

نوع مقاله: پژوهشی

اثر زوال مصنوعی بر خصوصیات جوانه‌زنی و استفاده از ذخایر بذر لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)

حمید نوری (نویسنده مسئول)\*

\*- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران،

h.nouri@yu.ac.ir

تاریخ دریافت: فرودین ۱۴۰۴ تاریخ پذیرش: خرداد ۱۴۰۴

**Effect of Artificial Deterioration on Germination Characteristics and Use of Seed Reserves in Bean (*Phaseolus vulgaris* L.)**

Hamid Nouri (Corresponding author)\*

\*- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran, h.nouri@yu.ac.ir

Received: April 2025 Accepted: June 2025

**Abstract**

This study was conducted to investigate the effect of artificial deterioration on seed germination and heterotrophic growth of bean seedlings. The experiment was conducted in a completely randomized design with four replications. Treatments included different levels of artificial deterioration for 12, 24, 36, 48, 60, 72 and 84 hours. The results of mean comparisons showed that increasing the duration of seed deterioration led to a decrease in the percentage and rate of seed germination, so that in the 84-hour deterioration condition, the percentage of germination decreased from 96 to 21 percent and the rate of germination decreased from 0.033 to 0.018 per hour. The electrical conductivity also increased with increasing natural storage time due to the inability of the membranes to maintain their integrity and reached  $71 \mu\text{s.cm}^{-1}$  in the 84-hour deterioration condition. As the deterioration intensity increased from 12 to 84 hours, the length of the radicle and stem decreased, and it was observed that the length of the radicle and stem in these two treatments was 2.5 and 2.8 cm, respectively. As the duration of seed deterioration increased from 12 to 84 hours, the weight of the remaining cotyledons of bean seeds increased, so that the highest cotyledon weight of 186 mg was obtained in the artificial deterioration treatment of 84 hours. The lowest rate of seed reserve utilization was 18 mg per seed at the most severe level of seed deterioration, i.e., the 84-hour level. The lowest efficiency of seed reserve utilization was  $0.38 \text{ mg.g}^{-1}$  in the 84-hour deterioration treatment. Based on the results of this study, it was determined that artificial deterioration had a negative effect on germination parameters and the use of seed reserves.

**Keywords:** Bean, Seed Deterioration, Seed Reserves, Seed Quality

Iranian Journal of Plant & Biotechnology  
Spring 2025, Vol 20, No 1, Pp 22-37

**چکیده**

این مطالعه به منظور بررسی اثر زوال مصنوعی بر جوانه‌زنی بذور و رشد هتروتروفیک گیاهچه لوبیا اجرا شد. آزمایش به صورت طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار اجرا گردید. تیمارها شامل سطوح مختلف زوال مصنوعی به مدت ۱۲، ۲۴، ۳۶، ۴۸، ۶۰، ۷۲ و ۸۴ ساعت بودند. نتایج مقایسات میانگین نشان داد افزایش مدت زمان زوال بذر منجر به کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر گردید به طوری که در شرایط زوال ۸۴ ساعته درصد جوانه‌زنی از ۹۶ به ۲۱ درصد و سرعت جوانه‌زنی از ۰/۰۳۳ به ۰/۰۱۸ در ساعت رسید. میزان هدایت الکتریکی نیز با افزایش مدت زمان انبارداری طبیعی به دلیل عدم توانایی غشاهای در حفظ انسجام خود افزایش یافت و در شرایط زوال به مدت ۸۴ ساعت به ۷۱ میکروزیمنس بر سانتی‌متر رسید. با افزایش شدت زوال از ۱۲ تا ۸۴ ساعت طول ریشه‌چه و ساقه‌چه کاهش یافت و مشاهده شد که طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در این دو تیمار به ترتیب برابر با ۲/۵ و ۲/۸ سانتی‌متر بود. با افزایش مدت زمان زوال بذرها از ۱۲ تا ۸۴ ساعت وزن لپه‌های باقیمانده بذر لوبیا افزایش یافته، به طوری که بالاترین میزان وزن لپه‌ها به میزان ۱۸۶ میلی‌گرم در تیمار زوال مصنوعی به میزان ۸۴ ساعت به دست آمد. کمترین میزان استفاده از ذخایر بذر به میزان ۱۸ میلی‌گرم در بذر در شدیدترین سطح زوال بذر یعنی سطح ۸۴ ساعت به دست آمد. کمترین میزان کارایی استفاده از ذخایر بذر به میزان ۰/۳۸ میلی‌گرم بر گرم در تیمار زوال ۸۴ ساعت حاصل گردید. براساس نتایج حاصل از این مطالعه مشخص شد که زوال مصنوعی اثر منفی بر پارامترهای جوانه‌زنی و استفاده از ذخایر بذر داشت.

**کلمات کلیدی:** زوال بذر، ذخایر بذر، کیفیت بذر، لوبیا

فصلنامه گیاه و زیست فناوری ایران

بهار ۱۴۰۴، دوره ۲۰، شماره ۱، صص ۲۲-۳۷



## مقدمه و کلیات

بذر از نظر بیولوژی تخمک رسیده و بارور شده می‌باشد که از سه قسمت اصلی پوسته، جنین و بافت‌های ذخیره‌ای تشکیل شده است و بذوری که دارای کیفیت بالاتری هستند بهتر سبز شده و در مواجهه با تنش‌های محیطی درصد سبز و سرعت جوانه‌زنی بالاتری داشته و در نهایت گیاهچه‌های نیرومندتری نیز تولید می‌نمایند (Parvin et al., 2024). کیفیت بالای بذر یکی از مهمترین عواملی است که اهمیت زیادی در استقرار مطلوب گیاه زراعی دارد. بذر مورد استفاده برای کاشت بایستی قابلیت جوانه‌زنی داشته و صفات فیزیولوژیکی که منجر به جوانه زنی سریع و استقرار مطلوب گیاهچه می‌شود را دارا باشد (محمدزاده و همکاران، ۱۳۹۷). جوانه‌زنی و بنیه بذر از مهمترین خصوصیت کیفیت فیزیولوژیک می‌باشند (Lv et al., 2024). باید در نظر داشت که خصوصیت کیفیت فیزیولوژیکی بذر یک صفت پیچیده است که شامل تحمل به پیری، جوانه‌زنی و همچنین راندمان، و استقرار نهال است (Reed et al., 2022). بنابراین، دانه‌های با کیفیت بالا دارای سطح سبز بالاتری در مزرعه بوده و در نهایت منجر به عملکرد بالاتری خواهند شد، زیرا کیفیت فیزیولوژیکی بذر توسط فعل و انفعالات پیچیده بین عوامل کنترل ژنتیکی درون‌زا و عوامل خارجی و عوامل محیطی در طول دوره رشد روی گیاه مادری تنظیم می‌گردند (Zhou et al., 2020). زوال بذر یک نمونه از تنش‌های محیطی وارد شده به بذر در محیط انبار بوده که با فراهمی شرایط مناسب افزایش سرعت زوال بذر از قبیل افزایش دما و رطوبت محیط به ساختار ژنتیکی بذر خسارات قابل توجهی

وارد آمده که ممکن است قابلیت جوانه‌زنی و قدرت حیات بذر را به خطر اندازد (Lv et al., 2024). افزایش در میزان دمای انبار و همچنین رطوبت آن سبب کاهش قابلیت حیات بذرها می‌گردد و این امر ثابت می‌کند که از مهمترین عوامل اثر گذار بر طول عمر بذر در انبار دمای انبارداری و رطوبت نسبی بذرها طی انبارداری می‌باشد (Chen et al., 2022). پیامد اصلی زوال بذر، کاهش رشد گیاهچه و تولید ماده خشک و در نهایت تولید و رشد گیاه می‌باشد. وزن خشک تولیدی گیاهچه به میزان ذخایر انتقال یافته در بذر بستگی دارد. کاهش وزن خشک گیاهچه در اثر زوال می‌تواند به دلیل کاهش میزان پویایی ذخایر بذرها یا کاهش کارایی تبدیل ذخایر پویا شده باشد و کاهش میزان پویایی ذخایر بذر و یا کاهش کارایی تبدیل ذخایر پویا شده سبب کاهش وزن خشک گیاهچه می‌گردد (Yangle et al., 2021). مومنی و همکاران (۱۳۹۲) نیز بیان نمودند که زوال سبب کاهش کارایی استفاده از ذخایر بذر می‌گردد. با افزایش میزان ذخایر قابل دسترس میزان قدرت بذر نیز افزایش می‌یابد (Roy et al., 2022). بذر که زوال یافته‌اند به دلیل قابلیت حیات پایین‌تر، جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر کمتری نیز هستند و دلیل آن دلیل بالاتر بودن شاخص بنیه بذر در شرایط عدم زوال را به دلیل بالاتر بودن ذخایر و اندوخته پویا بوده و مشخص شده که میزان استفاده بیشتر از ذخایر بذر می‌تواند نشانه قدرت بالاتر بذر باشد که در نهایت سبب افزایش میزان جوانه‌زنی بذر می‌گردد (Zhou et al., 2019). در بذور سویایی که تحت تأثیر زوال قرار گرفتند، درصد جوانه‌زنی، شاخص قدرت گیاهچه، طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه،

اثر زوال مصنوعی بر جوانه‌زنی و رشد هتروتروفیک گیاهچه لوبیا می‌باشد.

