ درصد) در ژنوتیپ محقرلو مشاهده شد و نتایج نشان داد که بنیه ژنوتیپ محقرلو بعد از اعمال دما و رطوبت بالا، کاهش یافت. آزمون هدایت الکتریکی با اندازه‌گیری میزان نشت الکترولیت‌ها از بذر به آب نشان داد که ژنوتیپ محقرلو از نظر بنیه بذر نسبتاً ضعیف بود. براساس درصد جوانه‌زنی و رشد گیاهچه (شاخص بنیه بذر)، بیش‌ترین بنیه بذر

در ژنوتیپ بیل‌سوار و بیش‌ترین وزن خشک گیاهچه در ژنوتیپ بوکان کریم بیگی مشاهده شد. به‌دلیل تأثیر مستقیم شاخص بنیه بذر بر طول گیاهچه، ژنوتیپ بیل‌سوار بیش‌ترین طول ریشه‌چه را نشان داد. به نظر می‌رسد که ژنوتیپ‌های نیر D، ورزقان ۶ و ۷ و نیر C از نظر تحمل تنش و سلامت غشایی مطلوب هستند. با وجود اینکه کمترین شاخص جوانه‌زنی و رشد در ژنوتیپ نیر C مشاهده شد، ولی برای معرفی ژنوتیپ‌ها برای کشت در مزرعه، شاخص بنیه بذر (درصد جوانه‌زنی و طول گیاهچه) نمی‌تواند معیار مناسبی برای سنجش باشد. در شرایط مزرعه، حفظ قوه نامیه و تحمل تنش توسط ژنوتیپ مهم است. بنابراین می‌توان ژنوتیپ‌های نیر D، ورزقان ۶ و ۷ و نیر C را برای مطالعات بعدی در اقلیم اردبیل معرفی کرد، اما برای اطمینان از این نتایج باید بررسی‌های گلخانه‌ای و مزرعه‌ای نیز صورت گیرد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از مسئولین دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

- Agricultural Statistics Booklet. (2020). Volume I: Crop production. Ministry of Jihad-e-Keshavarzi. Office of Statistics and Information Technology. (In Persian). Available at: <http://amar.maj.ir>
- Ahmadpour, R., Ghalavand, R., Hosseinzadeh, S. R., & Armand, N. (2023). Determining of optimal temperature for germination of lentil cultivars for autumn cultivation in Khuzestan province. *Nova Biologica Reperta*, 9, 307-316. (In Persian with English Abstract). <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.24236330.1401.9.4.7.9>
- Alghabari, F., & Zahid Ihsan, M. (2018). Effects of drought stress on growth, grain filling duration, yield and quality attributes of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Bangladesh Journal of Botany*, 47(3), 421-428.
- Armand, N., Amiri, H. & Ismaili A. (2015). Effect of methanol on germination characteristics of bean (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Sadry) under drought stress condition. *Iranian Journal of Pulses Research*, 6: 42-53. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22067/ijpr.v1394i1.43942>
- Asadi-Danalo, A., Ghassemi-Golezani, A., Shafagh-Kalvanagh, K., & Bakhshy, J. (2014). Effectsof Seed Quality and Water Deficit on Performance of Lentil (*Lens culinaris* Medik.). *Journal of Agricultural Science and Sustalnabe Production*. 24(1), 83-94.
- Association of Official Seed Analysts. (1983). Seed Vigour Testing Handbook. No. 32. Las Cruces, N.M.
- Bailly, C., Benamar, A., Corbineau, F., & Come, D. (2000). Antioxidant systems in sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds as affected by priming. *Seed Science Research*, 10(1), 35-42. <http://doi.org/10.1017/S0960258500000040>
- Bhandari, S., Bhattarai, S., Yadav, S., Kattel, I., Yadav, P., & Bhujel, S., (2023). Comparative analysis of seed priming on the germination and growth of lentil landraces (*Lens culinaris* Medik.). *Turkish Journal of Food and Agriculture Sciences*, 5(1), 26-38. <http://doi.org/10.53663/turjfas.1275739>
- Bray, C. M., Ashraf, M., & Davison, P. A. (1993). Molecular markers of seed quality. In: D. Come, & F. Combinaeu (Eds.). *Proceedings of the Fourth International Workshops on Seeds*. ASFIS, Paris. pp. 887-896.
