Iranian Journal of Seed Research

Homepage: https://yujs.yu.ac.ir/jisr

ISSN: 2383-1480 (On-Line); 2383-1251 (Print)

Yasouj University

Germination Response and SOD Activity of Two Persian Camelthorn (*Alhagi camelorum*) Populations to Salinity after Seed Scarification

Simin Haghanifar[1], **Marjan Diyanat**[2]✉, **Aidin Hamidi**[3], **Freidoon Ghasemkhan Ghajar**[4], and **Elias Soltani**[5]

1. Ph.D. Student, Department of Agricultural Science and Engineering, SR.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran. Email: siminhaghanifar@gmail.com
2. Corresponding author, Associate Professor of Department of Agricultural Science and Engineering, SR.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran. Email: m.diyanat@iau.ir
3. Associate Professor of Seed and Plant Certification and Registration Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj,, Iran. Email: a.hamidi@spcri.ir
4. Assistant Professor of Department of Agricultural Science and Engineering, SR.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran. Email: ghajarfereidoon@yahoo.com
5. Associate Professor, Department of Agricultural Sciences and Plant Breeding, University of Tehran, Tehran, Iran. Email: elias.soltani@ut.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 06 April 2025
Received in revised form 14 July 2025
Accepted 10 September 2025
Available online 20 March 2026

Keywords:
Germination percentage
Seed hardness
Sodium chloride
Superoxide dismutase

ABSTRACT

Objective: Given the extent of saline lands worldwide, this study aimed to evaluate the tolerance of Persian Camelthorn (*Alhagi camelorum*) to salinity stress during germination and early growth stages following seed hardness removal, to promote its cultivation as a forage plant for livestock.

Method: A factorial experiment was conducted in a completely randomized design with four replications in 2023 at the Seed Analysis Laboratory of the Seed and Plant Certification and Registration Institute. Factors included: (1) seed population (Gorgan and Mashhad), (2) salinity levels (0, 100, and 200 mM NaCl), and (3) seed hardness removal treatments (immersion in 100°C water for 1 minute and concentrated sulfuric acid for 35 minutes). Germination percentage, mean daily germination time, seedling vigor index, stem length, and superoxide dismutase (SOD) activity were measured.

Results: Salinity stress significantly reduced germination percentage, as well as stem length. Germination indices differed significantly between control and 200 mM treatments. Increasing salinity decreased mean daily germination in all treatments. The highest salinity level reduced stem length by 65% and 44% in the Mashhad population, and 71% and 64% in the Gorgan population, compared to control, respectively. Treatment with 100°C water and 200 mM salinity increased SOD activity by 56.9% in the Mashhad population and 45.4% in the Gorgan population. Sulfuric acid treatment with 200 mM salinity increased SOD activity by 25.4% and 13.0% in Mashhad and Gorgan populations, respectively.

Conclusions: Sulfuric acid treatment for 35 minutes significantly increased germination percentage in both populations compared to 100°C water treatment. The greater increase in SOD activity in the Mashhad population suggests higher salinity tolerance, making it a suitable candidate for cultivation in saline lands.

Cite this article: Haghanifar, S., Diyanat, M., Hamidi, A., Ghasemkhan Ghajar, F., & Soltani, E. (2026). Germination response and SOD activity of two Persian Camelthorn (*Alhagi camelorum*) populations to salinity after seed scarification. *Iranian Journal of Seed Research*, *12*(2), 93-109. http://doi.org/10.66224/yujs.12.2.93

© The Author(s).

Publisher: Yasouj University.

DOI: 10.66224/yujs.12.2.93

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.93]

Highlights

- Sulfuric acid (35 min) and hot water (100°C, 1 min) effectively broke seed dormancy and improved germination.
- The Mashhad population was more salt-tolerant than the Gorgan population.
- Both populations countered salinity through enhanced antioxidant enzyme activity.

Introduction

Seed germination and early seedling growth are the most critical stages in a plant's life cycle (Kafi et al., 2005). Salinity stress adversely affects these stages through osmotic stress, ion toxicity, and oxidative damage (Munns, 2002; Weisany et al., 2012). Over 800 million hectares of land are affected by salinity, causing up to 20% yield losses in irrigated areas (Munns, 2005; Ranjbar et al., 2018). Replacing salt-sensitive crops with salt-tolerant species, such as forage halophytes, is a practical strategy for utilizing saline lands (Pirasteh-Anosheh et al., 2017). Persian Camelthorn (*Alhagi camelorum*), a drought- and salt-tolerant legume native to Iran, has considerable forage potential under saline conditions (Bazoobandi et al., 2006; Ullah et al., 2022). However, limited information exists on its germination and early growth under salinity, partly due to its hard-seeded nature requiring scarification (Sharashy, 2023; Haghanifar et al., 2024). Sulfuric acid and hot water treatments effectively break seed hardness and enhance germination in Alhagi species (Merku et al., 2017; Pirasteh-Anosheh, 2020). Salinity also induces antioxidant responses, particularly superoxide dismutase (SOD) activity, in these plants (Zeng et al., 2008; Ullah et al., 2022). Given the lack of knowledge on salinity tolerance of Iranian A. camelorum populations, this study evaluated germination, morphological traits, and SOD activity in Mashhad and Gorgan populations following seed hardness removal, to identify superior salt-tolerant populations for saline land cultivation.