### فرآیند پژوهش

این مطالعه به منظور واکنش جوانه‌زنی و تخلیه ذخایر بذر لوبیا قرمز رقم ناز به زوال تسریع شده در آزمایشگاه دانشگاه یاسوج در سال ۱۴۰۳ انجام شد. در این مطالعه بذور لوبیا قرمز که تازه برداشت شده بودند به عنوان شاهد و همچنین برای تیمارهای زوال تسریع شده استفاده گردید. برای این کار بذرهای لوبیا در داخل ظروف پلاستیکی به ابعاد  $11/5 \times 11 \times 3$  سانتی‌متر که حاوی ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر بود، قرار داده شد. سپس درب ظرف‌ها کاملاً بسته شده و در دمای ثابت ۴۳ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲، ۲۴، ۳۶، ۴۸، ۶۰، ۷۲ و ۸۴ ساعت در داخل انکوباتور قرارداده شد. در طول آزمایش رطوبت نسبی داخل ظرف‌های پلاستیکی ۱۰۰ درصد بود. پس از گذشت زمان‌های مورد نظر بذرها از ظرف‌ها خارج شده و آزمون جوانه‌زنی استاندارد انجام شد. برای انجام آزمون جوانه‌زنی و رشد گیاهچه در هر تیمار زوال مصنوعی و شاهد، ۴ تکرار ۲۵ تایی از بذر شمارش و روی دو عدد کاغذ حوله‌ای به ابعاد  $45 \times 30$  سانتی‌متر قرار گرفته و با کاغذی دیگر روی بذرها پوشانده شد و طبق دستورالعمل ایستا به مدت ۸ روز در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد قرارداده شد. پس از این مرحله وزن خشک و طول ریشه‌چه و ساقه‌چه نیز اندازه‌گیری شد (ISTA، 1983). برای جلوگیری از تبخیر رطوبت، حوله‌های کاغذی درون جعبه پلاستیکی در دار گذاشته شد. شمارش بذرها روزانه سه بار صورت می‌گرفت. معیار بذور جوانه‌زده خروج ریشه‌چه، به اندازه ۲

وزن خشک ساقه و ریشه کاهش معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد نشان دادند (Rajendra et al., 2018). در مطالعه محمدزاده و همکاران (۱۳۹۷) روی بذور گیاه لوبیا بیان شد که افزایش مدت زمان زوال بذر منجر به کاهش تدریجی درصد جوانه‌زنی در بذر شده است و عنوان داشتند که زوال بذر منجر به کاهش سرعت جوانه‌زنی بذر شده که دلیل تأخیر در جوانه‌زنی بذر لوبیا را خسارات وارده به غشاء سلولی عنوان نمودند. در برخی دیگر از مطالعات نیز مشخص شد که پیری تسریع شده موجب کاهش درصد جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر و همچنین افزایش پراکسیداسیون لیپید در بذرها شده که در نهایت با افت عملکرد ناشی از کاشت بذور پیر در مزرعه همراه بوده است (Santos et al., 2021; Yu et al., 2021; Maesaroh et al., 2021). بیشترین بنیه بذر در مراحل اواخر رشد بذر روی گیاه مادری بوده و به تدریج با جدا شدن بذر از گیاه مادری و قرارگیری در محیط طبیعی یا انبار به دلیل پدیده زوال از میزان کارایی بذر کاسته شده و به اصطلاح بذر دچار زوال می‌گردد (محمدزاده و همکاران، ۱۳۹۷). به منظور مطالعه اثر زوال بر خصوصیات جوانه‌زنی بذر ممکن است امکان فراهمی بذرهایی که به مدت زمان طولانی در انبار نگهداری شده‌اند نباشد. از این رو مطالعه زوال بذر به کمک زوال مصنوعی صورت می‌گیرد. در زوال مصنوعی بذر در معرض دما و رطوبت بالا قرار گرفته و شرایط انبار برای بذر شبیه‌سازی می‌گردد که تا حدودی پروسه‌های دخیل در زوال مصنوعی و انبارداری طبیعی با هم مشابه می‌باشد. از این رو هدف از اجرای این مطالعه بررسی

مقدار استفاده از ذخایر بذر/وزن خشک گیاهچه=کارایی استفاده از ذخایر بذر  
وزن خشک اولیه بذر /کارایی استفاده از ذخایر بذر =کسر  
ذخایر مصرف شده بذر  
شاخص قدرت بذر نیز از حاصلضرب درصد  
جوانه‌زنی نهایی در طول گیاهچه به دست آمد  
(Agrawal, 2003).

(طول ریشه‌چه+طول ساقه‌چه) طول گیاهچه × درصد  
جوانه زنی=شاخص قدرت بذر  
در این رابطه طول گیاهچه برحسب سانتی متر می‌باشد.  
تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS و مقایسات  
میانگین با آزمون LSD در سطح پنج درصد انجام شد.

#### نتایج و بحث

براساس نتایج حاصل از این مطالعه مشخص شد که  
اثر تیمار زوال تسریع شده بر صفات درصد جوانه‌زنی  
بذر، سرعت جوانه‌زنی بذر، هدایت الکتریکی، طول  
ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن خشک گیاهچه، شاخص  
قدرت بذر، وزن خشک لپه‌های باقیمانده، میزان  
استفاده از ذخایر، کارایی استفاده از ذخایر بذر و کسر  
ذخایر پویا شده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار  
گردید (جدول ۱).

میلی‌متر یا بیشتر بود. در کلیه تیمارهای دمایی منحنی  
پیشرفت جوانه‌زنی در مقابل زمان (ساعت)، ترسیم و  
زمان لازم برای ۵۰ درصد ( $D_{50}$ ) جوانه‌زنی از طریق  
درون‌یابی برآورد گردید. همچنین معکوس زمان تا ۵۰  
درصد جوانه‌زنی ( $1/D_{50}$ ) به عنوان سرعت جوانه‌زنی  
در نظر گرفته شد (سلطانی و مداح، ۱۳۸۹). برای انجام  
آزمایش هدایت الکتریکی از هر رقم تعداد ۵۰ بذر در  
۴ تکرار وزن شده و در بشرهای ۵۰۰ میلی لیتری قرار  
داده شدند و ۲۵۰ میلی لیتر آب مقطر (به منظور هم‌دمایی  
آب مقطر ۲۴ ساعت قبل در انکوباتور ۲۰ درجه قرار داده  
شده بود) به آن‌ها اضافه شد و بشرها به مدت ۲۴  
ساعت در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد قرار گرفتند. پس از  
این مدت هدایت الکتریکی نمونه‌ها اندازه‌گیری و نتایج  
به صورت میکروزیمنس بر سانتی‌متر بر گرم محاسبه شد  
(Hampton and Tekrony, 1995). همچنین در این  
آزمایش میزان و کارایی استفاده از ذخایر و کسر ذخایر  
پویا شده بذر نیز محاسبه گردید. برای این منظور با  
استفاده از وزن اولیه لپه‌ها و وزن باقیمانده و همچنین  
استفاده از روابط زیر رشد هتروتروفیک گیاهچه  
بررسی گردید (سلطانی، ۱۳۸۷). وزن خشک باقیمانده  
بذر-وزن خشک اولیه بذر=مقدار استفاده از ذخایر بذر

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مربوط به جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه بذور لوبیا تحت تأثیر تیمار زوال تسریع شده

**Table 1- Analysis of variance of traits related to seed germination and seedling growth of bean seeds under the influence of accelerated deterioration treatment**

