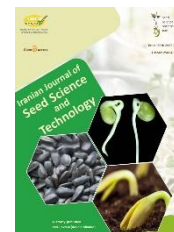




Iranian Journal of Seed Science and Technology



ISSN: 2588-4638

Research Article

The Effect of Different Dormancy Breaking Treatments on Germination of *Sophora* Seeds (*Sophora alopecuroides* L.)

Hadi Kalantari Khalilabad¹ , Ali Izadi Darbandi^{2*} , Ardeshtir Qaderi³ ,
Seyed Ahmad Sadat Noori⁴ , Mohammadreza Labbafi³ , Maryam Ahvazi³

1. Ph.D. Student, Department of Agronomy and Plant Breeding Science, College of Aburaihan, University of Tehran, Tehran, Iran.
2. Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding Science, College of Aburaihan, University of Tehran, Tehran, Iran.
3. Assistant Professor, Medicinal Plants Research Center, Institute of Medicinal Plants, ACECR, Karaj, Iran.
4. Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding Science, College of Aburaihan, University of Tehran, Tehran, Iran.

Article Information

Received: 22 Nov. 2023

Revised: 02 Feb. 2024

Accepted: 04 Feb. 2024

Keywords:

Pre-cooling,
Seed dormancy,
Seed priming,
Sulfuric acid

Corresponding Author:

aizady@ut.ac.ir

Abstract

The legume family has seed dormancy, which is an evolutionary adaptation that prevents seed germination in adverse ecological conditions and it is very important in preserving plant species. In order to study the effect of various mechanical, hormonal, and physical factors on the dormancy breaking of sophora seeds, an experiment was conducted in the form of a completely randomized design in three replications. The treatments included gibberellic acid, sulfuric acid, hot water, and cold at 4 degrees Celsius in different periods. The results showed that Compared to the very low germination of untreated seeds (0-53%), the application of 75% concentration of sulfuric acid for 15 minutes, improved the germination percentage (95.5%) and also the initial growth of the seedling. The percentage of germination (93%) in the treatment having hot water was significant compared to the control sample (56%). Compared to the very low germination of untreated seeds (0-53%), sulfuric acid (73-95.5%) and soaking in hot water (52-93%) were effective in germination. According to the dormancy failure of bitter gourd seeds in the tested treatments, it can be concluded that the dormancy of bitter gourd seeds is of a mechanical type and related to the physical properties of the seed coat. Treatments of hot water and 1 sulfuric acid can remove seed dormancy in sophora. According to the breaking sophora seeds dormancy in the tested treatments, it can be concluded that the seed dormancy is of a mechanical type and related to the physical properties of the seed coat.

How to cite this paper: Kalantari Khalilabad, H., Izadi Darbandi, A., Qaderi, A., Sadat Noori, S.A., Labbafi, M., & Ahvazi, M. (2025). The Effect of Different Dormancy Breaking Treatments on Germination of *Sophora* Seeds (*Sophora alopecuroides* L.). *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 14 (1), 17-31. <https://doi.org/10.22092/ijssst.2024.364188.1508>



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

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Sophora alopecuroides, is a perennial plant belonging to the Fabaceae family. It has gained significant attention due to its wide range of medicinal properties, including anti-cancer, anti-viral, anti-inflammatory, antimicrobial, analgesic, and neuroprotective effects. However, the plant faces the risk of extinction due to its eradication as a weed and excessive clearing from natural habitats. One of the major challenges in cultivating *S. alopecuroides* is its low germination rate, which is attributed to seed dormancy. Seed dormancy is a natural phenomenon that ensures plant survival under unfavorable environmental conditions but poses a challenge for cultivation. This study aims to investigate the effects of various physical and hormonal treatments on breaking seed dormancy and improving germination rates of *S. alopecuroides* seeds.

Materials and Methods

The experiment was conducted in 2022 at the laboratory of Aburaihan Campus, University of Tehran, and the Medicinal Plants Research Institute of Jihad Daneshgahi. *S. alopecuroides* plants were collected from their natural habitat in Kerman province, Iran. Seeds were extracted from pods and transferred to the seed laboratory. The experiment was designed as a completely randomized design with three replications. Treatments included mechanical (sulfuric acid), hormonal (gibberellic acid), and physical (boiling water and moist chilling) methods to break seed dormancy. Thirty seeds were placed in each 10 cm Petri dish on filter paper. Seeds were disinfected with 2.5% sodium hypochlorite solution for 10 minutes before treatment. After treatment application, seeds were kept in a growth chamber with 16 hours of light and 8 hours of darkness at 25°C for 15 days. Germinated seeds were counted daily, with seeds considered germinated when the radicle length exceeded 2 mm. At the end of the experiment, shoot length, root length, and fresh and dry weights of shoots and roots were measured. Various germination indices were calculated, including final germination percentage (FGP), mean germination time (MGT), standard deviation of germination time (SDG), variance of germination time (VGT), coefficient of variation of germination time (CVT), mean germination rate (MGR), germination speed (GSP), germination rate index (GRI), germination index (GI), and uncertainty of the germination process (UNC). Data were analyzed using analysis of variance (ANOVA), and means were compared using the Least Significant Difference (LSD) test at a 5% probability level.

Results and Discussion

The results showed that gibberellic acid had no significant effect on seed germination of *S. alopecuroides*, as no germination was observed in any of the gibberellic acid treatments. Therefore, this treatment was excluded from statistical analysis. Sulfuric acid treatment significantly improved seed germination. The highest germination percentage (95.55%) was observed in seeds treated with 75% sulfuric acid for 15 minutes. This treatment also resulted in the lowest standard deviation of germination time (0.77%), lowest variance of germination time (0.61%), lowest coefficient of variation of germination time (24.54%), highest

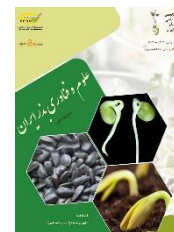
mean germination rate (0.31%), highest germination speed (31.99%), highest germination rate index (9.69%), highest germination index (369%), and lowest uncertainty of germination process (1.37%). While hot water treatment significantly increased germination percentage compared to the control, it did not show a notable improvement in mean germination time and mean germination rate. The highest mean germination time (6.69%) was observed in seeds subjected to moist chilling at 4°C for 6 days. However, this treatment resulted in lower germination percentage, mean germination rate, germination speed, germination rate index, and germination index compared to the control. Regarding seedling growth, the longest root length (11.27 cm) and highest fresh root weight (0.84 g) were observed in seedlings from seeds treated with 75% sulfuric acid for 15 minutes. The longest shoot length (10.88 cm) was recorded in seedlings from seeds treated with hot water at 96°C for 2 minutes. The highest fresh shoot weight (1.41 g) and dry shoot weight (0.01 g) were observed in seedlings from seeds treated with 50% sulfuric acid for 15 minutes, while the highest dry root weight (0.08 g) was found in seedlings from seeds treated with boiling water at 96°C for 1 minute. The study revealed that *S. alopecuroides* seeds have physical dormancy, which is common in the Fabaceae family. The effectiveness of sulfuric acid treatment in breaking seed dormancy can be attributed to its ability to scarify the hard seed coat, allowing water and oxygen to reach the embryo. The optimal temperature for germination was found to be 25°C, which is consistent with previous studies. Interestingly, cold stratification was not effective in breaking dormancy, likely due to its inability to degrade the chemical compounds in the seed coat. The varying effects of sulfuric acid treatment on seed germination depend on factors such as seed type, specific characteristics of the seed coat, type of dormancy, and the concentration and duration of the treatment. For *S. alopecuroides*, a 15-minute treatment with 75% sulfuric acid proved to be the most effective in promoting germination and early seedling growth.

Conclusion

This study provides valuable insights into breaking seed dormancy and improving germination rates of *S. alopecuroides*, a medicinally important plant facing the risk of extinction. The findings demonstrate that treating seeds with 75% sulfuric acid for 15 minutes is the most effective method for breaking dormancy and promoting germination. This treatment not only increased germination percentage but also improved various germination indices and early seedling growth parameters. The results of this study have important implications for the conservation and cultivation of *S. alopecuroides*. By optimizing germination conditions, it becomes possible to produce a larger number of seedlings for reintroduction into natural habitats or for cultivation as a medicinal crop. This could contribute to the conservation of the species and ensure a sustainable supply of this valuable medicinal plant. Future research could focus on investigating the physiological and biochemical changes occurring in the seeds during dormancy breaking and germination processes. Additionally, field studies to assess the performance of pre-treated seeds under various environmental conditions would be beneficial for developing practical cultivation strategies for *S. alopecuroides*.



نشریه علوم و فناوری بذر ایران



ISSN: 2588-4638

مقاله پژوهشی

اثر تیمارهای مختلف شکست خواب بر جوانه‌زنی بذر تلخیان (*Sophora alopecuroides* L.)

هادی کلانتری خلیل‌آباد^۱، علی ایزدی دربندی^{۲*}، اردشیر قادری^۳، سید احمد سادات نوری^۴،
محمدرضا لبافی^۵، مریم اهوازی^۶

۱. دانشجوی دکتری، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۲. دانشیار، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۳. استادیار پژوهش، مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی، ایران.
۴. استاد، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۰۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۱/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۱۵

واژه‌های کلیدی:

اسیدسولفوریک،

پیش تیمار بذر،

پیش سرمادهی،

خواب بذر

نویسنده مسئول:

aizady@ut.ac.ir

تیره نیام‌داران دارای خواب بذر هستند که یک سازگاری تکاملی است که از جوانه‌زدن بذر در شرایط نامساعد اکولوژیک جلوگیری کرده و اهمیت زیادی در حفظ گونه‌های گیاهی دارد. به منظور بررسی اثر عوامل مختلف مکانیکی، هورمونی و فیزیکی بر شکست خواب بذر تلخیان، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. تیمارها شامل اسیدجیرلیک، اسیدسولفوریک، آب‌داغ و سرمای ۴ درجه سلسیوس در دوره‌های زمانی مختلف بودند. نتایج نشان داد در مقایسه با جوانه‌زنی بسیار کم بذرهای تیمار نشده (۰ تا ۵۳ درصد)، کاربرد غلظت ۷۵ درصد اسید سولفوریک به مدت ۱۵ دقیقه، درصد جوانه‌زنی (۹۵/۵ درصد) و رشد اولیه گیاهچه را بهبود داد. درصد جوانه‌زنی (۹۳ درصد) در تیمار با آب‌داغ نسبت به نمونه شاهد (۵۶ درصد)، معنی‌دار شد. تیمارهای آب‌داغ و اسید سولفوریک می‌توانند خواب بذر را در تلخیان رفع کنند. با توجه به شکست خواب بذر تلخیان در تیمارهای مورد آزمایش، می‌توان نتیجه گرفت که خواب بذر تلخیان از نوع مکانیکی و مربوط به خواص فیزیکی پوسته بذر می‌باشد.