Method

A factorial experiment in a completely randomized design with four replications was conducted in 2023 at the Seed Analysis Laboratory, Karaj, Iran. Two Persian Camelthorn populations (Mashhad and Gorgan) were exposed to three NaCl levels (0, 100, and 200 mM) and two scarification treatments: hot water (100°C, 1 min) and concentrated sulfuric acid (98%, 35 min). Seeds were surface-sterilized with 10% sodium hypochlorite for 30 seconds, rinsed, and placed in sterilized Petri dishes on Whatman No. 1 filter paper (25 seeds per dish), with 10 mL of NaCl solution added. Dishes were kept at 30°C under a 16/8 h light/dark cycle, with daily weighing and distilled water addition to maintain salt concentrations. Germination (radicle ≥2 mm) was recorded daily. Measured traits included final germination percentage (Maguire, 1962), mean daily germination (Ranal & De Santana, 2006), seed vigor index (Abdul-Baki & Anderson, 1973), stem length, and SOD activity (Ullah et al., 2022). SOD activity was determined by measuring NBT photoreduction inhibition at 560 nm. Data were analyzed using SAS v9.4, with means compared by LSD test ($p \leq 0.05$).

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.93]

Results

Salinity stress significantly reduced germination percentage, as well as stem length ($p < 0.01$). Germination indices differed significantly between the control and 200 mM NaCl treatment, while the 100 mM treatment showed no significant difference from the control. Increasing salinity decreased mean daily germination in all treatments. The highest salinity level (200 mM) reduced stem length by 65% and 44% in the Mashhad population, and 71% and 64% in the Gorgan population, compared to the control, under hot water and sulfuric acid treatments, respectively (Table 4). Sulfuric acid treatment (35 min) significantly increased germination percentage in both populations compared to hot water treatment (1 min), with the Mashhad population showing higher germination (95.11%) than the Gorgan population (93.78%) (Table 2). SOD activity increased with salinity, with the highest increase observed under 200 mM NaCl. Hot water treatment + 200 mM NaCl increased SOD activity by 56.9% in Mashhad and 45.4% in Gorgan populations, while sulfuric acid + 200 mM NaCl increased it by 25.4% and 13.0%, respectively, compared to the control (Table 5). The Mashhad population consistently exhibited greater SOD activity and better germination performance under salinity stress than the Gorgan population.

Conclusions

Sulfuric acid (35 min) was more effective than hot water (100°C, 1 min) in breaking seed hardness and increasing germination in both populations. Salinity reduced germination and growth indices, while SOD activity increased as a defense mechanism. The Mashhad population exhibited higher SOD activity and better performance under salinity, indicating greater tolerance. Thus, the sulfuric acid-treated Mashhad population is recommended for cultivation in saline lands for forage production. Future field studies across salinity levels are suggested.

Author Contributions

All authors contributed equally to the conceptualization of the article and writing of the original and subsequent drafts. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Data Availability Statement

Data available on request from the authors.

Acknowledgements

The authors would like to thank anonymous reviewers for their valuable suggestions in manuscript revision.

Ethical Considerations

The authors avoided data fabrication, falsification, and plagiarism, and any form of misconduct.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.93]

Funding

Financial support for this research was provided by Seed and Plant Certification and Registration Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran.

Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.93]

پژوهش‌های بذر ایران

Homepage: https://yujs.yu.ac.ir/jisr

ISSN: 2383-1480 (On-Line); 2383-1251 (Print)

واکنش جوانه‌زنی و فعالیت سوپراکسید دیسموتاز دو جمعیت خارشتر ایرانی (*Alhagi camelorum*) به شوری پس از رفع سختی بذر

سیمین حقانی‌فر[۱]، مرجان دیانت[۲]✉، آیدین حمیدی[۳]، فریدون قاسم خان قاجار[۴]، و الیاس سلطانی[۵]

۱. دانشجوی دکتری، گروه علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران. رایانامه: siminhaghanifar@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، دانشیار، گروه علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات ، تهران، ایران. رایانامه: m.diyanat@iau.ir

۳. دانشیار، مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی،کرج، ایران. رایانامه: a.hamidi@spcri.ir

۴. استادیار، گروه علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات ، ایران. رایانامه: ghajarfereidoon@yahoo.com

۵. دانشیار، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، دانشکده ابوریحان، دانشگاه تهران، ورامین، ایران. رایانامه: elias.soltani@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۱۷
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۴/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۱۹
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۱۲/۲۹

کلیدواژه‌ها:
درصد جوانه‌زنی
سختی بذر
سوپراکسید دیسموتاز
کلرید سدیم

چکیده

هدف: با توجه به وسعت اراضی شور در جهان، این پژوهش با هدف بررسی تحمل خارشتر ایرانی (*Alhagi camelorum*) به تنش شوری در مرحله جوانه‌زنی و رشد اولیه پس از رفع سختی بذر، به منظور گسترش کشت آن به عنوان گیاه علوفه‌ای انجام شد.

روش پژوهش: آزمایشی فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در سال ۱۴۰۱ در آزمایشگاه تجزیه بذر مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال اجرا شد. عوامل مورد بررسی شامل: (۱) جمعیت بذر (گرگان و مشهد)، (۲) سطوح شوری (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) و (۳) تیمارهای رفع سختی بذر (آب ۱۰۰ درجه سلسیوس به‌مدت ۱ دقیقه و اسیدسولفوریک غلیظ به‌مدت ۳۵ دقیقه) بودند. درصد جوانه‌زنی، متوسط زمان جوانه‌زنی روزانه، شاخص بنیه گیاهچه، طول ساقه‌چه و فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز اندازه‌گیری شدند.