- Chegeni, H., Goldani, M., Shirani-Rad, A. H., & Kafi, M. (2016). Effect of accelerated aging on germination indices of promising lines of canola (*Brasica napus* L.). *Journal of Crop Breeding*, 8(9), 209-217. (In Persian with English Abstract). <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.22286128.1395.8.19.24.9>
- Coyne, C. J., Kumar, S., Von Wettberg, E. J. B., Marques, E., Berger, J. D., Redden, R. J., Noel Ellis, T.H., Brus, J., Zablitzká, L., & Smýkal, P. (2020). Potential and limits of exploitation of crop wild relatives forpea, lentil, and chickpea improvement. *Legume Science*, 2(2), 36. <https://doi.org/10.1002/leg3.36>.
- DehghanShoar, M., Hamidi, A., & Mobasser. S. (2005). Evaluation Techniques / Handbook of Vigor Test Methods. Agricultural Education Publishing, Tehran, Iran. (In Persian).
- Delouche, J. C., & Baskin, C. C. (1973). Accelerated ageing technique for predicting the relative storability of seed lots. *Seed Science and Technology*, 1, 427-452.
- Duroshi, F., Hamidi, A., & Shoaiei, S. (2020) Correlation of hybrid maize single cross SC704 parental inbred lines seed germination ability and seedling vigour indices with seedling field emergence. *Iranian Journal of Seed Science and Research*, 7(2), 191-203. (In Persian with English Abstract).
- Ellis, R. H. (1992). Seed and seedling vigour in relation to crop growth and yield. *Plant Growth Regulation*, 11, 249-255. <https://doi.org/10.1007/BF00024563>
- FAOSTAT. (2020). Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/faostat/en/#compare>
- FAOSTAT. (2022). Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/faostat/en/#compare> (Accessed: 23 December 2020).
- Foschi, M., D'Archivio, A. A., & Rossi, L. (2020). Geographical discrimination and authentication of lentils (*Lens culinaris* Medik.) by ICP-OES elemental analysis and chemometrics. *Food Control*, 118, 107-438. <http://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107438>
- Fu, J. R., Huang, S. Z., Li, H. J., & Zheng, X. H. (2000). Seed vigour in relation to the synthesis and degradation of storage protein and the integrity of rRNA in peanut (*Arachis hypogaea* L.) seeds. *Acta Srientiamm Naturalium Universitatis Sunyatseni*, 39, 80-83.
- Gallardo, K., Job, C., Groot, S. P., Puype, M., Demol, H., Vandekerckhove, J., & Job, D. (2001). Proteomic analysis of *Aarabidopsis* seed germination and priming. *Plant Physiology*, 126(2), 835-848. <https://doi.org/10.1104/pp.126.2.835>
- Ghanbari, M., Mansour Ghanaei Pashaki, K., Safaei Abdolmanaf, S., & Aziz Ali-Abadi, K., (2016). Effect of salt stress and hydropriming on germination characteristics of mungbean (*Vigna radiata* L.) Wilczek). *Iranian Journal of Pulses Research*, 7(1), 65-80. (In Persian with English Summary). <https://doi.org/10.22067/ijpr.v7i1.37908>

- Ghobadi, M., Lotfi, S., Jalali Honarmand, S., & Eghbal Ghobadi, M. (2017). The comparison of electrical conductivity, imbibition and hiltner tests to predict seedling emergence of lentil in the field. *Iranian Journal of Seed Science and Research*, 6(4), 501-512. (In Persian with English Abstract).
- Goel, A., & Sheoran, I. S. (2003). Lipid peroxidation and peroxide scavenging enzyme in cotton seeds under natural ageing. *Biologia Plantarum*, 46, 429-434. <https://doi.org/10.1023/A:1024398724076>
- Hamidi, A., Rezazadeh, J., & Asgri, V. (2005). Study on relationship of hybrid maize (*Zea mays* L. CV. Single Croos 704) field seedling emergence and some related laboratoaila measured traits. *Seed and Plant*, 21, 213-240. (In Persian with English Abstract).
- Hampton, J. G., & Tekrony D. M. (1995). Handbook of vigour test methods. 3rd Eds. International Seed Testing Association. Zurich, Switzerland. 3, 117 p
- Hampton, J. G., Btunton, B. J., Pemberton, G. M., & Rowarth, J. S. (2004). Temperature and time variables for accelerated ageing vigour of pea (*Pisum sativum* L.). *Seed Science and Technology*, 32(1), 261-264. <https://doi.org/10.15258/sst.2004.32.1.30>
- Hampton, J. G. (1992). Prolonging seed quality. Proceeding of the 4th Australian Seeds Research Conference, p. 181-194.