نحوه استناد به این مقاله:

Kalantari Khalilabad, H., Izadi Darbandi, A., Qaderi, A., Sadat Noori, S.A., Labbafi, M., & Ahvazi, M. (2025). The Effect of Different Dormancy Breaking Treatments on Germination of Sophora Seeds (*Sophora alopecuroides* L.). *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 14 (1), 17-31. <https://doi.org/10.22092/ijssst.2024.364188.1508>

مقدمه

گیاه تلخ‌بیان (*Sophora*) متعلق به خانواده بقولات (*Fabaceae*)، گیاهی چندساله است که تاکنون در جهان ۳۱۴ گونه برای این جنس گزارش شده است که از این میان ۷۷ گونه دارای نام علمی پذیرفته شده هستند (Muosavi et al., 2014. The Plant List., 2013). سه گونه *Sophora mollis* (Royle) Baker، *S. alopecuroides* L. و *S. pachycarpa* C.A.Mey. و هیبرید *S. pachycarpa* × *S. alopecuroides* در ایران وجود دارد. این گیاه و اجزای فعال آن دارای طیف وسیعی از فعالیت‌های دارویی مانند ضد سرطان، ضد ویروس، ضد التهاب، ضد میکروب، ضد درد و محافظت کننده عصبی و همچنین خواص محافظتی در برابر فیروز ریوی و تکثیر فیروبلست قلبی هستند. مطالعه در ترکیب شیمیایی تلخ‌بیان (عصاره متانولی ریشه) حضور آلکالوئیدهای کوئینولیزیدین، فلاونوئیدها و گلوکوزیدهای استروئیدی را نشان داده (Muosavi et al., 2014) که می‌توانند چشم اندازهایی برای توسعه داروهای جدید برای سرطان و برخی بیماری‌های مزمن باشند (Deng et al., 2020). همه این عوامل، تلخ‌بیان را در جایگاه ویژه‌ای در بین گیاهان مختلف آلکالوئیدی قرار می‌دهد. خواب بذر به عنوان عدم جوانه‌زنی کامل بذر سالم در شرایط مساعد تعریف و توسط عوامل محیطی متعددی مانند نور، دما و مدت زمان نگهداری بذر (پس از رسیدن) کنترل می‌شود. پیدایش خواب و عدم جوانه‌زنی بذر در اثر برهمکنش عواملی نظیر بنیه رشدی جنین و محدودیت‌های اعمال شده از طرف بافت‌های اطراف آن تعیین می‌گردد (Koornneef et al., 2002). به بیان کامل‌تر، توقف موقت رشد در هر ساختار گیاهی در اثر عوامل درونی یا بیرونی را خفتگی یا خواب بذر گویند (Benech-Arnold et al., 1991) که به خواب فیزیکی و فیزیولوژیک تقسیم می‌شود. خواب فیزیکی بذر به سبب نفوذناپذیر بودن و مقاومت‌های مکانیکی پوشش‌های بذر (hard seed) یا میوه ایجاد می‌شود. در این حالت بذر قادر به ایجاد تبادل اکسیژن و رطوبت با محیط نیست. این شکل از خواب بیشتر در خانواده بقولات مشاهده شده است. خواب فیزیولوژیک بذر در اثر وجود بازدارنده‌های جوانه‌زنی در پوشش بذر یا جنین به وقوع می‌پیوندد. علاوه بر این، نوع ساختمان پوشش جنین، آندوسپرم،

پوسته بذر و دیواره میوه‌های غیرشکوفای ممکن است در جلوگیری از جوانه‌زنی نقش داشته باشند (Baskin & Baskin, 1998). طول دوره خفتگی و شرایط بهینه جوانه‌زنی بذر به ساختار ژنتیکی و اقلیمی که گیاه مادری در آن رشد یافته است بستگی زیادی دارد (Balouchi et al., 2008. Bewley et al., 2012).

تلخ‌بیان بنا به دلایلی از قبیل مبارزه با آن به عنوان علف هرز مزارع و پاکسازی بیش از حد از زیستگاه‌های طبیعی و عدم توجه کافی به کشت و اهلی‌سازی به عنوان گیاه دارویی، در معرض خطر نابودی در آینده‌ای نه چندان دور قرار دارد. با توجه به قدرت پایین جوانه‌زنی، اولین قدم برای اهلی‌سازی این گیاه، تقویت جوانه‌زنی بذر آن است (Mehrabi, 2019). از طرف دیگر گیاهان دارویی و خودرو با پدیده خواب بذر مواجه هستند که این امر بقای گیاه را در شرایط نامساعد محیطی تضمین می‌کند. این پدیده طبیعی برای بذرهای این گیاهان یک مزیت بوم شناختی محسوب شده و بذر را تا مساعد شدن شرایط محیطی لازم برای استقرار و جوانه‌زنی، حفظ می‌کند. با این حال، درصد جوانه‌زنی پایین بذر از مشکلات عمده مؤثر در تولید این گونه محسوب می‌شود (Baskin et al., 2002).

نتایج تحقیقات انجام شده نشان داده است که خواب بذر تیره بقولات اغلب به دلیل پوسته سخت بوده (Baskin, 2004) و برطرف کردن خواب آن با استفاده از تیمارهای مختلف مکانیکی و هورمونی نظیر خراشدهی فیزیکی، تیمار با اسید سولفوریک، و غیره انجام می‌شود (Bayat et al., 2016; Cavallaro et al., 2021; Dayrell et al., 2015). به عنوان مثال، Shao et al. (2010) تأثیر غلظت‌های مختلف اسید سولفوریک، اسیدجیرلیک، دماهای مختلف آب و خراش دهی را بر روی شکست خواب بذر گیاه تلخ‌بیان (*Sophora davidii*) مورد بررسی قرار دادند. نتایج به دست آمده نشان داد که اسید سولفوریک غلیظ (۹۸٪) به مدت ۳۰ دقیقه جوانه‌زنی بذر و سبز شدن گیاهچه را افزایش می‌دهد. درصد جوانه‌زنی بذرهای غوطه ور در آب در دمای اتاق به مدت ۲۴ ساعت (شاهد) کمتر از ۱۰ درصد بود که نشان می‌دهد تقریباً ۹۰ درصد بذر در خواب هستند. تیمار با اسیدجیرلیک تأثیری در جوانه‌زنی بذر و سبز شدن گیاهچه نداشت. تیمار سایش با کاغذ سنباده در جوانه‌زنی بذر و سبز شدن گیاهچه بسیار مؤثر بود.

خانواده بقولات که دارای سازوکار خواب بذر هستند، کاربرد تیمارهای فیزیکی و هورمونی مختلف منجر به افزایش درصد جوانه‌زنی خواهد شد. بنابراین در بخش اول این پژوهش با هدف بررسی پاسخ جوانه‌زنی بذر تلخیان نسبت به اعمال تیمارهای مختلف، پیش تیمار با اسیدسولفوریک، اسیدجیرلیک و آب داغ انجام شد. در بخش دوم طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه، وزن خشک و تر ساقه‌چه و وزن خشک و تر ریشه‌چه اندازه‌گیری شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر برخی تیمارهای هورمونی، فیزیکی و مکانیکی بر شکست خواب، جوانه‌زنی بذر و خصوصیات ساقه‌چه و ریشه‌چه تلخیان، آزمایشی در سال ۱۴۰۱ در آزمایشگاه دانشکده‌گان ابوریحان دانشگاه تهران و پژوهشکده گیاهان دارویی جهاددانشگاهی انجام گرفت. برای اجرای این آزمایش، گیاه تلخیان از رویشگاه طبیعی استان کرمان (منطقه شهر بابک بخش راویز) با اقلیم نیمه بیابانی معتدل کوهستانی با میزان بارندگی ۱۲۰ تا ۱۴۰ میلیمتر جمع‌آوری و به آزمایشگاه هرباریوم پژوهشکده گیاهان دارویی جهاددانشگاهی منتقل شد. گیاه جمع‌آوری شده شناسایی و کد هرباریوم به آن اختصاص یافت (جدول شماره ۱). سپس بذرها از غلاف جداسازی و به آزمایشگاه بذر منتقل شدند.

بنابراین تیمارهای مکانیکی می‌توانند خواب فیزیکی ناشی از پوشش‌های سخت بذر را که مانع از جذب اکسیژن و آب دانه‌ها می‌شوند از بین ببرند (Shao et al., 2010). در تحقیقات دیگر مشاهده گردید که وجود رطوب و دمای بالاتر از ۵۰ درجه سلسیوس تأثیر بسزایی در شکست خواب و افزایش جوانه‌زنی بذر *S. alopecuroides* دارد (Yang et al., 2021). در تحقیقات مشابه مشخص گردید که حداکثر جوانه‌زنی بذر *S. alopecuroides* (۸۰ درصد) در دمای ۲۵ درجه سلسیوس رخ داد و در دماهای پایین‌تر (کمتر از ۱ درجه در ۵ درجه سلسیوس) کاهش یافت (Nosrati et al., 2018).