یافته‌ها: تنش شوری درصد جوانه‌زنی و طول ساقه‌چه را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. شاخص‌های جوانه‌زنی در تیمار ۲۰۰ میلی‌مولار نسبت به شاهد تفاوت معنی‌داری نشان دادند. افزایش شوری، متوسط جوانه‌زنی روزانه را در همه تیمارها کاهش داد. بیشترین سطح شوری، طول ساقه‌چه را در جمعیت مشهد به‌ترتیب حدود ۶۵ و ۴۴ درصد و در جمعیت گرگان به‌ترتیب ۷۱ و ۶۴ درصد نسبت به شاهد کاهش داد. تیمار آب ۱۰۰ درجه سلسیوس همراه با تنش ۲۰۰ میلی‌مولار، فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز را در جمعیت مشهد ۵۶/۹ درصد و در جمعیت گرگان ۴۵/۴ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. همچنین تیمار اسیدسولفوریک با تنش ۲۰۰ میلی‌مولار، این فعالیت را در جمعیت مشهد ۲۵/۴ درصد و در جمعیت گرگان ۱۳ درصد افزایش داد.

نتیجه‌گیری: تیمار اسیدسولفوریک به‌مدت ۳۵ دقیقه در هر دو جمعیت، درصد جوانه‌زنی را نسبت به تیمار آب ۱۰۰ درجه سلسیوس به‌طور معنی‌داری افزایش داد. با توجه به افزایش بیشتر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در جمعیت مشهد، می‌توان نتیجه گرفت که این جمعیت تحمل بیشتری به شوری داشته و گزینه مناسب‌تری برای کشت در اراضی شور است.

جنبه‌های نوآوری

- اسیدسولفوریک (۳۵ دقیقه) و آب ۱۰۰ درجه سلسیوس (۱ دقیقه) سختی بذر را رفع و جوانه‌زنی را افزایش دادند.
- جمعیت مشهد مقاوم‌تر از جمعیت گرگان به تنش شوری بود.
- هر دو جمعیت با افزایش فعالیت آنزیم‌های پاداکسیدانی با شوری مقابله کردند.

استناد: حقانی‌فر، سیمین؛ دیانت، مرجان؛ حمیدی، آیدین؛ قاسم خان قاجار، فریدون؛ و سلطانی، الیاس (۱۴۰۴). واکنش جوانه‌زنی و فعالیت سوپراکسید دیسموتاز دو جمعیت خارشتر ایرانی (*Alhagi camelorum*) به شوری پس از رفع سختی بذر. *پژوهش‌های بذر ایران*، ۱۲(۲)، ۱۰۹-۹۳.
http://doi.org/10.66224/yujs.12.2.93

ناشر: دانشگاه یاسوج.

© نویسندگان.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.93]

مقدمه

هم‌اکنون بخش زیادی از منابع آبی در جهان تحت تاثیر شوری با درجات مختلف می‌باشد و متاسفانه شورشدن خاک پدیده‌ای پیش‌رونده محسوب می‌گردد؛ بنابراین، برای مبارزه و یا کنار آمدن با این پدیده باید از همه راهکارهای علمی- عملی لازم استفاده کرد. یکی از راهکارهای عملی، جایگزین نمودن گیاهان حساس به تنش شوری با گیاهان متحمل به شوری در الگوی کشت است که علاوه بر ایجاد درآمد بیشتر و بهبود وضعیت معیشتی بهره‌برداران این مناطق، می‌توانند حجم قابل توجهی از جیره غذایی نشخوارکنندگان در مناطق شور و خشک را تامین نمایند (رنجبر[1] و همکاران، ۲۰۱۸). از ۱۵۰۰ میلیون هکتار اراضی کشاورزی دیم در مناطق خشک، ۳۲ میلیون هکتار (۲ درصد) و از ۲۳۰ میلیون هکتار کشاورزی آبی ۴۵ میلیون هکتار (۲۰ درصد) تحت تأثیر شوری قرار دارند (مانز[2]، ۲۰۰۵). خارشتر از جنس *Alhagi* از زیرتیره پروانه آسا[3]، بوته چندساله علفی مهاجم، به ارتفاع ۸۰-۵۰ سانتی‌متر، بدون کرک، سبزرنگ متعلق به خانواده بقولات و دارای خارهای فراوان می باشد (بازوبندی[4] و همکاران، ۲۰۰۶).