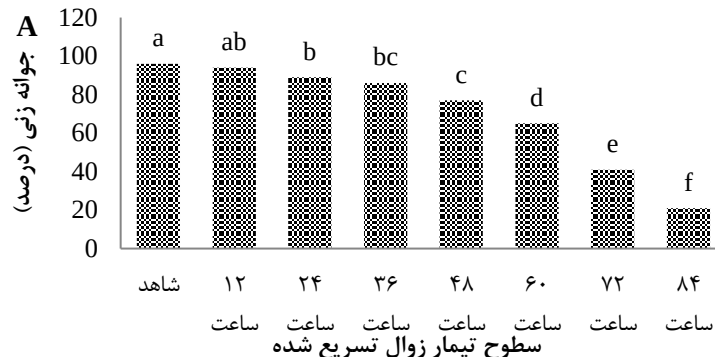
| منابع تغییرات       | درجه آزادی | درصد جوانه زنی | سرعت جوانه زنی | هدایت الکتریکی | طول ریشه‌چه | طول ساقه‌چه | وزن خشک گیاهچه | شاخص قدرت بذر | وزن خشک لپه‌های باقیمانده | میزان استفاده از ذخایر بذر | کارایی استفاده از ذخایر | کسر ذخایر پویا شده |
|---------------------|------------|----------------|----------------|----------------|-------------|-------------|----------------|---------------|---------------------------|----------------------------|-------------------------|--------------------|
| تیمار زوال          | ۷          | ۲۲۱۶**         | ۰/۰۰۰۱۱**      | ۶۸۵**          | ۱۲۲**       | ۳۱**        | ۰/۰۰۲۲**       | ۸/۱۱**        | ۰/۰۰۴**                   | ۰/۰۰۳**                    | ۰/۰۷۲**                 | ۱/۸**              |
| خطا                 | ۲۴         | ۱۶             | ۰/۰۰۰۰۱۲       | ۱۱/۵           | ۳/۱         | ۲/۴         | ۰/۰۰۰۱۱        | ۰/۲۱          | ۰/۰۰۰۲۱                   | ۰/۰۰۰۱۹                    | ۰/۰۱۱                   | ۰/۲۲               |
| ضریب تغییرات (درصد) |            | ۶/۶            | ۶/۲            | ۹/۶            | ۸/۸         | ۱۰/۱۱       | ۷/۹            | ۱۰/۵          | ۵/۶                       | ۱۱/۱                       | ۱۱/۵                    | ۱۲/۱۲              |

\*\*\*و\*\* به ترتیب سطوح معنی‌داری پنج و یک درصد

\*-and \*\* indicate significance at the 5 and 1% levels, respectively

آن (۰/۰۱۸ در ساعت) در تیمار زوال ۸۴ ساعته حاصل گردید و بر طبق نتایج افزایش مدت زمان زوال بذر منجر به کاهش سرعت جوانه‌زنی بذر گردید (شکل ۲). پیری تسریع شده و کنترل شده به عنوان یک نشانگر برای طول عمر بذر در شرایط انبارداری طبیعی مورد استفاده قرار گرفته است (Lv et al., 2024). زوال مصنوعی می‌تواند درجه خسارت به بذور را ارزیابی نموده و از این طریق می‌توان طول مدت انبارداری طبیعی را پیش بینی نمود (Parvin et al., 2024). بر همین اساس نیز در این مطالعه می‌توان این گونه استنباط نمود که افزایش مدت زمان نگهداری بذور در شرایط زوال مصنوعی اثر منفی بیشتری بر قابلیت حیات بذور لوبیا داشته که در نهایت منجر به کاهش بیشتر درصد جوانه‌زنی بذر شده است.

براساس نتایج حاصل از این مطالعه مشخص شد که درصد جوانه‌زنی بذور تحت تأثیر تیمار زوال مصنوعی قرارگرفت و با افزایش مدت زمان زوال بذر، درصد جوانه‌زنی نیز کاهش یافت. براساس این نتایج مشخص شد که بالاترین درصد جوانه‌زنی بذر به میزان ۹۶ درصد مربوط به تیمار شاهد و بدون اعمال زوال بذر حاصل گردید. این در حالی بود که در شرایط زوال به میزان ۸۴ ساعت درصد جوانه‌زنی بذر به ۲۱ درصد رسید که حدود ۷۸ درصد کمتر از تیمار زوال بود که این نشان دهنده اثر منفی شدید زوال مصنوعی بر درصد جوانه‌زنی بذر لوبیا بود (شکل ۱). سرعت جوانه‌زنی نیز تحت تأثیر تیمارهای زوال قرارگرفت و بر طبق نتایج مشخص شد که بالاترین میزان زوال به مقدار ۰/۰۳۳ در ساعت در تیمار شاهد و کمترین میزان



شکل ۱- اثر سطوح مختلف تیمار زوال مصنوعی بر درصد جوانه‌زنی بذور لوبیا (ستون‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه باشند دارای تفاوت معنی‌دار نمی‌باشند)

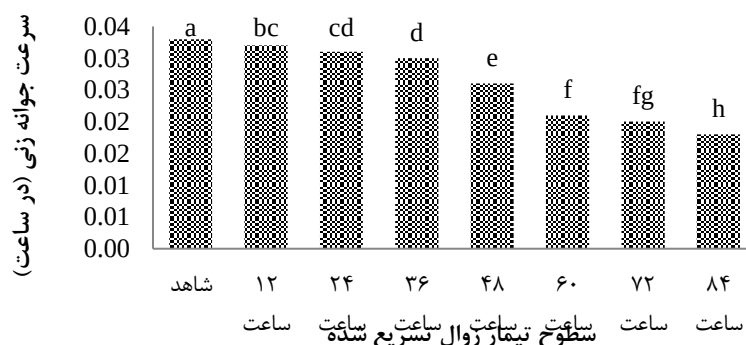
**Fig 1- Effect of different levels of artificial deterioration treatment on the germination percentage of bean seeds (Columns with at least one similar letter are not significantly different)**

تسریع شده نسبت به شرایط بدون زوال (شاهد) کمتر بود و افزایش مدت زمان زوال به دلیل افزایش قرارگیری بذور در شرایط دما و رطوبت بالا سبب خسارت بیشتری به ساختارهای بذر شده و از درصد جوانه‌زنی آنها کاسته و این وضعیت با افزایش مدت

آزمون تسریع پیری بذر تحت شرایط دما و رطوبت نسبی بالا منجر به کاهش قدرت بذر شده و این روش می‌تواند برآوردی از نقصان خسارت به بذر طی انبارداری طبیعی را به ما ارائه دهد (Dantas et al., 2019). در این آزمایش درصد جوانه‌زنی در زوال

بالاتری نیز برخوردار خواهند بود. کاهش سرعت جوانه‌زنی بذور در شرایط زوال بذر به افزایش خسارت به غشا سلولی و عدم کارایی لازم جهت شروع به موقع پروسه‌های دخیل در جوانه‌زنی بذر در ارتباط می‌باشد (محمدزاده و همکاران، ۱۳۹۷). قدرت بالاتر بذرها سبب افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی آنها می‌گردد (Wiebach *et al.*, 2020). بذور دارای قدرت بالاتر کارکرد بهتری داشته و در نتیجه درصد و سرعت جوانه‌زنی آنها تحت شرایط تنش‌های مختلف محیطی بیشتر شده و در نهایت درصد سبز و عملکرد بالاتری در مزرعه دارند (Zhou *et al.*, 2019). زوال بذر با اثر منفی بر پراکسیداسیون لیپیدها و کاهش کارایی غشای سلولی بر رشد هتروتروفیک گیاه اثر منفی گذاشته و در نهایت درصد و سرعت جوانه‌زنی را نیز کاهش داده است (Huang *et al.*, 2021).

زمان زوال بیشتر هم شده است. در شرایط مختلف زوال مصنوعی دما و رطوبت نسبی محیط بر میزان جوانه‌زنی بذور اثر گذاشته و افزایش دما و رطوبت محیط نگهداری بذر سبب تسریع زوال بذر می‌گردد (Chen *et al.*, 2022) و با توجه به اینکه در شرایط زوال مصنوعی رطوبت و دمای محیط بالاست میزان خسارت وارد شده به بذر بالا بوده و همین امر سبب نقصان درصد جوانه‌زنی بذور لوبیا گردید. محمدزاده و همکاران (۱۳۹۷) عنوان نمودند که افزایش شدت زوال سبب کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی بذور لوبیا شده است که با یافته‌های حاصل از این مطالعه مطابقت داشت. آنها عنوان نمودند سرعت جوانه‌زنی یکی از شاخص‌های مهم در تعیین کیفیت بذر می‌باشد و هر چه بذرها بتوانند در مدت زمان کمتری، درصد جوانه‌زنی بالاتری داشته باشند از سرعت جوانه‌زنی



شکل ۲- اثر سطوح مختلف تیمار زوال مصنوعی بر سرعت جوانه‌زنی بذور لوبیا (ستون‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه باشند دارای تفاوت معنی‌دار نمی‌باشند)

**Fig 2- Effect of different levels of artificial deterioration treatment on the germination rate of bean seeds (Columns with at least one similar letter are not significantly different)**