مشخص گردید تیمار بذره‌های *S. alopecuroides* با استفاده از اسیدسولفوریک ۹۰ درصد به مدت ۷۰ دقیقه، جوانه‌زنی بذر را به میزان ۷۷.۹۴ درصد افزایش داد (Wang et al., 2010). همچنین نتایج آزمایش انجام شده بر روی پنج ژنوتیپ خرنوب نشان داد که در مقایسه با جوانه‌زنی بسیار کم بذره‌های تیمار نشده (۰ تا ۱۳ درصد جوانه‌زنی)، اسیدسولفوریک (۹۳ تا ۱۰۰ درصد جوانه‌زنی) و خیساندن در آب ۹۰ درجه سلسیوس (۷۲ تا ۹۰ درصد) بر جوانه‌زنی بذر گیاه خرنوب موثر بودند (Cavallaro et al., 2021). براساس نتایج تحقیقات مختلف برای جوانه‌زنی بهتر گیاهان

جدول ۱- منطقه جمع‌آوری بذر تلخیان (*Sophora alopecuroides*)

Table 1- Areas of collection of *Sophora alopecuroides* seeds

استان (province)	شهر / منطقه (City / Region)	کد هرباریوم (Herbarium code)
کرمان (Kerman)	شهر بابک / راویز (Shahrbabak/Raviz)	768(IMPH)

قرار داده شد. برای تأمین رطوبت مورد نیاز بذرها، حدود پنج میلی لیتر آب مقطر به پتری‌ها اضافه شد. بعد از اعمال هر تیمار، بذرها به مدت ۱۵ روز در اتاقک رشد با شرایط نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی و دمای ۲۵ درجه سلسیوس قرار گرفتند (Nosrati et al., 2017). بررسی و شمارش تعداد بذره‌های جوانه‌زده از روز بعد از کاشت به صورت روزانه انجام شد. بذرهایی جوانه‌زده محسوب شدند که طول ریشه‌چه بیش از دو میلی‌متر بود (Odoemena et al., 1998).

آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. جهت شکست خواب بذرها از تیمارهای مکانیکی (اسیدسولفوریک)، هورمونی (اسیدجیرلیک) و فیزیکی (آب جوش و سرمادهی مرطوب) استفاده شد که ترکیب تیمارها در جدول شماره ۲ آورده شده است. از پتری‌های ۱۰ سانتی‌متری و کاغذ صافی شماره یک به عنوان بستر استفاده شد و پس از ضدعفونی بذرها به مدت ۱۰ دقیقه با محلول هیپوکلریت سدیم ۲/۵ درصد (Odoemena et al., 1998)، ۳۰ بذر در هر پتری

جدول ۲- تیمارهای آزمایشی شکست خواب بذر تلخ‌بیان (*Sophora alopecuroides*)
 Table2- *Sophora alopecuroides* seed dormancy breaking treatments

ردیف (Row)	تیمارها (treatments)
1	اسید سولفوریک ۵۰ درصد به مدت ۱۵ دقیقه (50% sulfuric acid for 15 minutes)
2	اسید سولفوریک ۵۰ درصد به مدت ۲۰ دقیقه (50% sulfuric acid for 20 minutes)
3	اسید سولفوریک ۷۵ درصد به مدت ۱۵ دقیقه (75% sulfuric acid for 15 minutes)
4	اسید سولفوریک ۷۵ درصد به مدت ۲۰ دقیقه (75% sulfuric acid for 20 minutes)
5	اسید سولفوریک ۹۸ درصد به مدت ۱۵ دقیقه (98% sulfuric acid for 15 minutes)
6	اسید سولفوریک ۹۸ درصد به مدت ۲۰ دقیقه (98% sulfuric acid for 20 minutes)
7	آب جوش ۷۶ درجه سلسیوس به مدت ۱ دقیقه (Boiling water 76 degrees Celsius for 1 minute)
8	آب جوش ۷۶ درجه سلسیوس به مدت ۲ دقیقه (Boiling water 76 degrees Celsius for 2 minute)
9	آب جوش ۸۶ درجه سلسیوس به مدت ۱ دقیقه (Boiling water 86 degrees Celsius for 1 minute)
10	آب جوش ۸۶ درجه سلسیوس به مدت ۲ دقیقه (Boiling water 86 degrees Celsius for 2 minute)
11	آب جوش ۹۶ درجه سلسیوس به مدت ۱ دقیقه (Boiling water 96 degrees Celsius for 1 minute)
12	آب جوش ۹۶ درجه سلسیوس به مدت ۲ دقیقه (Boiling water 96 degrees Celsius for 2 minute)
13	سرمادهی مرطوب در دمای ۴ درجه سلسیوس به مدت ۳ روز (Wet cooling at 4 degrees Celsius for 3 days)
14	سرمادهی مرطوب در دمای ۴ درجه سلسیوس به مدت ۴ روز (Wet cooling at 4 degrees Celsius for 4 days)
15	سرمادهی مرطوب در دمای ۴ درجه سلسیوس به مدت ۵ روز (Wet cooling at 4 degrees Celsius for 5 days)
16	سرمادهی مرطوب در دمای ۴ درجه سلسیوس به مدت ۶ روز (Wet cooling at 4 degrees Celsius for 6 days)
17	سرمادهی مرطوب در دمای ۴ درجه سلسیوس به مدت ۷ روز (Wet cooling at 4 degrees Celsius for 7 days)
18	اسیدجیبرلیک با غلظت ۱۰۰ppm Gibberellic acid 100 ppm
19	اسیدجیبرلیک با غلظت ۲۰۰ppm Gibberellic acid 200 ppm
20	اسیدجیبرلیک با غلظت ۳۰۰ppm Gibberellic acid 300 ppm
21	اسیدجیبرلیک با غلظت ۴۰۰ppm Gibberellic acid 400 ppm
22	اسیدجیبرلیک با غلظت ۵۰۰ppm Gibberellic acid 500 ppm
23	شاهد در آب مقطر و دمای اتاق (Control in distilled water and room temperature)

جوانه‌زنی را نسبت به متوسط زمان جوانه‌زنی توضیح می‌دهد، در حالی که مقادیر بالاتر نشان دهنده جوانه‌زنی نامنظم‌تر است (Delac et al., 2018; Kucera et al., 2005).

$$\text{رابطه ۶: متوسط سرعت جوانه‌زنی} \quad \text{MGR} = \frac{1}{t}$$

متوسط سرعت جوانه‌زنی به عنوان متقابل متوسط زمان جوانه‌زنی تعریف می‌شود (Delac et al., 2018; Labouriau et al., 1983).

$$\text{رابطه ۷: سرعت جوانه‌زنی} \quad \text{GSP} = \left(\frac{1}{t}\right) 100$$

(Delac et al., 2018; Bayat et al., 2016).

$$\text{رابطه ۸: شاخص سرعت جوانه‌زنی} \quad \text{GRI} = \frac{G_1}{1} + \frac{G_2}{2} + \dots + \frac{G_i}{i}$$

G1 درصد جوانه‌زنی در روز ۱ است، G2 درصد جوانه‌زنی در روز ۲ است.

GRI درصد جوانه‌زنی را در هر روز از دوره جوانه‌زنی نشان می‌دهد. مقادیر بالای GRI نشان دهنده جوانه‌زنی بالاتر و سریع‌تر است (Esechie et al., 1994; Ranal et al., 2009).

رابطه ۹: شاخص جوانه‌زنی

$$\text{GI} = (10 * n_1) + (9 * n_2) + \dots + (1 * n_{10})$$

$n_1, n_2, \dots, n_{10}$ تعداد بذرهای جوانه‌زده در روزهای اول، دوم و بعد تا روز دهم و ۱، ۲، ۱۰، ... وزنی است که به ترتیب به تعداد بذرهای جوانه‌زده در روزهای اول، دوم و بعد از آن داده می‌شود. GI هم بر درصد جوانه‌زنی و هم بر سرعت آن تاکید دارد. مقدار GI بالاتر نشان دهنده درصد و سرعت جوانه‌زنی بالاتر است (Benech-Arnold et al., 1991; Ranal et al., 2009).

رابطه ۱۰: عدم قطعیت فرآیند جوانه‌زنی

$$\text{UNC} = - \sum_{i=1}^k f_i \log_2 f_i$$

f_i : فراوانی نسبی جوانه‌زنی و k : آخرین روز مشاهده (Delac et al., 2018).

داده‌های حاصل جهت تعیین اختلاف آماری بین سطوح عوامل مورد بررسی، از نظر آماری در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد تجزیه و میانگین‌ها ($\pm$ خطای استاندارد) توسط آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD, $P \leq 0.05$) مورد مقایسه قرار گرفتند.

بعد از مدت زمان اعلام شد (۱۵ روز)، طول ساقچه‌چه، طول ریشه‌چه، وزن خشک و تر ساقچه‌چه و وزن خشک و تر ریشه‌چه اندازه‌گیری شد. پس از پایان جوانه‌زنی و آزمایش، آنالیز واریانس و مقایسه میانگین با روش حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) (Funes & Venier, 2006) انجام و شاخص‌های جوانه‌زنی به شرح زیر محاسبه شد:

$$\text{رابطه ۱: درصد جوانه‌زنی نهایی} \quad \text{FGP} = G = \left(\frac{\sum_{i=1}^k n_i}{N}\right) 100$$

n_1 : تعداد بذر جوانه‌زده در زمان یکم N : تعداد کل دانه در هر واحد آزمایشی.