فرآیند جوانه‌زنی بذر مهم‌ترین مرحله برای استقرار گیاهچه و تعیین کننده تولید موفقیت‌آمیز محصول است که تحت تاثیر عوامل محیطی و ژنتیکی قرار می‌گیرد (کبیری[5] و همکاران، ۲۰۱۸). شراشی[6] (۲۰۲۳) بیان کرد که بذرهای خارشتر که توسط اسید سولفوریک در مدت زمان‌های مختلف به مدت ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ دقیقه خراش داده شده‌اند، درصد جوانه‌زنی بالایی به‌میزان۹۶٪، ۹۶٪، ۹۷٪ و ۹۷٪ را به‌همراه داشتند که در مقایسه با شاهد که تنها ۱۲٪ بود، تفاوت بسیار معنی‌داری داشتند. گیاهان تولیدی با شاخص بنیه بهتر و سامانه ریشه‌ای قوی‌تر حاصل بذرهایی خواهند بود که تحمل بالاتری نسبت به تنش در مرحله جوانه‌زنی نشان دهند. تنش شوری با کاهش پتانسیل آب محیط از طریق اعمال تنش اسمزی و همچنین تجمع یون‌ها آثار مخربی بر متابولیسم جنین در حال رشد به جا می‌گذارد که موجب اختلال در عمل جوانه‌زنی می‌گردد (احمدی[7] و همکاران، ۲۰۱۷). رشد و نمو گیاه به‌شدت تحت تأثیر تنش شوری که از مهمترین فاکتورهای محدود کننده محیطی می‌باشد، قرار می‌گیرد. اثرات اسمزی ناشی از شوری از عوامل اولیه تاثیرگذار بر رشد گیاه است (ویسانی[8] و همکاران، ۲۰۱۲). بیشتر گیاهان در مرحله سبز شدن و استقرار گیاهچه به تنش‌های محیطی ازجمله شوری و خشکی حساسیت بیشتری دارند (کافی[9] و همکاران، ۲۰۰۵). تنش شوری با ایجاد تغییرات مضر در تعادل یون‌ها، وضعیت آب، عناصر غذایی، عملکرد روزنه‌ها و کارآیی فتوسنتز موجب کاهش فرآیندهای رشد و نمو گیاه نظیر جوانه‌زنی، رشد گیاهچه و در نهایت، کاهش میزان تولید محصول در گیاه می‌شود (زمانی[10] و همکاران، ۲۰۱۸؛ مانز، ۲۰۰۲). شوری جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهان را باز می‌دارد و بر ریخت‌شناسی و فیزیولوژی گیاهان تأثیر می‌گذارد (راوات[11] و همکاران، ۲۰۱۶). تنش شوری با کاهش میزان رشد، تعداد، سطح برگ و توسعه ساقه‌های جانبی را محدود می‌کند؛ همچنین اندازه و وزن خشک و تر قسمت‌های مختلف گیاه را کاهش می‌دهد (پوستینی و سی و سه مرده[12]، ۲۰۰۱). تحقیقات نشان داد که درصد و سرعت جوانه‌زنی در گیاهان دارویی رازیانه[13]، زنیان[14]، شوید[15] تحت شرایط تنش خشکی و تنش شوری کاهش یافت (برومند رضا زاده و کوچکی[16]، ۲۰۰۵). گزارش‌های مختلف درخصوص گونه‌های گیاه خارشتر و سالیکورنیا حاکی از کاهش شاخص بنیه گیاهچه، طول ریشه‌چه و اندام هوایی و وزن خشک ریشه‌چه و اندام هوایی با اعمال تنش خشکی و تنش شوری بود (ژو[17] و همکاران، ۲۰۰۵؛ امیری[18] و همکاران، ۲۰۱۲؛ زانگ[1] و همکاران، ۲۰۱۰؛

[1] Ranjbar
[2] Munns
[3] *Papilionoideae*
[4] Bazoobandi
[5] Kabiri
[6] Sharashy
[7] Ahmadi
[8] Weisany
[9] Kafi
[10] Zamani
[11] Rawat
[12] Postini and Sioce Mardedeh
[13] *Foeniculum vulgare*
[14] *Trachyspermum ammi*
[15] *Anethum graveolens*
[16] Broumand Rezazadeh and Koocheki
[17] Zhao
[18] Amiri

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-10-06]
[DOI: 10.66224/yujs.12.2.93]

فرخواه[2] و همکاران، ۲۰۰۲) . آنزیم‌های پاداکساینده از غشاءها در مقابل اثرات مخرب گونه‌های اکسیژن فعال (ROS[3] ها) که در برابر تنش غیر زنده تولید می‌شود، محافظت می‌کنند و موجب مقاومت و پایداری گیاهان در برابر تنش‌هایی چون شوری می‌شوند (محمدخانی و حیدری[4]، ۲۰۰۷). باتوجه به اینکه حساس‌ترین مرحله در تنش شوری، مرحله جوانه‌زنی و ابتدای رشد گیاهچه است، همچنین گسترش کشت گیاه خارشتر ایرانی که به عنوان گیاه علوفه‌ای برای تغذیه دام استفاده می‌شود، استفاده از آب‌های شور برای تولید گیاهان شورزی علوفه‌ای مانند خارشتر می‌تواند رویکرد معقولی جهت تولید علوفه تحت شرایط کمبود ذخایر آب شیرین باشد، زیرا گیاهان شور-زیست قادر به تولید حجم عمده‌ای از جیره غذایی نشخوارکنندگان در مناطق کم آب می‌باشند (پیراسته انوشه[5] و همکاران، ۲۰۱۷).