افزایش یافته است به طوری که در شرایط زوال به مدت ۸۴ ساعت میزان هدایت الکتریکی به ۷۱ میکروزیمنس بر سانتی‌متر رسید (شکل ۳). با افزایش شدت زوال تسریع شده میزان هدایت الکتریکی بذور افزایش یافته و این نتیجه خسارت بیشتر زوال بر

نتایج نشان داد در شرایط عدم زوال کمترین میزان هدایت الکتریکی به میزان ۲۴ میکروزیمنس بر سانتی‌متر حاصل گردید و با افزایش مدت زمان نگهداری بذر در شرایط رطوبت و دمای بالا میزان زوال نیز افزایش یافته و در نتیجه میزان هدایت الکتریکی نیز

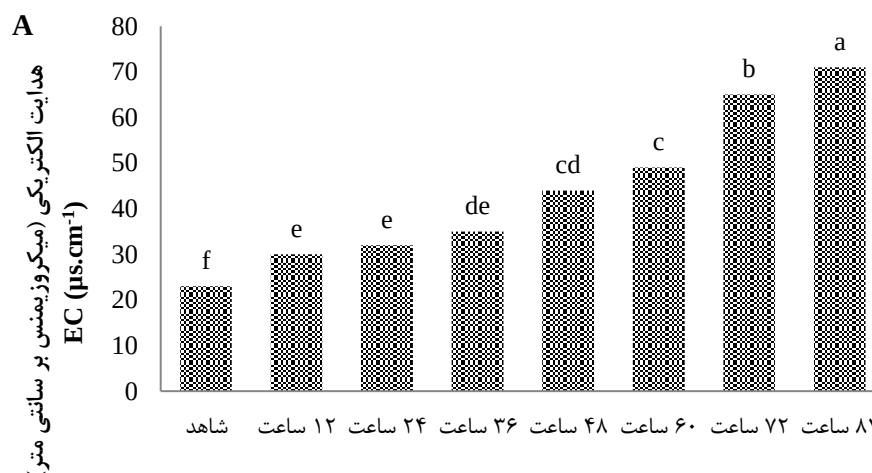
سیالیت غشا، افزایش نشت مواد از غشا، آسیب به پروتئین‌های غشا و در نهایت غیرفعال شدن گیرنده‌ها، آنزیم‌ها و کانال‌های یونی می‌باشد (Gill and Tuteja, 2010). در طول دوره انبارداری بذر در حالی که محتوی رطوبتی بذور پایین است اکسیداسیون خود به خود لیپیدها موجب تولید رادیکال‌های آزاد می‌گردد (Chen *et al.*, 2022). کاهش نشت الکترولیت‌ها در شدت زوال کمتر به این دلیل است که سرعت پراکسیداسیون لیپید در این شرایط به دلیل محتوای آبی کمتر بذر کم می‌باشد، زیرا بذر مدت زمان کمتری در معرض رطوبت بالا قرار گرفته و به دلیل اینکه آب خود به عنوان بافر بین رادیکال‌های آزاد تولیدی در شرایط زوال و اهداف مولکولی عمل نموده و سبب متوقف شدن خودبه‌خودی زنجیره‌های فعال حین پراکسیداسیون لیپید می‌گردد (Weibach *et al.*, 2020). علاوه بر محتوای آبی، دمای انبار نیز بر این رخدادها به طور متفاوتی اثر دارد. در گیاه ماش در دماهای ۳۰-۵۰ درجه پراکسیداسیون لیپید افزایش یافته و به دنبال آن نشت الکترولیت‌ها نیز افزایش یافته است (Murthy *et al.*, 2003). این در حالی است که در شرایط زوال تسرع شده، بذر رطوبت نسبی بالایی وجود داشته و بذور در یک حالت کریستالی قراردارند که تحت این شرایط می‌توانند این حالت را برای مدت کوتاهی حفظ نمایند و میزان خسارت وارد شده به غشای آنها افزایش یافته و در نتیجه دوره انبارداری آنها کاهش می‌یابد (Chen *et al.*, 2022). تغییرات پراکسیداتیو در ترکیبات اسیدهای چرب غشاها تغییر در کارکرد غشاها سلولی شده که اینها خود سبب افزایش ویسکوزیته و نفوذپذیری غشاها

غشاها سلولی و افزایش نشت الکترولیت‌ها در این شرایط می‌باشد. از اثرات مهمی که زوال بر بذر می‌گذارد تخریب پروتئین‌های غشای سلولی می‌باشد که در نتیجه نشت الکترولیت‌ها افزایش می‌یابد. هرچه میزان هدایت الکتریکی و نشت پذیری سلولی بیشتر باشد درصد جوانه‌زنی بذور نیز کاهش خواهد یافت (محمدزاده و همکاران، ۱۳۹۷). در این تحقیق مشاهده گردید که زوال تسريع شده سبب کاهش کیفیت و در نهایت کارکرد طبیعی بذرها شده و بر میزان نشت الکترولیت‌های آنها افزوده شد. شرایط زوال تسريع شده سبب تغییرات فیزیکی و شیمیایی در پوشش‌های بذر می‌گردد و این تغییرات با افزایش نشت الکتریکی همراه بوده که در نهایت منجر به افزایش هدایت الکتریکی می‌گردد (Lv *et al.*, 2024). در این تحقیق مشاهده شد که با افزایش مدت زمان تیمار زوال تسريع شده، نشت الکترولیت‌ها افزایش یافت. این موضوع نشان می‌دهد که شرایط زوال خساراتی را به ساختار غشایی بذرها وارد نموده و با افزایش نشت الکترولیت‌ها از بذر قابلیت حیات بذر نیز کاهش یافته است. کاهش جوانه‌زنی در اثر افزایش هدایت الکتریکی در اثر زوال بذر رخ داده و این افزایش در هدایت الکتریکی به دلیل افزایش پراکسیداسیون لیپید و تغییر کارکرد میتوکندری‌ها می‌باشد (Weibach *et al.*, 2020). در شرایط زوال تسريع شده که محتوای آبی بالاست پراکسیداسیون لیپید و همچنین هیدرولیز قندها شدت می‌گیرد (Narayana and Wendell, 2000) در نتیجه میزان خسارت به غشاها افزایش یافته و نشت الکترولیت‌ها نیز بیشتر از شرایط انبارداری طبیعی بود. اثرات کلی پراکسیداسیون لیپید کاهش



الکترولیت‌هایی مانند یون های آلی و غیر آلی، قندها، آمینواسیدها و حتی پروتئین‌ها می‌گردد (محمدزاده و همکاران، ۱۳۹۷). همچنین در شدت های زوال بالاتر مکانیسم های ترمیمی بذر فعال نبوده و غشاها توانایی خود را در نگهداری منابع ذخیره‌ای از دست داده و نشت الکترولیت‌ها نیز افزایش می‌یابد (Zhang et al., 2022).

شده که در نهایت سبب افزایش نشت الکترولیت‌ها و میزان هدایت الکتریکی می‌گردد (Lv et al., 2024). طی زوال بذر محتوای آبی محیط اثر زیادی بر سرعت واکنش‌های دخیل در زوال بذر می‌گذارد. تحت این شرایط تغییرات فیزیکی و شیمیایی بر پوسته بذر اثر گذاشته و سبب افزایش نفوذپذیری آنها به آب و گازها شده (Xiong et al, 2019) و سبب افزایش نشت



سطوح تیمار زوال تسریع شده

شکل ۴- اثر سطوح مختلف تیمار زوال مصنوعی بر هدایت الکتریکی بذور لوبیا (ستون‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه باشند، دارای تفاوت معنی‌دار نمی‌باشند)

**Fig 4- Effect of different levels of artificial deterioration treatment on the electrical conductivity of bean seeds (Columns with at least one similar letter are not significantly different)**

افزایش شدت زوال مصنوعی تا ۸۴ ساعت طول ریشه‌چه لوبیا کاهش یافت. درحقیقت خسارت به ریشه‌چه با خسارت مستقیم به ساقه‌چه همراه بوده و همین امر منجر به کاهش طول ساقه‌چه نیز شده است و در تیمارهای زوال از ۱۲ تا ۸۴ ساعت زوال مصنوعی شاهد کاهش تدریجی طول ساقه‌چه در لوبیا مشاهده شد. درنهایت در این تحقیق نیز مشاهده گردید آسیب زوال به ریشه‌چه بیشتر از ساقه‌چه بود. در مطالعه‌ای مشابه محمدزاده و همکاران (۱۳۹۷) نیز نتایج مشابهی