هر چه مقدار FGP بیشتر باشد، جوانه‌زنی جمعیت بذر بیشتر می‌شود (Scott et al., 1984; Fox et al., 2012).

$$\text{رابطه ۲: متوسط زمان جوانه‌زنی} \quad \text{MGT} = \frac{\sum_{i=1}^k n_i t_i}{\sum_{i=1}^k n_i}$$

t_i : زمان از شروع آزمایش تا مشاهده یکم n_i : تعداد بذرهای جوانه‌زده در زمان یکم (نه تعداد انباشته شده، بلکه تعداد مربوط به مشاهده یکم) و k : آخرین زمان جوانه‌زنی

هر چه MGT کمتر باشد، جمعیت بذرهای سریع‌تر جوانه می‌زنند (Orchard et al., 1987; Delac et al., 2018).

رابطه ۳: انحراف معیار زمان جوانه‌زنی

$$\text{SDG} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k n_i (t_i - t)^2}{\sum_{i=1}^k n_i - 1}}$$

t_i : زمان از شروع آزمایش تا مشاهده یکم (ساعت، روز یا واحد زمانی دیگر) n_i : تعداد بذرهای جوانه‌زده در زمان یکم (نه تعداد انباشته شده) و k : آخرین زمان مشاهده (Mousavi et al., 2022; Dayrell et al., 2015).

$$\text{رابطه ۴: واریانس زمان جوانه‌زنی} \quad \text{VGT} = \frac{\sum_{i=1}^k n_i (t_i - t)^2}{\sum_{i=1}^k n_i - 1}$$

t : میانگین زمان جوانه‌زنی t_i : زمان بین شروع آزمایش و مشاهده یکم n_i : تعداد بذرهای جوانه‌زده در زمان یکم و k : آخرین زمان جوانه‌زدن.

$$\text{رابطه ۵: ضریب تغییرات زمان جوانه‌زنی} \quad \text{CVT} = \left(\frac{S_t}{t}\right) 100$$

S_t : انحراف معیار زمان جوانه‌زنی و t : متوسط زمان جوانه‌زنی. ضریب تغییرات زمان جوانه‌زنی یکنواختی یا تغییرپذیری

نتایج و بحث

اسید جیبرلیک تأثیر معنی‌داری بر درصد جوانه‌زنی بذر تلخ‌بیان نداشت به این معنی که در هیچ یک از سطوح آزمایش تیمار مذکور جوانه‌زنی مشاهده نشد و به همین علت این تیمار از جریان محاسبات آماری حذف گردید.

جوانه‌زنی

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد درصد جوانه‌زنی تحت تأثیر پیش‌تیمار با اسیدسولفوریک، آب داغ و دما قرار گرفت و در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین درصد جوانه‌زنی (۹۵/۵۵ درصد) گیاه تلخ‌بیان در تیمار اسیدسولفوریک ۷۵ درصد به مدت ۱۵ دقیقه مشاهده گردید (جدول ۴). همچنین کمترین میزان انحراف معیار زمان جوانه‌زنی (۰/۷۷ درصد) (جدول ۴)، کمترین میزان واریانس زمان جوانه‌زنی (۰/۶۱ درصد) (جدول ۴)، کمترین میزان ضریب تغییرات زمان جوانه‌زنی (۲۴/۵۴ درصد) (جدول ۴)، بیشترین میزان متوسط

سرعت جوانه‌زنی (۰/۳۱ درصد) (جدول ۵)، بیشترین میزان سرعت جوانه‌زنی (۳۱/۹۹ درصد) (جدول ۴)، بیشترین شاخص سرعت جوانه‌زنی (۹/۶۹ درصد) (جدول ۵)، بیشترین میزان شاخص جوانه‌زنی (۳۶۹ درصد) (جدول ۵) و کمترین میزان عدم قطعیت جوانه‌زنی (۱/۳۷ درصد) (جدول ۵) در تیمار اسیدسولفوریک ۷۵ درصد به مدت ۱۵ دقیقه مشاهده شد (جدول ۵). همچنین علی‌رغم معنی‌دار شدن درصد جوانه‌زنی در تیمار آب داغ نسبت به نمونه شاهد، این تیمار تأثیر مناسبی در متوسط زمان جوانه‌زنی (جدول ۴) و متوسط سرعت جوانه‌زنی (جدول ۵) نسبت به نمونه شاهد نداشت. بیشترین میزان متوسط زمان جوانه‌زنی (۶/۶۹ درصد) (جدول ۴) در تیمار سرمای ۴ درجه سلسیوس به مدت ۶ روز مشاهده گردید. علی‌رغم معنی‌دار شدن درصد جوانه‌زنی در این تیمار نسبت به نمونه شاهد، میزان درصد جوانه‌زنی (جدول ۴)، متوسط سرعت جوانه‌زنی (جدول ۴)، سرعت جوانه‌زنی (جدول ۵)، شاخص سرعت جوانه‌زنی (جدول ۵) و شاخص جوانه‌زنی (جدول ۵) کمتر از نمونه شاهد بود.

جدول ۳- تجزیه واریانس برای میانگین مربعات صفات مرتبط با جوانه‌زنی بذر تلخ‌بیان

Table 3- Analysis of variance for mean squares traits related to seed germination in Sophora seeds

منابع تغییرات (S.O.V.)	درجه آزادی (df)	درصد جوانه‌زنی نهایی (FGP)	میانگین زمان جوانه‌زنی (MGT)	انحراف معیار زمان جوانه‌زنی (SDG)	واریانس زمان جوانه‌زنی (VGT)	ضریب تغییرات زمان جوانه‌زنی (CVT)	میانگین سرعت جوانه‌زنی (MGR)	سرعت جوانه‌زنی (GSP)	شاخص سرعت جوانه‌زنی (GRI)	شاخص جوانه‌زنی (GI)	عدم قطعیت جوانه‌زنی (UNC)
میانگین مربعات (Mean square)											
تیمار (Treatment)	17	208106**	3.04**	1.86**	36.85**	310.55**	0.006**	65.08**	21.15**	32039.40**	0.24**
خطا (Error)	36	54.14	0.45	0.32	7.99	119.66	0.001	7.43	0.66	742.54	0.09
ضریب تغییرات (درصد) (Cv%)	—	11.46	14.71	27.84	56.50	25.31	11.71	11.69	14.93	12.01	14.91

** significant at $p < 5$, respectively

** سطح احتمال ۵ درصد

FGP: Final germination percentage or Germinability
SDG: Standard deviation of the germination time
CVT: Coefficient of variation of the germination time
GSP: Germination speed
GI: Germination speed
FGP: Final germination percentage or Germinability
SDG: Standard deviation of the germination time
CVT: Coefficient of variation of the germination time

MGT: Mean germination Time
VGT: Variance of germination time
MGR: Mean germination rate
GRI: Germination rate index
UNC: Uncertainty of the germination process
MGT: Mean germination Time
VGT: Variance of germination time

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر تیمارهای آب داغ، اسید سولفوریک و سرمای مرطوب بر جوانه‌زنی بذر تلخ‌بیان

Table 4- Comparison of the mean effect of boil hot water, sulfuric acid and stratification in Sophora seeds (Mean±SE)

ضرب تغییرات زمان جوانه‌زنی (روز) (CVT) (day)	واریانس زمان جوانه‌زنی (روز) (VGT) (day)	انحراف معیار زمان جوانه‌زنی (روز) (SDG) (day)	میانگین زمان جوانه‌زنی (روز) (MGT) (day)	درصد جوانه‌زنی نهایی (درصد) (FGP) (%)	شاهد
49.90±6.60 ^{abcd}	5.73±2.01 ^{bcdefg}	2.28±0.41 ^{bcde}	4.51±0.22 ^{bcde}	56.66±4.16 ^{de}	(Control)
39.53±5.03 ^{bcde}	2.98±0.79 ^{defg}	1.67±0.24 ^{cdefg}	4.2±0.09 ^{cdef}	68.88±2.40 ^{cd}	آب داغ ۷۶ درجه سلسیوس به مدت یک دقیقه (Boiling water 76 degrees Celsius for 1 minute)
54.28±7.66 ^{abc}	7.37±2.51 ^{bcd}	2.58±0.49 ^{bc}	4.65±0.25 ^{bcd}	52.22±5.05 ^e	آب داغ ۷۶ درجه سلسیوس به مدت دو دقیقه (Boiling water 76 degrees Celsius for 2 minute)
31.43±3.96 ^{de}	1.52±0.43 ^{efg}	1.20±0.17 ^{efg}	3.79±0.07 ^{cdef}	93.33±1.57 ^a	آب داغ ۸۶ درجه سلسیوس به مدت یک دقیقه (Boiling water 86 degrees Celsius for 1 minute)
42.15±4.55 ^{abcde}	3.04±0.50 ^{defg}	1.72±0.14 ^{cdefg}	4.13±0.11 ^{cdef}	87.77±2.40 ^a	آب داغ ۸۶ درجه سلسیوس به مدت دو دقیقه (Boiling water 86 degrees Celsius for 2 minute)
37.75±3.57 ^{bcde}	2.54±0.56 ^{defg}	1.56±0.17 ^{cdefg}	4.14±0.09 ^{cdef}	86.66±4.16 ^a	آب ۹۶ درجه سلسیوس به مدت یک دقیقه (Boiling water 96 degrees Celsius for 1 minute)
34.27±2.19 ^{cde}	2.54±0.64 ^{defg}	1.56±0.19 ^{cdefg}	4.50±0.28 ^{bcde}	88.88±2.40 ^a	آب داغ ۹۶ درجه سلسیوس به مدت دو دقیقه (Boiling water 96 degrees Celsius for 2 minute)
49.35±1.97 ^{abcd}	3.96±0.18 ^{cdefg}	1.98±0.05 ^{bcdef}	4.03±0.08 ^{cdef}	73.33±2.72 ^{bc}	اسید سولفوریک ۵۰ درصد ۱۵ دقیقه (50% sulfuric acid for 15 minutes)
32.47±3.78 ^{cde}	1.22±0.34 ^{fg}	1.07±0.15 ^{fg}	3.28±0.08 ^{ef}	88.88±3.27 ^a	اسید سولفوریک ۵۰ درصد ۲۰ دقیقه (50% sulfuric acid for 20 minutes)
24.54±1.78 ^e	0.61±0.11 ^g	0.77±0.07 ^g	3.12±0.06 ^f	95.55±1.81 ^a	اسید سولفوریک ۷۵ درصد ۱۵ دقیقه (75% sulfuric acid for 15 minutes)
39.30±3.02 ^{bcde}	1.83±0.31 ^{defg}	1.33±0.12 ^{defg}	3.39±0.07 ^{def}	90±1.57 ^a	اسید سولفوریک ۷۵ درصد ۲۰ دقیقه (75% sulfuric acid for 20 minutes)
61.84±6.10 ^a	9.79±2.68 ^b	3.01±0.49 ^{ab}	4.80±0.56 ^{bc}	68.88±2.40 ^{cd}	اسید سولفوریک ۹۸ درصد ۱۵ دقیقه (98% sulfuric acid for 15 minutes)
47.52±4.52 ^{abcd}	5.38±1.43 ^{bcdefg}	2.23±0.35 ^{bcde}	4.62±0.38 ^{bcd}	85.55±3.63 ^{ab}	اسید سولفوریک ۹۸ درصد ۲۰ دقیقه (98% sulfuric acid for 20 minutes)
42.67±11.72 ^{abcde}	6.06±1.73 ^{bcdefg}	2.45±0.68 ^{bcd}	5.74±0.48 ^{ab}	38.33±7.75 ^f	دمای ۴ درجه سلسیوس به مدت ۳ روز (Wet cooling at 4 degrees Celsius for 3 days)
40.86±2.22 ^{abcde}	7.10±0.43 ^{bcde}	2.66±0.08 ^{bc}	6.54±0.24 ^a	26.66±4.16 ^{fg}	دمای ۴ درجه سلسیوس به مدت ۴ روز (Wet cooling at 4 degrees Celsius for 4 days)
54.02±3.88 ^{abc}	9.49±1.45 ^{bc}	3.05±0.23 ^{ab}	5.68±0.33 ^{ab}	25.55±2.40 ^{fg}	دمای ۴ درجه سلسیوس به مدت ۵ روز (Wet cooling at 4 degrees Celsius for 5 days)
57.34±2.00 ^{ab}	14.61±1.96 ^a	3.79±0.26 ^a	6.69±0.69 ^a	22.22±7.26 ^g	دمای ۴ درجه سلسیوس به مدت ۶ روز (Wet cooling at 4 degrees Celsius for 6 days)
57.52±15.30 ^{ab}	6.81±1.80 ^{bcdef}	2.53±0.35 ^{bc}	4.97±0.79 ^{bc}	21.66±5.52 ^g	دمای ۴ درجه سلسیوس به مدت ۷ روز (Wet cooling at 4 degrees Celsius for 7 days)

میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد آزمون LSD می‌باشند

اعداد شامل میانگین $\pm$ sd (خطای استاندارد) هستند.

Means that have at least one letter in common have no significant difference at the 5% level of LSD test

Numbers include: Mean $\pm$ sd (standard error).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر تیمارهای آب داغ، اسید سولفوریک و سرمای مرطوب بر جوانه‌زنی بذر تلخ‌بیان

Table 5- Comparison of the mean effect of boil hot water, sulfuric acid and stratification in Sophora seeds (Mean±SE)

عدم قطعیت جوانه‌زنی (بیت) (UNC)(bit)	شاخص جوانه‌زنی (GI)	شاخص سرعت جوانه‌زنی (درصد/روز) (GRI)(percentage/day)	سرعت جوانه‌زنی (تعداد/روز) (GSP) (Number /day)	متوسط سرعت جوانه‌زنی (تعداد/روز) (MGR) (Number/day)	شاهد (Control)
2.26±0.05 ^{abc}	195±13.49 ^{ef}	4.57±0.25 ^f	22.33±1.14 ^{de}	0.22±0.01 ^{de}	(Control)
2.25±0.13 ^{abcd}	243.33±6.87 ^{de}	5.62±0.20 ^{ef}	23.74±0.51 ^d	0.23±0.01 ^d	آب‌داغ ۷۶ درجه سلسیوس به مدت یک دقیقه (Boiling water 76 degrees Celsius for 1 minute)
2.17±0.07 ^{abcd}	177.66±17.09 ^f	4.25±0.45 ^f	21.69±1.17 ^{de}	0.21±0.01 ^{de}	آب‌داغ ۷۶ درجه سلسیوس به مدت دو دقیقه (Boiling water 76 degrees Celsius for 2 minute)
1.90±0.07 ^{abcde}	341.66±6.87 ^{ab}	8.14±0.26 ^{bc}	26.35±0.51 ^{bcd}	0.26±0.01 ^{bcd}	آب‌داغ ۸۶ درجه سلسیوس به مدت یک دقیقه (Boiling water 86 degrees Celsius for 1 minute)
1.79±0.05 ^{cde}	312.33±7.22 ^{bc}	7.25±0.20 ^{cd}	24.23±0.64 ^d	0.24±0.01 ^d	آب‌داغ ۸۶ درجه سلسیوس به مدت دو دقیقه (Boiling water 86 degrees Celsius for 2 minute)
2.00±0.06 ^{abcd}	308±12.57 ^{bc}	7.036±0.22 ^{cde}	24.18±0.56 ^d	0.24±0.01 ^d	آب‌داغ ۹۶ درجه سلسیوس به مدت یک دقیقه (Boiling water 96 degrees Celsius for 1 minute)
2.14±0.13 ^{abcd}	306.33±8.97 ^{bc}	6.77±0.35 ^{cde}	22.45±1.39 ^{de}	0.22±0.01 ^{de}	آب‌داغ ۹۶ درجه سلسیوس به مدت دو دقیقه (Boiling water 96 degrees Celsius for 2 minute)
2.06±0.07 ^{abcd}	263.33±11.70 ^{cd}	6.33±0.40 ^{de}	24.78±0.53 ^{cd}	0.24±0.01 ^{cd}	اسیدسولفوریک ۵۰ درصد ۱۵ دقیقه (50% sulfuric acid for 15 minutes)
1.65±0.05 ^{de}	339.33±13.87 ^{ab}	8.83±0.40 ^{ab}	30.54±0.71 ^{ab}	0.30±0.01 ^{ab}	اسیدسولفوریک ۵۰ درصد ۲۰ دقیقه (50% sulfuric acid for 20 minutes)
1.37±0.08 ^e	369±7.93 ^a	9.69±0.26 ^a	31.99±0.64 ^a	0.31±0.01 ^a	اسیدسولفوریک ۷۵ درصد ۱۵ دقیقه (75% sulfuric acid for 15 minutes)
1.69±0.06 ^{cde}	340.33±4.91 ^{ab}	8.82±0.17 ^{ab}	29.51±0.61 ^{abc}	0.29±0.01 ^{abc}	اسیدسولفوریک ۷۵ درصد ۲۰ دقیقه (75% sulfuric acid for 20 minutes)
2.42±0.21 ^{ab}	230.66±8.90 ^{de}	5.71±0.39 ^{def}	21.71±2.58 ^{de}	0.21±0.03 ^{de}	اسیدسولفوریک ۹۸ درصد ۱۵ دقیقه (98% sulfuric acid for 15 minutes)
2.49±0.14 ^a	293±20.68 ^{bc}	6.80±0.71 ^{cde}	22.12±1.96 ^{de}	0.22±0.02 ^{de}	اسیدسولفوریک ۹۸ درصد ۲۰ دقیقه (98% sulfuric acid for 20 minutes)
2.22±0.25 ^{abcd}	118±22.50 ^g	2.43±0.46 ^g	17.41±2.07 ^{ef}	0.17±0.02 ^{ef}	دمای ۴ درجه سلسیوس به مدت ۳ روز (Wet cooling at 4 degrees Celsius for 3 days)
2.098±0.18 ^{abcd}	75.66±11.78 ^{gh}	1.45±0.22 ^g	15.34±0.57 ^f	0.15±0.01 ^f	دمای ۴ درجه سلسیوس به مدت ۴ روز (Wet cooling at 4 degrees Celsius for 4 days)
1.90±0.07 ^{abcde}	79.66±9.66 ^{gh}	1.67±0.24 ^g	17.77±1.10 ^{ef}	0.17±0.01 ^{ef}	دمای ۴ درجه سلسیوس به مدت ۵ روز (Wet cooling at 4 degrees Celsius for 5 days)
1.87±0.31 ^{bcde}	65.66±25.50 ^h	1.52±0.68 ^g	15.41±1.56 ^f	0.15±0.02 ^f	دمای ۴ درجه سلسیوس به مدت ۶ روز (Wet cooling at 4 degrees Celsius for 6 days)
1.93±0.56 ^{abcde}	73.50±20.11 ^{gh}	1.95±0.68 ^g	21.39±4.09 ^{de}	0.21±0.04 ^{de}	دمای ۴ درجه سلسیوس به مدت ۷ روز (Wet cooling at 4 degrees Celsius for 7 days)

میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد آزمون LSD می‌باشند
 اعداد شامل میانگین $\pm$ sd (خطای استاندارد) هستند.

Means that have at least one letter in common have no significant difference at the 5% level of LSD test
 Numbers include: Mean $\pm$ sd (standard error).