باوجود اینکه مرحله جوانه‌زنی و ابتدای رشد گیاهچه حساس‌ترین مرحله به تنش شوری است، اما به‌دلیل جوانه‌زنی کم، استقرار غیریکنواخت گیاهچه، اطلاعات اندک در مورد رشد اولیه خارشتر ایرانی وجود دارد و با عنایت به وسعت اراضی شور در جهان، پژوهش حاضر با هدف بررسی تحمل گیاه خارشتر ایرانی نسبت به تنش شوری در مرحله جوانه‌زنی و رشد اولیه پس از رفع سختی بذر، به منظور گسترش کشت گیاه خارشتر ایرانی به عنوان گیاه علوفه‌ای برای تغذیه دام انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در آزمایشگاه تجزیه بذر مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال در سال ۱۴۰۱ اجرا شد. در این پژوهش تیمارهای رفع سختی روی بذرهای دو جمعیت مشهد و گرگان خارشتر ایرانی و اثر تنش شوری بر جوانه‌زنی بذرهای آنها مورد بررسی قرار گرفتند. دو توده محلی مهم این گونه، توده (جمعیت) مشهد (استان خراسان رضوی) و توده (جمعیت) گرگان (استان گلستان) از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه گردید. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. برای ایجاد تنش شوری از محلول کلرید سدیم با غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار استفاده گردید. همچنین برای ایجاد سطح تنش صفر (شاهد) در هر دو آزمایش از آب مقطر استفاده شد. نخست پتری‌ها و بستر بذر (کاغذ صافی واتمن شماره ۱، با قطر ۹۰ میلی‌متر) به‌مدت ۱۲۰ دقیقه در اتوکلاو و دمای ۱۲۰ درجه سلسیوس سترون شدند. تعداد ۲۵ عدد بذر هم اندازه با محلول هیپوکلریت‌سدیم ۱۰ درصد به مدت ۳۰ ثانیه ضد عفونی شده و پس از سه مرتبه شستشوی بذرها با آب مقطر، در داخل پتری‌ها روی کاغذ صافی قرار گرفتند. تیمارهای اعمال شده برای حذف سختی بذر خارشتر ایرانی شامل موارد زیر می‌باشد.

- اعمال تیمار اسید سولفوریک برای بذر: برای خراش‌دهی پوسته سخت بذرها از اسید سولفوریک غلیظ (۹۸ درصد) تولید شرکت مرک آلمان استفاده شد. در تیمار اسید سولفوریک غلیظ، بذرها به مدت ۳۵ دقیقه با اسید خراش‌دهی شدند. سپس با آب مقطر سترون شسته و خشک شدند.
- اعمال تیمار آب ۱۰۰ درجه سلسیوس برای بذر: بذرها به مدت یک دقیقه در آب ۱۰۰ درجه سلسیوس غوطه ور شدند (حقانی‌فر[6] و همکاران، ۲۰۲۴).

برای اعمال تیمار شوری مقادیر ۱۰ میلی‌لیتر محلول کلرید سدیم براساس غلظت تعیین شده در تیمارهای شوری به هر پتری اضافه گردید. پتری‌ها توزین و وزن اولیه هرکدام یادداشت و در دمای ۳۰ درجه سلسیوس روز/شب با ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی در داخل ژرمیناتور تهویه‌دار قرار داده شدند (حقانی‌فر و همکاران، ۲۰۲۴). با توزین روزانه تمامی پتری‌ها و اضافه نمودن آب مقطر به اندازه اختلاف وزن آن‌ها با وزن اولیه در هنگام شروع آزمایش، از تغییر پتانسیل هر یک از محلول‌ها در اثر تبخیر آب جلوگیری به عمل آمد. شمارش بذرهای جوانه زده از روز دوم به صورت روزانه در ساعتی معین انجام گردید. به هنگام شمارش، بذوری جوانه زده،

[1] Zhang
[2] Farkhah
[3] Reactive Oxygen Species
[4] Mohammadkhani and Heidari
[5] Pirasteh-Anosheh
[6] Haghanifar

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-10-06]
[DOI: 10.66224/yujs.12.2.93]

تلقی شدند که طول ریشه‌چه آنها حداقل دو میلی متر بود (میلر و چپمن[1]، ۱۹۷۸). شمارش تا زمانی ادامه یافت که به مدت سه روز متوالی تعداد بذرهای جوانه زده در هر نمونه ثابت بماند. پس از ۲۸ روز از هر پتری ده نمونه به طور تصادفی انتخاب و طول ریشه‌چه و ساقه‌چه با استفاده از خط کش اندازه‌گیری شد (توران[2] و همکارن، ۲۰۱۰).

درصد جوانه‌زنی، متوسط زمان جوانه‌زنی روزانه، شاخص بنیه گیاهچه، طول ساقه‌چه همچنین فعالیت آنزیم سوپراُکسید دیسموتاز (SOD) در این آزمون به شرح زیر تعیین شد.

درصد جوانه‌زنی از رابطه ۱ بدست آمد (ماگویر[3]، ۱۹۶۲).

رابطه ۱: درصد جوانه‌زنی $=(n/N)\times 100$

n تعداد نهایی بذرهای جوانه زده و N تعداد بذرهای کشت شده می‌باشد.

متوسط زمان جوانه‌زنی روزانه[4] که شاخصی از سرعت جوانه‌زنی روزانه (در روز ۷، ۱۴، ۲۱ و ۲۸) می باشد از رابطه ۲ محاسبه شد.

رابطه ۲: $MDG=FGP/D$

که در آن FGP درصد جوانه‌زنی نهایی و D تعداد روز تا پایان دوره اجرای آزمون است (رانال و دی سانتانا[5]، ۲۰۰۶).

شاخص بنیه گیاهچه: از حاصلضرب درصد جوانه‌زنی در میانگین طول گیاهچه محاسبه گردید (عبدالبکی و اندرسون[6]، ۱۹۷۳).