نتایج نشان داد در تیمار شاهد بالاترین میزان طول ریشه‌چه و ساقه‌چه بر ترتیب با میزان ۱۸/۴ و ۱۳/۳ سانتی‌متر حاصل گردید. این درحالی بود که با افزایش شدت زوال از ۱۲ تا ۸۴ ساعت طول ریشه‌چه و ساقه‌چه کاهش یافت و مشاهده شد که طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در این دو تیمار به ترتیب برابر با ۲/۵ و ۲/۸ سانتی‌متر بود (جدول ۲). بیشترین میزان خسارت زوال به بذر به نوک ریشه‌چه می‌باشد (Huang et al., 2021) و در نهایت این خسارت سبب شده که با

محسوب می‌شود و از آن به‌عنوان معیاری برای ارزیابی رشد گیاهچه و قدرت آن استفاده می‌شود (Chen *et al.*, 2022). در این تحقیق نیز مشاهده شد که در شرایط زوال مصنوعی و در شدت های بالای زوال (۸۴ ساعت) طول ریشه‌چه و ساقه‌چه بیشتر از سایر شدت‌های زوال کنترل شده بود و به دنبال آن قدرت بذر در این بذور کاهش بیشتری یافت. تیمار شاهد دارای بالاترین میزان شاخص قدرت بذر (۲۷۴۱) بود و کمترین میزان آن مربوط به تیمار زوال مصنوعی به میزان ۸۴ ساعت (۲۸۸) بود و در بین تیمارهای مختلف افزایش شدت زوال مصنوعی منجر به کاهش شاخص قدرت بذر شد (جدول ۲). افزایش میزان ذخایر قابل دسترس در بذر میزان قدرت آن را نیز افزایش می‌دهد (Dantas *et al.*, 2019). شاخص قدرت بذر در همه سطوح تیمار زوال مصنوعی نسبت به تیمار شاهد کمتر بود. این شرایط می‌تواند به دلیل بالاتر بودن دما و رطوبت تحت این شرایط باشد، زیرا رطوبت و دمای بالا در این شرایط به طور معنی‌داری سبب کاهش شاخص بنیه بذر می‌گردد (Zhou *et al.*, 2021). این نتایج نشان داد که افزایش مدت زمان زوال مصنوعی از ۱۲ تا ۸۴ ساعت سبب کاهش میزان قدرت بذر گردید و همین امر روی درصد جوانه‌زنی بذرها اثر منفی داشته و سبب شده که درصد جوانه‌زنی بذرها در تیمارهای زوال شدیدتر میزان کاهش بیشتری را تجربه نماید. در شرایط زوال مصنوعی، مدت زمان زوال بر میزان قدرت حیات بذر اثر گذاشته (Xiong *et al.*, 2019) و با افزایش این مدت زمان شاخص قدرت بذر نیز کاهش یافته است. تحت این شرایط دما و رطوبت نسبی بالا سبب افزایش پراکسیداسیون لیپید

را در مورد طول ریشه‌چه و ساقه‌چه به دست آوردند. به دنبال تغییرات در طول ریشه‌چه و ساقه‌چه لوبیا، مشخص شد که وزن کل گیاهچه نیز که از مجموع وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه حاصل می‌گردد تحت تأثیر زوال مصنوعی قرار گرفته و افزایش شدت زوال اثر منفی بر وزن خشک گیاهچه لوبیا گذاشته است. براساس این نتایج مشخص شد که بیشترین میزان وزن خشک گیاهچه به میزان ۶۹ میلی‌گرم در تیمار شاهد حاصل شد و افزایش شدت زوال از ۱۲ تا ۸۴ ساعت سبب کاهش وزن خشک گیاهچه شد به طوری که کمترین میزان وزن خشک ساقه‌چه به میزان ۱۲ گرم در تیمار زوال مصنوعی به میزان ۸۴ ساعت حاصل گردید. این نتایج بیانگر این مطلب بود که افزایش شدت زوال تا ۸۴ ساعت منجر به کاهش ۸۲ درصدی وزن خشک گیاهچه لوبیا گردید (جدول ۲). برخی دیگر از محققان نیز بیان داشتند که زوال بذر منجر به کاهش وزن خشک گیاهچه شده است. از جمله Lv و همکاران (۲۰۲۴) بیان نمودند که با افزایش شدت زوال از وزن خشک گیاهچه کاسته می‌شود. در زمان زوال بذر پراکسیداسیون لیپیدی غشاء سلولی تحت تأثیر قرار گرفته و در این شرایط کاهش میزان وزن خشک گیاهچه می‌تواند به دلیل کاهش پویایی ذخایر بذرها یا کاهش کارایی تبدیل ذخایر پویا شده در اثر زوال باشد (Huang *et al.*, 2021). به نظر می‌رسد که زوال سبب کاهش متابولیسم بذرها شده (زمردی و همکاران، ۱۳۹۲) و همین امر سبب کاهش تبدیل ذخایر و مصرف آنها در بذر شده که به دنبال آن میزان وزن خشک تولیدی در بذور نیز کاهش یابد. مجموع طول ساقه‌چه و ریشه‌چه معیاری از قدرت بذر

شده (Dantas *et al.*, 2019) که شدت زوال بذر را نیز افزایش داده و با افزایش خسارت به ساختارهای حیاتی بذر سبب کاهش شاخص قدرت بذر شد (Xiong *et al.*, 2019). شاخص قدرت بذر معرف درصد و پتانسیل جوانه‌زنی بوده و هرچه بذر کیفیت پایین‌تری داشته باشد شاخص قدرت بذر آن کاهش یافته و در نتیجه درصد جوانه‌زنی نهایی نیز کاهش می‌یابد (محمدزاده و همکاران، ۱۳۹۷). بذوری که زوال یافته‌اند به دلیل قوه نامیه پایین‌تر، درصد جوانه‌زنی و شاخص قدرت بذر کمتری نیز بودند. آنها

دلیل بالاتر بودن شاخص قدرت بذر در شرایط عدم زوال را به دلیل بالاتر بودن ذخایر و اندوخته پویا عنوان نمودند (Wiebach *et al.*, 2020). در این تحقیق مشاهده شده که شاخص قدرت بذر از صد درصد در تیمار شاهد به میزان ۹۰ درصد در تیمار زوال مصنوعی به میزان ۸۴ ساعت کاهش یافته است. در این تحقیق با توجه به سایر صفات اندازه‌گیری شده مشاهده گردید که کاهش ذخایر کل بذر دلیل کاهش قدرت بذر نبوده، بلکه عدم پویایی این ذخایر برای استفاده گیاهچه دلیل اصلی کاهش این صفات بود.

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات مربوط به جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه لوبیا تحت تأثیر تیمار زوال مصنوعی

**Table 2- Comparison of mean traits related to seed germination and bean seedling growth under the influence of artificial deterioration treatment**

| تیمارها | ریشه چه (سانتی متر) | طول ساقه چه (سانتی متر) | وزن خشک گیاهچه (گرم) | شاخص قدرت بذر      | وزن خشک لپه های باقیمانده (میلی گرم) | میزان استفاده از ذخایر بذر (میلی گرم بر گرم) | کارایی استفاده از ذخایر (میلی گرم بر گرم) | کسر ذخایر پویا شده (میلی گرم) |
|---------|---------------------|-------------------------|----------------------|--------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------|
| شاهد    | ۱۸/۴ <sup>a</sup>   | ۱۳/۳ <sup>a</sup>       | ۶۹ <sup>a</sup>      | ۲۷۴۱ <sup>a</sup>  | ۱۳۵ <sup>f</sup>                     | ۸۲ <sup>a</sup>                              | ۰/۸۶ <sup>a</sup>                         | ۰/۰۰۴۸ <sup>a</sup>           |
| ۱۲ ساعت | ۱۷/۶ <sup>a</sup>   | ۱۱ <sup>ab</sup>        | ۵۹ <sup>b</sup>      | ۲۵۳۶ <sup>ab</sup> | ۱۴۶ <sup>e</sup>                     | ۷۲ <sup>b</sup>                              | ۰/۸۱ <sup>ab</sup>                        | ۰/۰۰۴۵ <sup>ab</sup>          |
| ۲۴ ساعت | ۱۵/۸ <sup>b</sup>   | ۱۰/۶ <sup>b</sup>       | ۵۶ <sup>b</sup>      | ۲۴۴۲ <sup>b</sup>  | ۱۴۷ <sup>de</sup>                    | ۶۴ <sup>c</sup>                              | ۰/۷۸ <sup>b</sup>                         | ۰/۰۰۴۱ <sup>b</sup>           |
| ۳۶ ساعت | ۱۲ <sup>bc</sup>    | ۸/۹ <sup>bc</sup>       | ۴۱ <sup>c</sup>      | ۲۲۶۵ <sup>bc</sup> | ۱۵۱ <sup>d</sup>                     | ۵۹ <sup>cd</sup>                             | ۰/۶۷ <sup>c</sup>                         | ۰/۰۰۳۷ <sup>c</sup>           |
| ۴۸ ساعت | ۱۰ <sup>c</sup>     | ۶/۵ <sup>d</sup>        | ۳۴ <sup>d</sup>      | ۱۸۵۶ <sup>d</sup>  | ۱۵۵ <sup>d</sup>                     | ۴۴ <sup>e</sup>                              | ۰/۶۵ <sup>c</sup>                         | ۰/۰۰۳۶ <sup>c</sup>           |
| ۶۰ ساعت | ۹/۵ <sup>c</sup>    | ۵/۵ <sup>de</sup>       | ۳۸ <sup>de</sup>     | ۱۴۲۵ <sup>e</sup>  | ۱۶۹ <sup>bc</sup>                    | ۳۸ <sup>ef</sup>                             | ۰/۵۸ <sup>d</sup>                         | ۰/۰۰۲۵ <sup>d</sup>           |
| ۷۲ ساعت | ۸/۱ <sup>cd</sup>   | ۴/۳ <sup>e</sup>        | ۲۸ <sup>f</sup>      | ۷۳۳ <sup>f</sup>   | ۱۷۴ <sup>b</sup>                     | ۳۲ <sup>g</sup>                              | ۰/۵۶ <sup>de</sup>                        | ۰/۰۰۲۱ <sup>de</sup>          |
| ۸۴ ساعت | ۲/۵ <sup>e</sup>    | ۲/۸ <sup>f</sup>        | ۱۲ <sup>g</sup>      | ۲۸۸ <sup>g</sup>   | ۱۸۶ <sup>a</sup>                     | ۱۸ <sup>h</sup>                              | ۰/۳۸ <sup>f</sup>                         | ۰/۰۰۱۱ <sup>f</sup>           |

میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه باشند دارای تفاوت معنی‌دار با هم نمی‌باشند

**Means with at least one similar letter are not significantly different from each other**

وزن لپه‌های باقیمانده از بذر لوبیا نیز تحت تأثیر سطوح مختلف تیمار زوال قرار گرفت و براساس نتایج مشخص شد که کمترین میزان وزن لپه باقیمانده به میزان ۱۳۵ میلی گرم پس از جوانه‌زنی در تیمار شاهد به دست آمد، زیرا تحت این شرایط پویایی ذخایر بذر افزایش یافته و مقدار بیشتری از ذخایر به مصرف

گیاهچه در حال رشد رسیده و در نتیجه وزن لپه‌های باقیمانده نیز کاهش بیشتری نشان داد. همچنین نتایج نشان داد با افزایش مدت زمان زوال بذر از ۱۲ تا ۸۴ ساعت وزن لپه‌های باقیمانده بذر لوبیا افزایش یافته به طوری که بالاترین میزان وزن لپه‌ها به میزان ۱۸۶ میلی گرم در تیمار زوال مصنوعی به میزان ۸۴ ساعت

زوال بذرها شده (Zhuo *et al.*, 2020) و این نشان می‌دهد که در شرایط زوال تسریع شده با توجه به بالا بودن دما و رطوبت، شرایط برای بذر بدتر از شرایط طبیعی می‌باشد. در شرایط زوال تسریع شده دما بالاست و تنفس بذرها زیاد شده و همین امر سبب تخلیه سریع‌تر اندوخته‌های بذر شده و در نتیجه در زمان جوانه‌زنی در بذور زوال یافته میزان اندوخته غذایی کمتری در دسترس جنین قرار می‌گیرد (Zhou *et al.*, 2019). یکی از دلایل کمتر شدن میزان استفاده از ذخایر در بذر در شدت‌های زوال مصنوعی بیشتر نیز می‌تواند تولید بیشتر اتیلن تحت این شرایط باشد که منجر به تولید گیاهچه‌های غیر طبیعی بیشتری می‌گردد (Wiebach *et al.*, 2020). با افزایش مدت زمان زوال بذر میزان پروتئین و قندهای موجود در بذر کاهش یافته و همین امر سبب کاهش کیفیت تغذیه‌ای و ذخایر موجود در بذر می‌گردد (Wiebach *et al.*, 2020). پس در شرایط انبارداری طبیعی زوال نتیجه هیدرولیز طبیعی قندهای محلولی است که طی جوانه‌زنی به عنوان پیش‌ماده‌ی اولیه جهت تغذیه جنین مورد استفاده قرار گرفته و رشد اولیه جنین را تضمین می‌کنند (Jonathan *et al.*, 2013). شدت کاهش در وزن خشک گیاهچه و به دنبال آن میزان و کارایی استفاده از ذخایر بذر در تیمارهای زوال مصنوعی با صفت کارایی استفاده از ذخایر بذر در ارتباط بود. مشابه با میزان استفاده از ذخایر بذر، کارایی استفاده از ذخایر بذر در تیمار شاهد بالاترین میزان بود و با افزایش شدت زوال از کارایی استفاده از ذخایر بذر کاسته شده است. در این مطالعه مشاهده گردید که بیشترین میزان کارایی استفاده از ذخایر در تیمار شاهد

به دست آمد (جدول ۲). افزایش میزان وزن خشک لپه‌های باقیمانده در تیمار زوال مصنوعی به میزان ۸۴ ساعت بیانگر کاهش پویایی ذخایر بذر بوده و تحت این شرایط میزان وزن خشک باقیمانده لپه‌ها نیز افزایش یافته است. بیشتر بودن ذخایر باقیمانده لپه بذر در تیمار زوال مصنوعی می‌تواند نتیجه میزان و سرعت کمتر فعالیت‌های متابولیک باشد که سبب کاهش سنتز آنزیم‌های هیدرولیتیک شده و بر میزان تجزیه ذخایر بذر اثر منفی داشته است و هرچند که فعال‌سازی مکانیسم‌های ترمیم با دریافت رطوبت از محیط تا حدودی افزایش می‌یابد ولی در نهایت منجر به افزایش وزن لپه‌های باقیمانده بذر شده است (Huang *et al.*, 2021). زوال بذر بر روی میزان استفاده از ذخایر بذر نیز اثر گذاشته و براساس نتایج حاصل از این مطالعه مشخص شد که تیمار شاهد دارای بیشترین میزان استفاده از ذخایر به مقدار ۸۲ میلی‌گرم در بذر بود. افزایش شدت زوال بذر از ۱۲ تا ۸۴ ساعت منجر به کاهش تدریجی میزان استفاده از ذخایر بذر شده نتایج نشان داد کمترین میزان استفاده از ذخایر بذر به میزان ۱۸ میلی‌گرم در بذر در شدیدترین سطح زوال بذر یعنی سطح ۸۴ ساعت به دست آمد و در این تیمار شاهد کاهش ۷۸ درصدی میزان استفاده از ذخایر بذر گردید (جدول ۲). اثر زوال تسریع شده در شدت‌های بالاتر بر وزن خشک گیاهچه، میزان و کارایی استفاده از ذخایر و کسر ذخایر پویا شده بذر بیشتر از تیمار شاهد بود. توانایی بذر برای تبدیل و استفاده از ذخایر و تبدیل آنها به وزن خشک به درجه حرارت و رطوبت شرایط نگهداری بذر بستگی دارد و انبارداری نامناسب سبب تشدید

زوال مصنوعی کم شده است. نتایج مشابهی نیز روی بذور ذرت (Torres *et al.*, 2004) و پیاز (Rao *et al.*, 2006) حاصل شد. با توجه به اینکه همه مولفه‌های مربوط به جوانه‌زنی بذر تحت تأثیر تیمار زوال مصنوعی قرار گرفتند مشخص شد که صفت کسر ذخایر پویا شده بذر نیز تحت تأثیر سطوح تیمار زوال مصنوعی قرار گرفتند و افزایش شدت زوال مصنوعی منجر به کاهش کسر ذخایر پویا شده بذر گردید. براساس این نتایج مشخص شد که بالاترین میزان کسر ذخایر پویا شده بذر به میزان ۰/۰۰۴۸ میلی گرم مربوط به تیمار شاهد بود در حالی که کمترین میزان کسر ذخایر پویا شده بذر به میزان ۰/۰۰۱۱ میلی گرم در تیمار زوال به میزان ۸۴ ساعت حاصل گردید. کاهش میزان کسر ذخایر پویا شده بذر در تیمار زوال مصنوعی ۸۴ ساعت حدود ۷۷ درصد کمتر از تیمار شاهد بود که بسیار معنی‌دار بود (جدول ۲). اثر منفی افزایش مدت زمان زوال مصنوعی بر کاهش میزان ذخایر در بذر به صورت خطی می‌باشد (Jonathan *et al.*, 2013). آنها بیان داشتند که میزان ذخایر در بذوری که به مدت یک سال ذخیره شدند نسبت به بذور شاهد بیشتر بود. در این تحقیق مشاهده گردید که افزایش شدت زوال مصنوعی بذور سبب کاهش میزان ذخایر پویا شده بذر لوبیا شده که به دنبال آن کارایی استفاده از ذخایر و همچنین کسر ذخایر پویا شده تحت این شرایط کاهش یافت. در شرایط زوال کنترل شده دما و رطوبت نسبی بالا سبب افزایش سرعت فعالیت‌های متابولیکی در بذر شده و همین امر بر کیفیت فیزیولوژیکی بذور اثر می‌گذارد (Jonathan *et al.*, 2013). پویایی ذخایر بذر وابسته به فعالیت