گیاهچه

سطح پنج درصد معنی‌دار بود. (جدول ۶)

بیشترین میزان طول ریشه‌چه (۱۱/۲۷ سانتی متر) و وزن تر
 ریشه‌چه (۰/۸۴ گرم) گیاه‌چه تلخ‌بیان در تیمار اسیدسولفوریک

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد طول ساقه‌چه، طول
 ریشه‌چه، وزن تر و خشک ساقه‌چه، وزن تر و خشک ریشه‌چه در

میزان جوانه‌زنی شد. در مورد اثر اسیدسولفوریک بر شکست خواب بذر، به نظر میرسد اثرات متفاوتی بسته به نوع بذر، ویژگی‌های خاص پوشش بذر (Bhatt et al., 2016)، نوع خواب بذر، غلظت و مدت زمان تیمار (Fattahi et al., 2011; Hatami et al., 2019) قابل انتظار باشد. به عنوان مثال، برای بذر خانواده بقولات، مدت زمان ۴۵ تا ۶۰ دقیقه پیش تیمار در اسیدسولفوریک غلیظ بهترین تیمار جهت رسیدن به حداکثر جوانه‌زنی گزارش شده است (Ghadiri & Bagherani, 2000; Mao et al., 2008). در مقابل، در مطالعه واکنش بذرهای تلخیان به زمان تیمار با اسیدسولفوریک، گزارش شد که افزایش مدت زمان تیمار از ۷۰ دقیقه به ۱۲۰ دقیقه، موجب کاهش جوانه‌زنی گردید (Wang et al., 2010). در آزمایش انجام شده با بذرهای خرنوب، با افزایش غلظت اسیدسولفوریک، درصد و سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت به طوری که بیشترین درصد جوانه‌زنی در تیمار شاهد (عدم کاربرد اسیدسولفوریک) و کمترین آن در تیمار ۵۰٪ اسیدسولفوریک به دست آمد. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که اسیدسولفوریک به دلیل آسیب رساندن به جنین و آندوسپرم بذر، اثر متفاوتی در شکستن خواب بذر گونه‌های مختلف دارد (Nosrati et al., 2017; García et al., 2009). آنجا که افزایش زمان تیمار با اسیدسولفوریک از ۱۰ به ۳۰ دقیقه جوانه‌زنی را کاملاً متوقف کرد، زمان زیاد پیش تیمار در این آزمایش، دلیل احتمالی کاهش در میزان جوانه‌زنی در تیمار مدت زمان ۲۰ دقیقه عنوان شد (Van Veldhuizen & Knight, 2006).

۷۵ درصد به مدت ۱۵ دقیقه (جدول ۷) و بیشترین میزان طول ساقه‌چه (۱۰/۸۸ سانتی متر) در تیمار آب داغ ۹۶ درجه سلسیوس به مدت دو دقیقه مشاهده شد (جدول ۷). همچنین بیشترین میزان وزن تر ساقه‌چه (۱/۴۱ گرم)، وزن خشک ساقه‌چه (۰/۰۱ گرم) در تیمار اسید سولفوریک ۵۰ درصد به مدت ۱۵ دقیقه و بیشترین میزان وزن خشک ریشه‌چه (۰/۰۸ گرم) در آب جوش ۹۶ درجه سلسیوس به مدت یک دقیقه مشاهده شد (جدول ۷).

بحث

میزان جوانه‌زنی بذرهای تلخیان در تیمار شاهد در این بررسی و تحقیقات مشابه (Shao et al., 2010) بین ۱۰ تا ۵۶ درصد بود. جوانه‌زنی این گیاه پس از پیش تیمار در این مطالعه و تحقیقات مشابه (Shao et al., 2010. Wang et al., 2010. Wang et al., 2016) تا ۹۵ درصد گزارش شده است. دلیل این اختلاف در جوانه‌زنی در شرایط جوانه‌زنی و تیمارهای مورد استفاده عنوان شد. در این آزمایش، شرایط دمایی مطلوب برای شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاه‌چه تلخیان، دمای ۲۵ درجه سلسیوس بود (Nosrati et al., 2017). در حالیکه، گزارش شده است که سرمادهی به دلیل عدم تخریب مواد شیمیایی موجود در پوسته بذر و عدم جذب آب، کاهش درصد جوانه‌زنی را در پی خواهد داشت (Nosrati et al., 2017) و افزایش دما تا ۵۰ درجه سلسیوس، افزایش درصد جوانه‌زنی را در پی داشته است (Yang et al., 2021). پیش تیمار با اسیدسولفوریک باعث افزایش

جدول ۶- تجزیه واریانس برای میانگین مربعات صفات مرتبط با ساقه‌چه و ریشه‌چه گیاه‌چه تلخیان

Table 6- Analysis of variance for mean squares traits related to shoot and root Sophora seedling

منابع تغییرات (SOV)	درجه آزادی (df)	وزن تر ساقه‌چه (Shoot FW)	وزن تر ریشه‌چه (Root FW)	وزن خشک ساقه‌چه (Shoot DW)	وزن خشک ریشه‌چه (Root DW)	طول ساقه‌چه (Length shoot)	طول ریشه‌چه (Length Root)
میانگین مربعات (Mean square)							
تیمار (Treatment)	17	0.317**	0.158**	0.0003**	0.002**	50.68**	45.125**
خطا (Error)	36	0.001	0.001	0.00002	0.00001	0.738	0.462
ضریب تغییرات (درصد) (Cv%)	—	13.14	5.88	16.15	21.52	14.17	11.47

** significant at $p < 5$, respectively

** سطح احتمال ۵ درصد

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر تیمارهای آب داغ، اسید سولفوریک و سرمای مرطوب بر صفات مرتبط با صفات ساقه‌چه و ریشه‌چه گیاهچه تلخ‌بیان

Table 7- Comparison of the mean effect of boil hot water, sulfuric acid and stratification in shoot and root Sophora seedling (Mean±SE)

	وزن خشک ساقه‌چه (گرم)	وزن خشک ریشه‌چه (گرم)	وزن تر ساقه‌چه (گرم)	وزن تر ریشه‌چه (گرم)	طول ساقه‌چه (سانتی‌متر)	طول ریشه‌چه (سانتی‌متر)
	(Shoot DW) (g)	(Root DW) (g)	(Shoot FW) (g)	(Root FW) (g)	(Length shoot) (cm)	(Length Root) (cm)
شاهد (Control)	0.0143±0.00273 ^{efgh}	0.0073±0.00309 ^{ef}	0.0577±0.0000 ^f	0.016±0.00115 ⁱ	1.0533±.4333 ^e	0.7567±0.05840 ^f
آب‌داغ ۷۶ درجه سلسیوس به مدت یک دقیقه (Boiling water 76 degrees Celsius for 1 minute)	0.072±0.00400 ^b	0.027±0.00150 ^d	0.126±0.00700 ^e	0.45±0.02500 ^c	8.9967±0.59468 ^{bc}	0.7533±0.28916 ^b
آب‌داغ ۷۶ درجه سلسیوس به مدت دو دقیقه (Boiling water 76 degrees Celsius for 2 minute)	0.0113±0.00074 ^{fghi}	0.06±0.00397 ^b	0.08±0.00529 ^{ef}	0.0733±0.00485 ^{gh}	6.08±0.54501 ^d	7.8067±0.41862 ^{de}
آب‌داغ ۸۶ درجه سلسیوس به مدت یک دقیقه (Boiling water 86 degrees Celsius for 1 minute)	0.073±0.00400 ^b	0.0037±0.00020 ^f	0.4258±0.02333 ^b	0.1095±0.00600 ^{fg}	8.0867±0.74418 ^c	7.123±0.23720 ^{de}
آب‌داغ ۸۶ درجه سلسیوس به مدت دو دقیقه (Boiling water 86 degrees Celsius for 2 minute)	0.0217±0.00088 ^e	0.0505±0.00206 ^c	0.0288±0.00118 ^f	0.5777±0.02352 ^b	7.55±0.89030 ^c	6.65±0.59431 ^e
آب‌داغ ۹۶ درجه سلسیوس به مدت یک دقیقه (Boiling water 96 degrees Celsius for 1 minute)	0.0335±0.00200 ^{cd}	<u>0.0893±0.00533^a</u>	0.3908±0.02333 ^b	0.1117±0.00667 ^{fg}	9.12±0.69419 ^{bc}	9.41±0.16166 ^{bc}
آب‌داغ ۹۶ درجه سلسیوس به مدت دو دقیقه (Boiling water 96 degrees Celsius for 2 minute)	0.0298±0.00037 ^d	0.0044±0.00003 ^{ef}	0.3248±0.00430 ^c	0.0894±0.00117 ^{gh}	<u>10.88±0.96464^a</u>	7.9033±0.15169 ^d
اسیدسولفوریک ۵۰ درصد ۱۵ دقیقه (50% sulfuric acid for 15 minutes)	<u>0.0122±0.00529^a</u>	0.0203±0.00088 ^d	<u>1.4113±0.05055^a</u>	0.2033±0.00882 ^a	7.7033±0.25392 ^c	7.93±0.58774 ^d
اسیدسولفوریک ۵۰ درصد ۲۰ دقیقه (50% sulfuric acid for 20 minutes)	0.0096±0.00000 ^{ghij}	0.024±0.00000 ^d	0.312±0.00000 ^c	0.096±0.00000 ^{fg}	10.35±0.30501 ^{ab}	10.19±0.53019 ^{ab}
اسیدسولفوریک ۷۵ درصد ۱۵ دقیقه (75% sulfuric acid for 15 minutes)	0.0072±0.00030 ^{hij}	0.0048±0.00020 ^{ef}	0.024±0.01000 ^d	<u>0.84±0.03500^a</u>	8.9997±0.30417 ^{bc}	<u>11.2767±0.34892^a</u>
اسیدسولفوریک ۷۵ درصد ۲۰ دقیقه (75% sulfuric acid for 20 minutes)	0.0184±0.00092 ^{ef}	0.0069±0.00035 ^{ef}	0.391±0.01963 ^b	0.115±0.00577 ^f	10.0767±0.52206 ^{ab}	8.2267±0.79108 ^{cd}
اسیدسولفوریک ۹۸ درصد ۱۵ دقیقه (98% sulfuric acid for 15 minutes)	0.0037±0.00013 ^j	0.0075±0.00023 ^{ef}	0.1247±0.00367 ^e	0.2644.71±0.00780 ^d	7.8433±0.43884 ^c	7.1233±0.46427 ^{de}
اسیدسولفوریک ۹۸ درصد ۲۰ دقیقه (98% sulfuric acid for 20 minutes)	0.0157±0.00062 ^{efg}	0.0012±0.00003 ^f	0.2209±0.00823 ^d	0.0552±0.00206 ^b	9.6867±.9635225 ^b	8.3±0.014224 ^{cd}
دمای ۴ درجه سلسیوس به مدت ۳ روز (Wet cooling at 4 degrees Celsius for 3 days)	0.006±0.00306 ^j	0.0003±0.00015 ^f	0.024±0.01222 ^f	0.009±0.00458 ⁱ	0.28±0.14572 ^e	0.5667±0.30179 ^f
دمای ۴ درجه سلسیوس به مدت ۴ روز (Wet cooling at 4 degrees Celsius for 4 days)	0.04±0.00462 ^c	0.0114±0.00517 ^e	0.04±0.00462 ^f	0.015±0.00173 ⁱ	0.5367±0.13094 ^e	0.77±0.20298 ^f
دمای ۴ درجه سلسیوس به مدت ۵ روز (Wet cooling at 4 degrees Celsius for 5 days)	0.0025±0.00029 ^j	0.0002±0.00003 ^f	0.0475±0.00548 ^f	0.0075±0.00087 ⁱ	0.7367±0.14333 ^e	1.15±0.22605 ^f
دمای ۴ درجه سلسیوس به مدت ۶ روز (Wet cooling at 4 degrees Celsius for 6 days)	0.008±0.00306 ^{ghij}	0.0004±0.00015 ^f	0.032±0.01222 ^f	0.012±0.00485 ⁱ	0.73±0.25325 ^e	1.03±0.32512 ^f
دمای ۴ درجه سلسیوس به مدت ۷ روز (Wet cooling at 4 degrees Celsius for 7 days)	0.003±0.00152 ^j	0.0003±0.00015 ^f	0.054±0.02750 ^f	0.015±0.00764 ⁱ	0.43±0.23756 ^e	0.68±0.39260 ^f

میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد آزمون LSD می‌باشند

اعداد شامل میانگین $\pm$ sd (خطای استاندارد) هستند.

Means that have at least one letter in common have no significant difference at the 5% level of LSD test
Numbers include: Mean $\pm$ sd (standard error).

سخت و نسبتاً غیر قابل نفوذ به کار می‌روند. احتمالاً آب‌داغ از طریق از بین بردن مواد شیمیایی موجود در پوسته بذر و رخنه در آن سبب کاهش مقاومت مکانیکی پوسته در برابر خروج گیاهچه و نیز باعث بالا بردن نفوذپذیری پوسته دانه به آب و اکسیژن می‌شوند (Ibrahim & Freat, 2001; Radsarian et al., 2018).

با توجه به اینکه حذف لایه فیزیکی و مواد شیمیایی پوسته بذر توسط پیش‌تیمار با اسید سولفوریک منجر به بهبود جوانه‌زنی شد، میتوان نتیجه گرفت که در صورت وجود خواب در بذرهای تلخ‌بیان، این خواب از نوع مکانیکی است. معمولاً تیمارهای مختلف با آب‌داغ برای تحریک جوانه‌زنی دانه‌هایی با پوسته‌های

طول ساقچه و ریشه، وزن تر و خشک ریشه و ساقه در مطالعه بذرهای *Astragalus gossypinus* در تیمار با اسیدسولفوریک و خراشدهی مورد تأیید قرار گرفته است که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

نتیجه گیری

نتایج آزمایش انجام شده روی بذر تلخیان نشان داد که در مقایسه با جوانه زنی بسیار کم بذرهای تیمار نشده (۰ تا ۵۳ درصد جوانه زنی)، اسیدسولفوریک (۷۳ تا ۹۵/۵ درصد) و خیساندن در آب داغ (۵۲ تا ۹۳ درصد) بر جوانه زنی بذر گیاه تلخیان موثر بودند. آزمایش حاکی از آن بود که تیمار اسیدسولفوریک تأثیر معنی داری بر درصد جوانه زنی داشت و جوانه زنی با کاربرد غلظت ۷۵ درصد اسیدسولفوریک به مدت ۱۵ دقیقه در دمای اتاق درصد جوانه زنی و رشد اولیه گیاهچه را بهبود داد. روند مشاهده شده جوانه زنی در تیمار با آب داغ نیز به طور کلی نسبت به پیش تیمار با اسیدسولفوریک برتری معنی داری نشان نداد اما نسبت به نمونه شاهد، معنی دار شد. بنابراین، به نظر میرسد خواب بذر این گیاه از نوع مکانیکی و سختی پوسته باشد. علاوه بر این، نتایج این آزمایش مشاهدات قابل توجهی را در برتری حدود ۵۳ درصدی در جوانه زنی نشان داد که میتواند در زمینه مطالعات بیشتر در بهبود جوانه زنی و استقرار تلخیان در شرایط آزمایشگاهی، گلخانه و مزرعه مورد توجه قرار گیرد.

تعارض منافع

نویسندگان این مقاله اعلام می دارند که هیچ گونه تعارض منافی در رابطه با نگارش و یا انتشار این مقاله ندارند.

References

- Balouchi, H. R., Modares, S. S., & Bakhtiar, A. Z. (2008). Effective factors on seed dormancy and germination of two annual medics. *Iranian Journal of Biology*, 21(2), 261–270. [In Persian]
- Barbosa, D., Gealdo, M. O., Alvarenga, M., Matovani, E., & Sants, F. D. (2005). Effect of acid scarification and different temperatures on physiological quality of *Strelitzia reginae* seeds. *Revista Brasileira de Sementes*, 27, 71–77. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222005000100009> [In Portuguese]

و به این ترتیب نقش بازدارندگی پوسته در فرآیند جوانه زنی کاهش می یابد. با این وجود افزایش مدت زمان تیمار بذر با آب داغ یا افزایش دمای آب می تواند باعث کاهش درصد جوانه زنی یا ایجاد گیاهچه های غیرطبیعی شود، که دلیل این امر احتمالاً به دلیل آسیب رسیدن به ساختار رویان است.

از آنجا که رشد اولیه و شاخص بنيه گیاهچه از مهمترین شاخص ها برای استقرار سریع و یکنواخت گیاه در مزرعه می باشند، جوانه زنی و رشد سریع در برنامه های اهلی سازی حائز اهمیت فراوانی است. رشد اولیه و بنيه گیاهچه در تیمارهای اسیدسولفوریک و آب داغ به طور قابل توجهی بهبود یافت که این میتواند به دلیل سرعت جوانه زنی بالا و استفاده از انرژی بذر برای رشد اولیه گیاهچه باشد. در مطالعه (Lavoie et al. (2015)، بیشترین طول و بنيه گیاهچه *Mimosa calodendron* در تیمارهای خراشدهی حاصل شد. با توجه به اثر قابل توجه این تیمارها بر شاخص های جوانه زنی، میتوان نتیجه گرفت که بهبود در جوانه زنی میتواند منجر به افزایش طول و بنيه گیاهچه شود.

بر اساس نتایج تجزیه واریانس مشاهده گردید که خصوصیات مورفولوژی گیاهچه شامل طول ریشه چه و ساقچه چه و وزن تر و خشک ریشه چه و ساقچه چه تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفت. بیشترین میزان طول ریشه چه و وزن تر ریشه چه، وزن تر و خشک ساقچه چه در تیمار اسیدسولفوریک و بیشترین میزان طول ساقچه چه و وزن خشک ریشه چه در تیمار آب داغ مشاهده شد که نشان می دهد این دو تیمار به دلیل تخریب زیاد دیواره اسکلییدی پوسته، نسبت به سایر تیمارهای بکار گرفته شده، اجازه ورود آب و اکسیژن را به داخل بذر فراهم و در نتیجه ریشه چه و ساقچه چه از رشد بهتری برخوردار گردیده است. این نتایج با نتایج بدست آمده در بخش جوانه و نتایج آزمایش (Barbosa et al. (2005)، (Chien et al. (2011 و آزمایش (Khaleghi et al. (2009) که نشان دادند بدهای پرنده بهشتی، تمره نندی و آکاسیا تیمار شده با اسیدسولفوریک بالاترین درصد و سرعت جوانه زنی و بهترین گیاهچه را از نظر طول ریشه چه و قدرت دانهال نسبت به سایر تیمارها در پی خواهد داشت مطابقت دارد. همچنین در مطالعه (Mehrabi & Hajinia (2019) افزایش درصد جوانه زنی، افزایش