در روش اندازه‌گیری فعالیت آنزیم سوپراُکسید دیسموتاز ابتدا گیاهچه‌های آسیاب شده در یک هاون سرد با بافر فسفات ۰/۱ مولار (pH 7.3) با ۰/۵ میلی مولار اتیلن دی آمین ترا استیک اسید (EDTA) همگن شدند. پس از آن، هموژنه به مدت ۱۰ دقیقه در ۸۰۰۰ دور و ۴ درجه سلسیوس سانتریفیوژ شد. فعالیت SOD با اندازه‌گیری میزان کاهش ترازولیوم نیتروبلو (NBT) در ۵۶۰ نانومتر مورد سنجش قرار گرفت. یک واحد فعالیت SOD به عنوان مقدار آنزیم مورد نیاز برای مهار ۵۰ درصدی کاهش NBT در ۵۶۰ نانومتر تعریف شد (اله[7] و همکاران، ۲۰۲۲).

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS(v9.4) و مقایسه میانگین نیز بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال یک درصد انجام شد و نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel رسم شدند.

نتایج و بحث

درصد جوانه‌زنی نهائی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که سطوح تنش شوری روی مولفه درصد جوانه‌زنی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). درصد جوانه زنی در تیمار شاهد با تیمار تنش شوری در سطح ۱۰۰ میلی‌مولار اختلاف معنی داری نداشت، اما با تیمار تنش شوری در سطح ۲۰۰ میلی‌مولار تفاوت معنی‌داری نشان داد. با افزایش تنش شوری حاصل از نمک کلرید سدیم، کاهش درصد جوانه‌زنی خارشتر رونـدی خطی نشان داد (شکل ۱). بطوری‌که در بالاترین سطح شوری (۲۰۰ میلی‌مولار) نسبت به شاهد، کاهش ۱۵/۹ درصد در صفت مزبور مشاهده شد. نتایج سایر محققان نیز نشان داده است که افزایش سطح شوری از ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر به ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر و بالاتر، درصد جوانه‌زنی در بذور خارشتر ایرانی را کاهش می‌دهد (پیراسته انوشه، ۲۰۲۰). اکثر گونه‌های زراعی در اوایل مراحل رشد از جمله جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه به تنش خشکی و شوری حساس هستند، بطوری‌که مدت زمان جوانه‌زنی و استقرار آن به عنوان حیاتی‌ترین شاخص تحمل به تنش شناخته شده است، در حالی که در مراحل بعدی ممکن است سنجش اثر تنش شوری بر گیاه زراعی از طریق کاهش رشد اندامهای گیاهی و عملکرد تحمل به تنش ارزیابی شود.

[1] Miller and Chapman
[2] Turan
[3] Maguir
[4] Mean Daily Germination (MDG)
[5] Ranal and De Santana
[6] Abdul-Baki and Anderson
[7] Ullah

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-10-06]
[DOI: 10.66224/yujs.12.2.93]

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر شوری و تیمار رفع سختی بذر بر صفات جوانه‌زنی دو جمعیت خارشتر تحت تنش شوری

Table 1. Analysis of variance (ANOVA) for the effects of salinity stress and seed hardness removal treatments on germination traits of two Persian Camelthorn populations under salinity stress.

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	درصد جوانه‌زنی نهائی Final germination percentage	متوسط جوانه‌زنی روزانه در روز هفتم MDG 7th day	متوسط جوانه‌زنی روزانه در روز چهاردهم MDG 14th day	متوسط جوانه‌زنی روزانه در روز بیست و یکم MDG 21th day	متوسط جوانه‌زنی روزانه در روز بیست و هشتم MDG 28th day	طول ساقه‌چه Stem length	فعالیت سوپراکسید دیسموتاز Superoxide dismutase activity	شاخص بنیه گیاهچه Seedling vigor index
جمعیت Population	1	196.00**	0.00130ns	4.0000 **	0.44444 **	0.25000 **	0.00018 ns	46.087ns	0.0471 ns
تیمار رفع سختی بذر Seed Hardness Removal Treatment	1	1995.11**	1.01484**	40.7166 **	4.52406 **	2.54478 **	3.84160 **	66.008ns	16.9953 **
تنش شوری Salinity stress	2	517.33**	0.13757**	10.5578 **	1.17309 **	0.65986 **	4.21281 **	58.301ns	17.1541 **
جمعیت× تیمار رفع سختی بذر Population×Seed Hardness Removal Treatment	1	100.00*	0.01369 ns	1.0159 ns	0.11287 ns	0.06349 ns	0.09000 *	338.686*	0.0051 ns
جمعیت× تنش شوری Population× Salinity stress	2	16.00ns	0.00475ns	0.3265 ns	0.03628 ns	0.02041 ns	0.25741 **	117.514ns	1.1989 **
تیمار رفع سختی بذر × تنش شوری Seed Hardness Removal Treatment × Salinity stress	2	49.78ns	0.04174**	2.0408 **	0.22676 **	0.12755 **	0.02623 ns	913.846**	0.3885 **
جمعیت × تیمار رفع سختی بذر ×تنش شوری Population×Seed Hardness Removal Treatment × Salinity stress	2	5.33ns	0.00461ns	0.1088 ns	0.01209 ns	0.00680 ns	0.24563 **	932.982**	0.7531 **
خطای آزمایش Error	36	18.666667	0.00242124	0.38095238	0.04232804	0.02380952	0.01748889	64.003479	0.05417012
ضریب تغییرات C.V. (%)	-	4.96	9.63	4.96	4.96	4.96	8.09	15.72	7.82

ns غیر معنی‌دار، * و** : به ترتیب نشان‌دهنده‌ی معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد است.

ns: Non significant, * and **: Significant at the 1 and 5 percent probability levels, respectively.