- Hasan, M. M. A., Mondal, U., Azam, M. G., Hossain, M. A., Sarkar, U., Gaber, A., & Hossain, A., (2024). Evaluation of thirty lentil (*Lens culinaris Medik.*) genotypes suitable for drought stress based on morpho-biochemical traits and stress tolerance indices. *Journal of Crop Health*, 76(4), 903-916. <https://doi.org/10.1007/s10343-024-00992-y>
- ISTA. International Seed Testing Association. (2009). International Rules for Seed Testing. Zurichstr.50. CH. 8303, Bassersdorf, Switzerland, Edition 2009/1.
- Justice, O. L. & Bass, L. N. (1979). Principles and Practices of Seed Storage. Castle House, Pub London. 289 pp.
- Kalpana, R., & Madhava, R. K. V. (1997). Nucleic acid metabolism of seeds of pigeonpea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp) cultivars during accelerated ageing. *Seed Science and Technology*, 25(2), 293-301.
- Khavari, F., Ghaderi-Far, F., & Soltani, E. (2009). Laboratory tests for predicting seedling emergence of safflower (*Carthamus tinctorius*, L.) cultivars. *Seed Science and Technology*, 31(2), 189-193. <https://www.jstor.org/stable/23433314>
- Kumari, N., Chaurasia, A. K., & Mishra, S. N. (2021). Effect of accelerated ageing on quality, growth and yield in seeds (artificial ageing techniques): Review. *The Pharma Innovation Journal*, 10(7), 1750-1752.
- Lehner, A., Mamadou, N., Poels, P., Come, D., Bailly, C., & Corbineau, F. (2008). Change in soluble carbohydrates, lipid peroxidation and antioxidant enzyme activities in the embryo during ageing in wheat grains. *Journal of Cereal Science*, 47(3), 555-565. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2007.06.017>
- Lekh, R., & Khairwal, I. S., (1993). Evaluation of pearl millet hybrids and their parents for germinability and field emergence. *Indian Journal of Plant Physiology*, 2, 125-127.
- Liu, J., Huang, S. Z., & Fu, J. R. (1999). Changes of embryo protein in maize seeds with different vigours during germination. *Journal of Tropical and Subtropical Botany*, 7, 65-69.
- Lotfi, S., Ghobadi, M., Honarmand, S. J., & Ghobadi, M. E. (2019). Assessment of the standard germination test to predict seedling emergence of lentil (*Lens culinaris* L.) in rainfed farm. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 8(15), 213-225. <https://doi.org/10.22034/ijssst.2018.115217.1126>
- MarcosFilho, J. (2015). Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Seed Physiology of Cultivated Plants. Abrates, Londrina, 660 p.
- Martin, B. A., Smith, O. S., & O'Neil, M. (1988). Relationships between laboratory germination tests and field emergence of maize inbreds. *Crop Science Communty*, 28(5), 801-805. <http://doi.org/10.2135/cropsci1988.0011183X002800050016x>
- McDonald, M. B. (1999). Seed deterioration: Physiology, repair and assessment. *Seed Science and Technology*, 27(1), 177-237.
- Noli, E., Casarini, G., Urso, G., & Conti, S. (2008). Suitability of three vigour test procedures to predict field performance of early sown maize seed. *Seed Science and Technology*, 36(1), 168-176. <http://doi.org/10.15258/sst.2008.36.1.18>
- Omidi, H., Jafarzadeh, L., & Naghdi Badi, H. (2014). Seeds of Medicinal Plants and Crops. Tehran University Publications, Tehran, Iran. Reb. 444 p. (In Persian)
- Oskouei, B., & Sheidaei, S., (2013). Study of different kinds of seed packaging and storage durations on seed vigour of canola using electrical conductivity test. *International Journal Agriculture and Crop Sciences*, 5(5), 538-543.
- Pasandideh, H., Seyed Sharifi, R., Hamidi, A., Mobasser, S., & Sedghi, M. (2014). Reationship of seed germination and vigour indices of commercial soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) cultivars with seedling

- emergence in field. *Iranian Journal of Seed Sciences and Research*, 1(1), 29-50. (In Persian with English Abstract).