- Baskin, C. C., & Baskin, J. M. (1998). *Seeds: Ecology, biogeography and evaluation of dormancy and germination*. Academic Press.
- Baskin, C. C., Milberg, P., Andersson, L., & Baskin, J. M. (2004). Germination ecology of seeds of the annual weeds *Capsella bursa-pastoris* and *Descurainia sophia* originating from high northern latitudes. *Weed Research*, 44(1), 60–68. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3180.2003.00373.x>
- Baskin, C. C., Zackrisson, O., & Baskin, J. M. (2002). Role of warm stratification in promoting germination of seeds of *Empetrum hermaphroditum* (Empetraceae), a circumboreal species with a stony endocarp. *American Journal of Botany*, 89(3), 486–493. <https://doi.org/10.3732/ajb.89.3.486>
- Baskin, J. M., Baskin, C. C., & Li, X. (2000). Taxonomy, anatomy and evolution of physical dormancy in seeds. *Plant Species Biology*, 15(2), 139–152. <https://doi.org/10.1046/j.1442-1984.2000.00034.x>
- Bayat, P., Ghobadi, M., Qobadi, M. I., & Mohammadi, G. H. (2016). Evaluation of the ability of standard seed germination test in laboratory conditions to predict the emergence and establishment of chickpea (*Cicer arietinum* L.) seedlings in the field. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 5, 27–38. [In Persian]
- Benech Arnold, R. L., Fenner, M., & Edwards, P. J. (1991). Changes in germinability, ABA content and ABA embryonic sensitivity in developing seeds of *Sorghum bicolor* (L.) Moench induced by water stress during grain filling. *New Phytologist*, 118(2), 339–347. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1991.tb00986.x>
- Benech-Arnold, R. L., Sánchez, R. A., Forcella, F., Kruk, B. C., & Ghersa, C. M. (2000). Environmental control of dormancy in weed seed banks in soil. *Field Crops Research*, 67(2), 105–122. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(00\)00087-3](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(00)00087-3)
- Bewley, J. D., Bradford, K., & Hilhorst, H. (2013). *Seeds: Physiology of development, germination and dormancy* (3rd ed.). Springer Science and Business Media.
- Bhatt, A., Gairola, S., & El-Keblawy, A. A. (2016). Seed colour affects light and temperature requirements during germination in two *Lotus* species (Fabaceae) of the Arabian subtropical deserts. *Revista de Biología Tropical*, 64(2), 483–492. <https://doi.org/10.15517/rbt.v64i2.18575>
- Cavallaro, V., Maucieri, C., Patane, C., Fascella, G., Fascella, A., & Barbera, A. C. (2021). Polyphenols leaching and seed dormancy in carob (*Ceratonia siliqua* L.) in relation to hot water treatment. *Acta Physiologiae Plantarum*, 43, 1–10. <https://doi.org/10.1007/s11738-021-03308-z>
- Chien, C. T., Chen, S. Y., Baskin, J. M., & Baskin, J. C. (2011). Morphophysiological dormancy in seeds of the ANA grade angiosperm *Schisandra arisanensis* (Schisandraceae). *Plant Species Biology*, 26(1), 99–104. <https://doi.org/10.1111/j.1442-1984.2010.00299.x>
- Dayrell, R. L. C., de Jesus Gonçalves-Alvim, S., Negreiros, D., Fernandes, G. W., & Silveira, F. A. O. (2015). Environmental control of seed dormancy and germination of *Mimosa calodendron* (Fabaceae): Implications for ecological restoration of a highly threatened environment. *Brazilian Journal of Botany*, 38, 395–399. <https://doi.org/10.1007/s40415-015-0145-y>
- Delač, D., Gršić, K., Ninčević, T., Carović-Stanko, K., Varga, F., & Grdiša, M. (2018). The influence of hydropriming and osmopriming with KNO₃ on seed germination of Dalmatian pyrethrum (*Tanacetum cinerariifolium* (Trevir.) Sch. Bip.). *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 83(3), 205–211.
- Deng, X., Wang, R., Gao, Q., Wu, X., Han, L., Gao, X., & Bai, C. (2020). *Sophora alopecuroides* L.: An ethnopharmacological, phytochemical, and pharmacological review. *Journal of Ethnopharmacology*, 248, 112172. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2019.112172>
- Esechie, H. A. (1994). Interaction of salinity and temperature on the germination of sorghum. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 172(3), 194–199. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.1994.tb00166.x>
- Fattahi, M., Nazeri, V., Sefidkon, F., Zamani, Z., & Palazon, J. (2011). The effect of pre-sowing treatments and light on seed germination of *Dracocephalum kotschy* Boiss: An endangered medicinal plant in Iran. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 52, 559–566. <https://doi.org/10.1007/s13580-011-0057-0>
- Fox, C. W., Wallin, W. G., Bush, M. L., Czesak, M. E., & Messina, F. J. (2012). Effects of seed beetles on the performance of desert legumes depend on host species, plant stage, and beetle density. *Journal of Arid Environments*, 80, 10–16. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2011.12.008>
- Funes, G., & Venier, P. (2006). Dormancy and germination in three *Acacia* (Fabaceae) species from central Argentina. *Seed Science Research*, 16(1), 77–82. <https://doi.org/10.1079/SSR2005229>
- García, F. J. P. (2009). Germination characteristics and intrapopulation variation in carob (*Ceratonia siliqua* L.) seeds. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 7(2), 398–406. <https://doi.org/10.5424/sjar/2009072-431> [In Spanish]
- Ghadiri, H., & Bagherani, T. N. (2000). Effects of scarification and temperature on germination of licorice (*Glycyrrhiza glabra* L.). *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 2, 257–262. [In Persian]

- Hatami, M., Samadi, M., & Khanizadeh, P. (2019).** Effect of different treatments on breaking seed dormancy and stimulating germination in dragonhead (*Dracocephalum kotschyi* Boiss). *Integrated Research on Disaster Risk*, 26, 918–931. [In Persian]
- Ibrahim, A., & Freat, U. (2001).** The effects of some applications on germination rate of Gelemen clover seeds gathered from natural vegetation in Samsun. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 4(2), 181–183.
- Khaleghi, E., Dehghan, A., & Moalemi, N. (2009).** The effects of sulfuric acid and hot water treatment on the germination indices of tamarind and acacia seeds. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 40, 71–77. [In Persian]
- Koornneef, M., Bentsink, L., & Hilhorst, H. (2002).** Seed dormancy and germination. *Current Opinion in Plant Biology*, 5, 33–36. [https://doi.org/10.1016/S1369-5266\(01\)00219-9](https://doi.org/10.1016/S1369-5266(01)00219-9)
- Kucera, B., Cohn, M. A., & Metzger, G. L. (2005).** Plant hormone interactions during seed dormancy release and germination. *Seed Science Research*, 15, 281–307. <https://doi.org/10.1079/SSR2005218>
- Labouriau, L. G. (1983).** Uma nova linha de pesquisa na fisiologia da germinação das sementes. In *Anais do XXXIV Congresso Nacional de Botânica* (pp. 11–50). SBB.
- Lavoie, J. M., Bare, W., & Bilodeau, M. (2011).** Depolymerization of steam-treated lignin for the production of green chemicals. *Bioresource Technology*, 102(7), 4917–4920. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.01.010>
- Mao, P. S., Wang, Y. H., Wang, X. G., Lian, J. J., & Huang, Y. (2008).** Conditions and stimulation for germination in *Glycyrrhiza uralensis* Fisch seeds. *Agricultural Sciences in China*, 7(12), 1438–1444. [https://doi.org/10.1016/S1671-2927\(08\)60400-9](https://doi.org/10.1016/S1671-2927(08)60400-9)
- Mehrabi, A. A., & Hajinia, S. (2019).** The effect of seed pre-treatments on germination of *Astragalus gossypinus* seed. *Iranian Journal of Seed Research*, 6, 95–113. [In Persian]
- Mousavi, S. M., Omid, H., & Mousavi, S. E. (2022).** The effect of biological pre-treatments on germination, growth, and physiological indices of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) seedlings under natural salinity stress. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 11(1), 131–145. <https://doi.org/10.22092/ijss.2021.355229.1400> [In Persian]
- Musavi, S. H., Motaez, M., Zamiri-Akhlaghi, A., Emami, S. A., & Tayarani-Najaran, Z. (2014).** In vitro evaluation of cytotoxic and apoptogenic properties of *Sophora pachycarpa*. *The IJ Pharmaceutical Research*, 13(2), 665–673.
- Nosratti, I., Amiri, S., Bagheri, A., & Chauhan, B. S. (2018).** Environmental factors affecting seed germination and seedling emergence of foxtail sophora (*Sophora alopecuroides*). *Weed Science*, 66(1), 71–77. <https://doi.org/10.1017/wsc.2017.35>
- Odoemena, C. S. (1988).** Breaking of seed coat dormancy in a medicinal plant *Tetrapleura tetraptera* (Schum. & Thonn.). *The Journal of Agricultural Science*, 111(2), 393–394. <https://doi.org/10.1017/S0021859600083349>
- Orchard, T. J. (1977).** Estimating the parameters of plant seedling emergence. *Seed Science and Technology*, 5, 61–69.
- Radsarian, R., Karamshahi, A. A., Mirzaei, J., & Heidari, M. (2018).** The effect of different chemical and physical treatments on the seed germination of *Crataegus pontica* C. Koch. *Iranian Journal of Seed Research*, 4, 1–12. [In Persian]
- Ranal, M. A., Santana, D. G. D., Ferreira, W. R., & Mendes-Rodrigues, C. (2009).** Calculating germination measurements and organizing spreadsheets. *Brazilian Journal of Botany*, 32, 849–855. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042009000400022>
- Scott, S. J., Jones, R. A., & Williams, W. (1984).** Review of data analysis methods for seed germination. *Crop Science*, 24(6), 1192–1199. <https://doi.org/10.2135/cropsci1984.0011183X0024000600043x>
- Shao, L., Liu, X. Q., Gituru, R. W., Ruan, R., & Chen, L. Q. (2010).** Effect of pretreatment on breaking hard seed dormancy of *Sophora davidii* (Franch.) Skeels, a native Chinese shrub with potential for vegetation restoration in degraded habitats. *Seed Science and Technology*, 38(3), 792–796. <https://doi.org/10.15258/sst.2010.38.3.28>
- The Plant List. (2013). A working list of all plant species. Available online at: <http://www.theplantlist.org/tpl1.1/search?q=Sophora>
- Van Veldhuizen, B., & Knight, C. (2006).** Dragonhead mint *Dracocephalum parviflorum* Nutt. as a potential agronomic crop for Alaska. Agricultural and Forestry Experiment Station, School of Agriculture and Land Resources Management, University of Alaska Fairbanks.
- Wang, J., Lü, B., Xiao, Z., Yan, J., & Zhang, Y. (2010).** Seed characteristics and hard seed broken methods of *Sophora alopecuroides* and *Thermopsis lanceolata*. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 26(1), 406–410.
- Wang, P., Mo, B., Long, Z., Fan, S., Wang, H., & Wang, L. (2016).** Factors affecting seed germination and emergence of *Sophora davidii*. *Industrial Crops and Products*, 87, 261–265. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.04.053>
- Yang, L., Wang, Y., & Hu, X. W. (2021).** Effect of temperature and moisture on physical dormancy release in two populations of *Sophora alopecuroides*. *International Grassland Congress Proceedings*, 2, 613.