جدول۲- مقایسه میانگین تیمارهای رفع سختی بذر بر درصد جوانه‌زنی نهائی بذر برای دو جمعیت خارشتر ایرانی

Table 2- Mean comparison of seed hardness removal treatments on final germination percentage of two Persian Camelthorn populations.

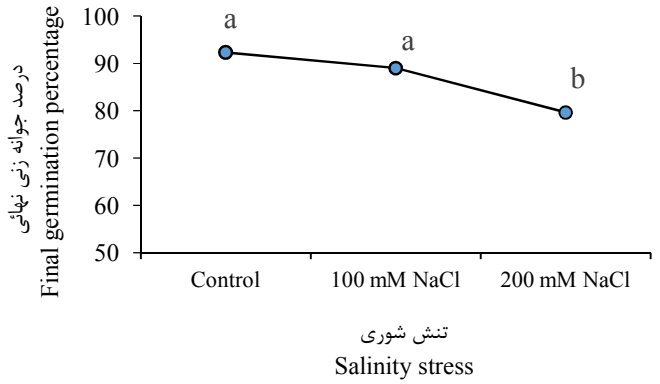
جمعیت. Population	تیمار رفع سختی بذر Seed hardness removal treatment	درصد جوانه‌زنی نهائی بذر Final germination percentage
مشهد Mashhad	شاهد Control	30.54 e
	یک دقیقه آب ۱۰۰ درجه سلسیوس 100°C Water for 1 minute	75.56 c
	اسید سولفوریک به مدت ۳۵ دقیقه Sulfuric acid for 35 minutes	95.11 a
گرگان Gorgan	شاهد Control	42.66 d
	یک دقیقه آب ۱۰۰ درجه سلسیوس 100°C Water for 1 minute	83.56 b
	اسید سولفوریک به مدت ۳۵ دقیقه Sulfuric acid for 35 minutes	93.78 ab

حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون LSD است.

The different letters indicate a significant difference at 5% probability level based on LSD test.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.93]



شکل ۱. روند تغییرات درصد جوانه‌زنی بذر خارشتر در سطوح مختلف شوری حاصل از نمک کلرید سدیم

Fig. 1. Changes in germination percentage of *Alhagi camelorum* seeds under different NaCl salinity levels

با اندازه‌گیری رشد گیاهچه‌ها در شرایط تنش خشکی و شوری، شدت تأثیر تنش مورد سنجش قرار می‌گیرد، زیرا ظهور یکنواخت گیاهچه‌ها به عنوان یک پیش نیاز اساسی برای حصول حداکثر عملکرد و در نهایت حداکثر سودآوری سالیانه محصولات است (فقهنابی[1] و همکاران، ۲۰۲۰). تنش اسمزی با کاهش جذب آب توسط بذر از یک‌سو و کاهش فرآیندهای متابولیکی و فیزیولوژیکی بذر از سوی دیگر، منجر به اختلال در فراهمی مواد مورد نیاز برای رشد بذر می‌گردد (ژنگ[2] و همکاران، ۲۰۰۸). بعلاوه قربانی[3] و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر خارشتر با افزایش سطح تنش شوری کاهش یافت.

برهمکنش جمعیت و تیمار رفع سختی بذر روی مولفه درصد جوانه‌زنی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). تیمارهای اسیدسولفوریک و آب ۱۰۰ درجه سلسیوس، موجب افزایش درصد جوانه‌زنی بذر نسبت به تیمار شاهد گردید (جدول ۲). درصد جوانه‌زنی بذرهای شاهد بسیار پایین بود که نشان دهنده لزوم تیمار بذر برای حصول جوانه‌زنی است. باتوجه به نتایج این پژوهش به‌نظر می‌رسد که در شرایط محیطی یکسان رفع سختی بذر با تیمار اسیدسولفوریک به مدت ۳۵ دقیقه در هر دو جمعیت نسبت به یک دقیقه آب ۱۰۰ درجه سلسیوس درصد جوانه‌زنی را به میزان ۵۵/۱۴ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. مرکو[4] و و همکاران (۲۰۱۷) در تحقیقات خود نشان دادند که استفاده از اسیدسولفوریک سبب تحریک جوانه‌زنی تیمار بذر گونه خارشتر دارای پوسته سخت شده و همچنین تولید گیاهچه از بذر گونه *Alhagi sparsifolia* در اسیدسولفوریک غلیظ به مدت ۵۰-۳۰ دقیقه منجر به افزایش جوانه‌زنی بذر می‌شود این در حالی است که بذرهای تیمار نشده جوانه نزدند (مرکو و همکاران، ۲۰۱۷).

متوسط جوانه‌زنی روزانه: نتایج تجزیه واریانس نشانگر اثر معنی‌دار برهمکنش تیمار رفع سختی بذر× تنش شوری بر متوسط زمان جوانه‌زنی بود (جدول ۱). افزایش سطح شوری و گذشت زمان باعث کاهش متوسط جوانه‌زنی روزانه کلیه تیمارها گردید و تیمارها در سطوح مختلف شوری اختلاف معنی‌داری با شاهد داشتند (جدول۳). در سطوح بالای تنش، تعداد بذرهای جوانه زده کاهش می‌یابد. علت این امر آن است که اثرات منفی شوری بر نفوذپذیری غشاء، تقسیم سلولی و همچنین بر ساخت پروتئین و فعالیت‌های آنزیمی، سبب افزایش متوسط جوانه‌زنی روزانه می‌گردد. مقایسه میانگین متوسط جوانه‌زنی روزانه نشان داد که بیشترین و کمترین متوسط جوانه‌زنی روزانه به ترتیب مربوط به تیمار شاهد و تیمار ۲۰۰ میلی مولار کلرید سدیم

[1] Feghhenabi
[2] Zeng
[3] Ghorbani
[4] Merku

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-10-06]
[DOI: 10.66224/yujs.12.2.93]

می‌باشد. نتایج تحقیق راشد محصل[1] و همکاران روی بذرهای کاهوی وحشی[2] نشان داد که کمترین متوسط جوانه‌زنی روزانه به ترتیب مربوط به تیمار شاهد و تیمار ۲۰۰ میلی مولار کلرید سدیم بود که با نتایج این بررسی مطابقت داشت.