- Patil, K. G., Karjule, A., Patel, D. A., & Sasidharan, N. (2019). Effect of accelerated ageing on viability and longevity of wheat (*Triticum aestivum*) seed. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 89(6), 920-928. <http://doi.org/10.56093/ijas.v89i6.90760>.
- Powell, A. A., (2007). Seed vigour and its assessment. A. S. Basra (Ed.). *Handbook of Seed Science and Technology*. Scientific Publishers, India, p. 603-648.
- Rahman, M. M., Hampton, J. G., & Hill, M. J. (2004). Effect of seed moisture content following hand harvest and machine threshing on seed quality of cool tolerant soybean. *Seed Science and technology*, 32(1), 149-158. <http://doi.org/10.15258/sst.2004.32.1.15>
- Rao, N. K., Dulloo, M., & Engels, J. M., (2017). A review of factors that influence the production of quality seed for long-term conservation in genebanks. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 64(5), 1061-1074. <https://doi.org/10.1007/s10722-016-0425-9>
- Sheidaei, S., Heidari Sharisabad, H., Hamidi, A., Noormohammadi, G., & Moghaddam A., (2016). Effect of storage condition, initial seed moisture content and germination on soybean seed deterioration. *Iranian Journal of Seed Sciences and Research*, 2(2), 31-47. (In Persian). <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.23831251.1394.2.2.12.6>
- Soltani, A., Galeshi, S., Zeinali, E., & Latifi, N., (2001). Genetic variation for and interrelationships among seed vigor traits in wheat from the Caspian Sea coasts of Iran. *Seed Science and Technology*, 29(3), 653-662. (In Persian with English Abstract).
- Soltani, A., Galeshi, S., Zeinali, E., & Latifi, N. (2002). Germination, seed reserve utilization and seedling growth of chickpea as affected by salinity and seed size. *Seed Science and Technology*, 30(1), 51-60. (In Persian with English Abstract).
- Soltani, E., Kamkar, B., Galeshi, S., & Ghaderi, F. A. (2008). The effect of seed deterioration on seed reserves depletion and heterotrophic seedling growth of wheat. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 3(2), 184-192. (In Persian with English Abstract). <http://doi.org/10.3923/rjes.2009.184.192>
- Steiner, J. J., Grabe, D. F., & Tulo, M. (1989). Sing and multiple vigour test for predicting seedling emergence of wheat. *Crop Science*, 29, 782-786.
- Talei, D., Saad, M. S., Yusop, M. K., AbdulKadir, M., & Valdiani, A., (2011). Effects of different surface sterilizers on seed germination and contamination of king of bitters (*Andrographis paniculata* Nees). *American Eurasian Journal Agricultural Environmental Sciences*, 10, 639-643.
- TeKrony, D. M., Egli, D. B., & Wickham, D. A. (1989). Corn seed vigour effect on no-tillage field performance. *Journal of Crop Science and Biochnology*, 29(6), 1523-1528.
- Thiayarajeh, M., & Kapilan, R. (2015). Effect of aging on the germination characteristics and enzyme activity of sunflower seeds. *International Journal of Research and Innovations in Earth Science*, 2(6), 147-150.
- Vashisth, A., & Nagarajan, S. (2010). Effect on germination and early growth characteristics in sunflower (*Helianthus annuus*) seeds exposed to static magnetic field. *Journal of Plant Physiology*, 167(2) 149-156. <http://doi.org/10.1016/j.jplph.2009.08.011>
- Vearasilpa, S., Somchai, P., Nattasak, K., Sanguansak, T., Sangtiwa, S., & Elke, P. (2001). Assessment of post harvest soybean seed quality loss. Conference on International Agricultural Research for Development Institute for Agricultural Chemistry, Georg-August University, Göttingen, 37075 Germany.
- Zaccardelli, M., Sonnante, G., Lupo, F., Branca, F., & de Falco, E. (2010). Leguminose minori (cece, lenticchia, cicerchia, fava); Consiglio per Ricerca Sperimentazione Agricoltura: Rome, Italy, 73 p.
- Zlatanova, J. S., Ivanov, P. V., Stoilov, L. M., Chimshirova, K. V., & Stanchev, B. S. (1987). DNA repair precedes replicative synthesis during early germination of maize. *Plant Molecular Biol0gy*, 10(2), 139-144. <https://doi.org/10.1007/BF00016151>