به میزان ۰/۸۶ میلی گرم بر گرم حاصل گردید. از طرفی با توجه به اینکه افزایش شدت زوال از ۱۲ تا ۸۴ ساعت منجر به کاهش کارایی استفاده از ذخایر گردید، مشخص شد که کمترین میزان کارایی استفاده از ذخایر بذر به میزان ۰/۳۸ میلی گرم بر گرم در تیمار زوال ۸۴ ساعت حاصل گردید. براساس این نتایج شاهد کاهش ۵۵ درصدی کارایی استفاده از ذخایر بذر در تیمار زوال به مدت ۸۴ ساعت نسبت به تیمار شاهد بودیم (جدول ۲). با توجه به اینکه در شرایط زوال بذر میزان رطوبت بذر بالاتر است، میزان ویسکوزیته بذرها کمتر شده و سبب تغییر شکل آنها از حالت شیشه‌ای به سیال شده در نتیجه میزان زوال این گونه بذور روند تندی داشته و همین امر سبب افزایش خسارت به این بذرها شده و کارایی تبدیل ذخایر در این بذور کاهش یافته است (Kiran *et al.*, 2020). طی زوال مصنوعی میزان تولید آنزیم‌های هیدرولیتیک کاهش می‌یابد (Chen *et al.*, 2022). همین امر میزان کارایی تبدیل ذخایر بذر را کاهش داده است. به عقیده Jonathan *et al.*, (2013) در شرایط زوال فعالیت‌های تنفسی بذر در محیط انبار به تدریج سبب کاهش میزان ذخایر بذر شده و این کاهش با افزایش مدت زمان زوال بذر در شرایط دمایی و رطوبتی کنترل شده نیز افزایش داشته است. این در حالی است که در شرایط زوال مصنوعی به واسطه بالا بودن دما و رطوبت در محیط تغییرات فراسلولی در بذور رخ داده که همین امر سبب کاهش کارایی تبدیل ذخایر به پیش ماده در دسترس جنین می‌گردند (Jonathan *et al.*, 2013). در حقیقت می‌توان این گونه بیان نمود که میزان ذخایر پویا شده و همچنین کارایی استفاده از این ذخایر طی

همگام با افزایش هیدرولیز قندهای محلول، تجمع قندهای احیایی افزایش یافته و با توجه به واکنش پذیری بالای این قندها با پروتئین‌ها سبب افزایش واکنش‌های آمادوری و مایلارد تحت این شرایط شده (Roy *et al.*, 2022) و همین امر شدت زوال بذر را افزایش داده و سبب کاهش میزان و کارایی استفاده از ذخایر و کسر ذخایر مصرف شده بذر تحت شرایط انبارداری طبیعی می‌شود. در واقع واکنش‌های آمادوری و مایلارد سبب تغییر شکل پروتئین‌ها با واکنش دادن آنها با قندهای احیایی و آلدئیدها شده و زوال بذر را به واسطه تغییرات شیمیایی در عملکرد پروتئین‌ها و کاهش ظرفیت سیستم متابولیکی بذر از طریق خسارت رادیکال‌های آزاد افزایش داده و سبب کاهش کارایی تبدیل ذخایر بذور زوال یافته طی جوانه‌زنی می‌شوند (Castellón *et al.*, 2010). محتوای آبی بذر طی زوال اثر زیادی بر سرعت واکنش‌های دخیل در زوال بذر گذاشته و سبب افزایش نفوذپذیری آنها به آب و گازها شده که سبب افزایش خروج یونهای آلی و غیر آلی، قندها و آمینواسیدها به اطراف بذر شده و به دنبال آن منابع در دسترس برای جنین از بین رفته و در زمان جوانه‌زنی میزان و کارایی استفاده از ذخایر و همچنین کسر ذخایر پویا شده در بذور انبارداری شده کاهش یافت (Lv *et al.*, 2024). در شرایط زوال مصنوعی شدید تغییرات درون سلولی سبب افزایش خسارت وارده به جنین می‌شوند (Yu *et al.*, 2021). همچنین در این شدت‌های زوال اغلب مکانیسم‌های ترمیمی بذر با شکست مواجه شده و توانایی بازیابی تمهیدات لازم جهت پویا کردن ذخایر و به دنبال آن جوانه‌زنی بذر را نداشته و غشاها توانایی

آنزیم‌های هیدرولیتیک بوده که سبب تجزیه مواد ذخیره‌ای بذر و در نهایت مصرف آنها توسط گیاهچه می‌شود. زمان بین آبنوشی و جوانه‌زنی بذور زمانی است که بذر شروع به بازسازی و ترمیم اندامک‌ها، پروتئین‌ها و همچنین فعال شدن آنزیم‌های لازم برای جوانه‌زنی می‌کند (Chen, 2022)، به احتمال زیاد در تیمارهای زوال مصنوعی شدید که میزان پویایی ذخایر کمتر از تیمار شاهد بود توانایی ترمیم و همچنین بازسازی آنزیم‌های هیدرولیتیک کمتر از سایر بوده است. کاهش میزان پویایی ذخایر بذر به دلیل اثر مخرب درجه حرارت و رطوبت بالا بر کارکرد این آنزیم‌ها بوده که در نهایت سبب کاهش رشد گیاهچه به دلیل گرسنگی آن می‌شود (Wiebach *et al.*, 2020). طی مراحل اولیه زوال تغییراتی در پروتئین‌های بذر رخ داده و علاوه بر خسارت‌زایی آنها طی واکنش‌های آمادوری و مایلارد ممکن است در بذر به عنوان منبع غذایی مورد استفاده قرارگیرند. در تیمار زوال مصنوعی با شروع آبیگری بذر مکانیسم‌های ترمیمی سرعت گرفته و بر این مهم افزوده و سبب افزایش میزان و کارایی و همچنین کسر ذخایر پویا شده در بذر گردید و این وضعیت در زوال ۱۲ ساعت تا حدودی مشهود بود. از طرفی افزایش مدت زمان زوال سبب افت این روند شده که میزان آن در تیمار زوال ۸۴ ساعته قابل توجه بود. در این شرایط رادیکال‌های آزاد تولیدی سبب افزایش پراکسیداسیون لیپید می‌گردند (Chen *et al.*, 2022) و همین امر دلیل اصلی افزایش واکنش‌های اصلی دخیل در زوال بذر موسوم به واکنش‌های آمادوری و مایلارد تحت این شرایط می‌باشند (Roy *et al.*, 2022). تحت شرایط زوال

آب و هوایی اهواز. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی اهواز، اهواز، ایران.

۲) زمردی، م.، محمودی، م.، خواجه‌حسینی، م.، قشم، ر. و س.، انورخواه. ۱۳۹۲. بررسی اثر پرایمینگ و پیری مصنوعی بر جوانه‌زنی بذر ارقام گوجه فرنگی. نشریه تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی، ۱(۱): ۹۷-۱۱۴.

۳) سلطانی، ا. و و.، مداح. ۱۳۸۹. برنامه‌های کاربردی ساده برای آموزش و پژوهش در کشاورزی. انجمن علمی بوم شناختی ایران. ۷۱ صفحه.

۴) محمدزاده، ا.، اسدی، ص.، مجنون‌حسینی، ن.، مقدم، ح. و م.، جمالی، م. ۱۳۹۷. اثر پیری مصنوعی بذر بر شاخص‌های جوانه‌زنی، استقرار گیاهچه و عملکرد دو رقم لوبیا قرمز. نشریه علوم و فناوری بذر ایران، ۷(۲): ۷۵-۹۴.

۵) مؤمنی، ج.، شکرپور، م.، صدقی، م.، انتصاری، م. و ا.، عباسیان. ۱۳۹۲. تأثیر زوال تسریع شده و تنش خشکی بر برخی صفات فیزیولوژیک و مورفولوژیک گندم در شرایط آزمایشگاهی. نشریه علوم و فناوری بذر ایران، ۲(۲): ۲۳۹-۲۲۹.

- 6) Agrawal, R. 2003. Seed technology. Pub. Co. PVT. LTD. New Delhi. India.
- 7) Castellión, M., Matiacevich, S., Buera, P. and S. Maldonado. 2010. Protein deterioration and longevity of quinoa seeds during long-term storage. *Food Chemistry*, 121: 952-958.
- 8) Chen, C., Wang, R., Dong, S., Wang, J., Ren, C.X., Chen, C.P., Yan, J., Zhou, T., Wu, Q.H. and J. Pei. 2022. Integrated proteome and lipidome analysis of naturally aged safflower seeds varying in vitality. *Plant Biology*, 24: 266-277.

خود را در نگهداری منابع ذخیره‌ای از دست داده و همین امر میزان ذخایر در دسترس جنین را تحت این شرایط کاهش داده است و به دنبال آن قدرت بذر جهت جوانه‌زنی کاهش یافته است (Panobianco et al., 2007).

### نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این تحقیق مشخص نمود که زوال مصنوعی سبب افت درصد و سرعت جوانه‌زنی بذور لوبیا شده و این افت در شدت‌های بالاتر زوال مصنوعی بیشتر بود. طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و همچنین شاخص بیه بذر نیز تحت تأثیر از سطوح تیمار زوال مصنوعی قرار گرفته و کاهش یافتند. میزان هدایت الکتریکی نیز با افزایش شدت زوال به دلیل عدم توانایی غشاها در حفظ انسجام خود افزایش یافت، ولی میزان این نشت در شدت‌های بالاتر زوال مصنوعی بیشتر بود. وزن خشک گیاهچه نیز در شرایط زوال افت داشت. احتمال می‌رود وقوع پراکسیداسیون لیپید و هیدرولیز قندها در شرایط زوال سبب وقوع واکنش‌های آمادوری و مایلارد شده که به دنبال آن میزان و کارایی استفاده از ذخایر و کسر ذخایر پویا شده بذر کاهش یافت. با این حال بیشترین میزان این مولفه‌ها در تیمار شاهد رخ داد که می‌توان دلیل آن را به افزایش سرعت واکنش‌های ترمیمی بذر طی این شرایط و همچنین فعال شدن بیشتر آنزیم‌های هیدرولیتیک و در دسترس بودن پیش ماده‌ی بیشتر جهت رشد جنین نسبت داد.

### منابع

- ۱) حسینی، ف. ۱۳۸۷. بررسی اثر زوال بذر بر جوانه زنی، استقرار و عملکرد پنج رقم کلزا در شرایط

- parameters estimation on accelerated aging seed of argomulyo soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) mutant lines. *Journal of Agricultural Sciences*, 31(3): 763- 775.
- 18) Murthy, U.M.N., Kumar, P.P. and W.Q, Sun. 2003. Mechanisms of seed ageing under different storage conditions for *Vigna radiate* (L.) Wilczek: lipid peroxidation, sugar hydrolysis, Maillard reactions and their relationship to glass state transition. *Journal of Experimental Botany*, 54: 1057-1067.
  - 19) Narayana, U.M. and Q.S, Wendell. 2000. Protein modification by amadori and maillard reactions during seed storage: roles of sugar hydrolysis and lipid peroxidation. *Journal of Experimental Botany*, 348: 1221-1228.
  - 20) Panobianco, M., Vieira, R.D. and D, Perecin. 2007. Electrical conductivity as an indicator of pea seed aging of stored at different temperatures. *Scientia Agriculture*, 64: 119-124.
  - 21) Parvin, S., Anwar, P., Kabiraj, S., Rashid, H. and S.K, Paul. 2024. Improvement of Seed Germination and Seedling Growth of Faba Bean (*Vicia Faba* L.) through Seed Priming. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 12(4): 561-567.
  - 22) Rajendra, D., Satpute, A. and P, Sanjay. 2018. Studies on physiology of soybean seeds by applying tool of accelerated aging test for vigor assessment. *Journal of Pharma and Bio Sciences*, 7(3): 12- 23.
  - 23) Roy, S., Das, S., Saha, K. K., Rahman, M.R., Sarkar, S.K., Rashid, M.H. and S.K, Paul. 2022. Growth and seed yield of faba bean (*Vicia faba* L.) as influenced by zinc and boron micronutrients. *Fundamental and Applied Agriculture*, 7(2): 139-149. <https://doi.org/10.5455/faa.106842>.
  - 24) Santos, R.F., Placido, H.F., Bosche, L.L., Neto, H.Z., Ferando, H. and B, Alessandro. 2021. Accelerated aging methodologies for evaluating physiological potential of treated soybean seeds. *Journal of Seed Science*, 43: 1-12.
  - 9) Dantas, A.F., Fascineli, M.L., José, S.C.B.R., Pádua, J.G., Gimenes, M.A. and C.K, Grisolia. 2019. Loss of genetic integrity in artificially aged seed lots of rice (*Oryza sativa* L.) and common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Mutat. Res. Genet. Toxicol. Environment Mutagen*, 846: 403080.
  - 10) Gill, S.S. and N, Tuteja. 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 48: 909-930.
  - 11) Hampton, J.C. and D.M, Tekrony. 1995. Hand book of vigor test and method (3<sup>rd</sup> Eds). International seed testing association (ISTA), Zurich, Switzerland.
  - 12) Huang, Y., Cai, S., Ruan, X., Xu, J. and D, Cao. 2021. CSN improves seed vigor of aged sunflower seeds by regulating the fatty acid, glycometabolism, and abscisic acid metabolism. *Journal of Advanced Research*, 33: 1-13.
  - 13) International Seed Testing Association. 1985. International Rules for Seed Testing. Annexes 1985. *Seed Science and Technology*, 13: 356-513.
  - 14) Jonathan, M.E., Bárbara, C.F., Silva, R.S., João, A.A., Granja, Maria, C.J.L., Alves, M. and F, Pompelli. 2013. Germination responses of *Jatropha curcas* L. seeds to storage and aging. *Industrial Crops and Products*, 44: 684-690.
  - 15) Kiran, K.R., Deepika, V.B., Swathy, P.S., Prasad, K., Kabekkodu, S.P., Murali, T.S., Satyamoorthy, K. and A, Muthusamy. 2020. ROS dependent DNA damage and repair during germination of NaCl primed seeds. *Journal of Photochemistry and Photobiology*, B 2020: 21
  - 16) Lv, T., Li, J., Zhou, L., Zhou, T., Pritchard, H.W., Ren, C., Chen, J., Yan, J. and J, Pei. 2024. Aging-Induced Reduction in Safflower Seed Germination via Impaired Energy Metabolism and Genetic Integrity Is Partially Restored by Sucrose and DA-6 Treatment. *Plants*, 13: 659. <https://doi.org/10.3390/>
  - 17) Maesaroh, S., Wahyu, Y. and E, Widajati. 2021. Seed storability and genetic



- 25) Wiebach, J., Nagel, M., Börner, A., Altmann, T. and D, Riewe. 2020. Age-dependent loss of seed viability is associated with increased lipid oxidation and hydrolysis. *Plant Cell Environment*, 43: 303–314.
- 26) Xiong, Y., Ren, Y., Li, W., Wu, F., Yang, W., Huang, X. and J, Yao. 2019. NF-YC12 is a key multi-functional regulator of accumulation of seed storage substances in rice. *Journal of Experimental Botany*, 70: 3765–3780.
- 27) Yanglem, S. D., Ram, V., Rangappa, K. and N, Deshmukh. 2021. Effects of seed priming on root- shoot behavior and stress tolerance of pea (*Pisum sativum* L.). *Bangladesh Journal of Botany*, 50(2): 199-208.
- 28) Yu, S., Zhu, X., Yang, H., Yu, L. and Y, Zhang. 2021. A simple new method for aged seed utilization based on melatonin mediated germination and antioxidant nutrient production. *Scientific Reports*, 11: 1-7.
- 29) Zhou, W., Chen, F., Luo, X., Dai, Y., Yang, Y., Zheng, C., Yang, W. and K.A, Shu. 2020. Matter of life and death: Molecular, physiological and environmental regulation of seed longevity. *Plant Cell Environment*, 43: 293–302.
- 30) Zhou, W., Chen, F., Zhao, S., Yang, C., Meng, Y., Shuai, H., Luo, X., Dai, Y., Yin, H. and J, Du. 2019. DA-6 promotes germination and seedling establishment from aged soybean seeds by mediating fatty acid metabolism and glycometabolism. *Journal of Experimental Botany*, 70: 101–114.