خصوصیات رشدی گیاهچه: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که برهمکنش تیمار رفع سختی بذر و تنش شوری در دو جمعیت گرگان و مشهد بر طول اندام هوایی در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۱). بالاترین سطح تنش شوری مقدار طول ساقه‌چه را به ترتیب در تیمار آب ۱۰۰ درجه سلسیوس و اسید سولفوریک حدود ۶۵ و ۴۴ درصد در جمعیت گرگان و ۷۱ و ۶۴ درصد در جمعیت مشهد مقایسه با شاهد کاهش داد (جدول ۴). هرچند تیمار شاهد در اکثر موارد با سطح ۱۰۰ میلی‌مولار محلول کلرید سدیم اختلاف آماری معنی‌داری نداشت (جدول ۴). کم‌ترین طول ساقه‌چه در تیمار ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم به ترتیب با میانگین ۱/۹۸ میلی‌متر در جمعیت مشهد و ۲/۸۱ سانتی‌متر در جمعیت گرگان مشاهد گردید (جدول ۴). نتایج نشان داد که با افزایش تنش شوری طول ساقه‌چه به طور معنی داری در مقایسه با شاهد کاهش می‌یابد، در این ارتباط نتایج مشابهی از نظر کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در محلول NaCl احتمالا به دلیل سمیت یون‌ها و اثر منفی آن بر غشاء سلول است (جوادی[3] و همکاران، ۲۰۱۴). تنش شوری با کند کردن جذب و نفوذ آب از طویل شدن ساقه و ریشه جلوگیری کند. شوری باعث کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در گیاه زیره سبز[4] و سنبل‌الطیب[5] گردید (جوادی و همکاران، ۲۰۱۴). افزایش سطوح شوری باعث کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در گیاه شور باتلاقی و خارشتر گردید (پیراسته انوشه، ۲۰۲۰). بطور کلی گزارش شده است که بذرهای جوانه زده در محیط‌هایی که تحت شرایط تنش می‌باشند، دارای ساقه‌چه‌ها و ریشه‌چه‌های کوتاه‌تری هستند (سلطانی[6] و همکاران، ۲۰۰۶).

شاخص بنیه گیاهچه: نتایج نشان داد که برهمکنش تیمار رفع سختی بذر و تنش شوری در دو جمعیت گرگان و مشهد بر شاخص بنیه گیاهچه در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۱). بیشترین و کمترین مقدار این صفت به ترتیب متعلق به تیمار شاهد و تیمار ۲۰۰ میلی مولار کلرید سدیم بود (جدول ۴). تنش شوری ۱۰۰ میلی‌مولار با شاهد اختلاف معنی‌داری را نشان نداد، اما با افزایش شوری به۲۰۰ میلی‌مولار، این شاخص به ترتیب حدود ۶۹/۲ و ۴۶/۶ درصد به ترتیب در جمعیت مشهد و گرگان نسبت به بذرهای شاهد کاهش یافت (جدول ۴).

شاخص بنیه گیاهچه از حاصلضرب درصد جوانه‌زنی در میانگین طول گیاهچه محاسبه می‌گردد. تنش خشکی و شوری با کاهش یا عدم انتقال مواد اندوخته‌ای از آندوسپرم به جنین بذر مانع تقسیم سلولی و سنتز پروتئین شده و در نتیجه با ایجاد تغییر در تعادل هورمونی، موجب کاهش رشد گیاهچه تحت شرایط تنش خشکی و شوری می‌گردد (سلطانی و همکاران، ۲۰۰۶). کاهش بنیه و شاخص جوانه‌زنی و رشد گیاهچه در محیط‌های شور به علت آثار سمیت نمک و خشکی فیزیولوژیک است که باعث استقرار نامناسب بوته‌ها می‌گردد (سلطانی و همکاران، ۲۰۰۶). گزارش‌های متعددی مبنی بر کاهش شاخص بنیه گیاهچه در اثر اعمال تنش‌های خشکی و شوری بر روی سیاهدانه (کبیری و نقی زاده[7]، ۲۰۱۵)، خارشتر (امیری و همکاران، ۲۰۱۲)، بادرشبویه (کبیری و همکاران، ۲۰۱۸) وجود دارد.

[1] Rashed Mohassel
[2] *Lactuca serriola*
[3] Javadi
[4] *Cuminum cyminum*
[5] *Valeriana officinalis*
[6] Soltani
[7] Kabiri and Naghizadeh

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-10-06]
[DOI: 10.66224/yujs.12.2.93]

جدول۳- مقایسه میانگین تیمار رفع سختی بذر متوسط جوانه‌زنی روزانه بذر خارشتر ایرانی در شرایط تنش شوری

Table 3- Mean comparison of seed hardness removal treatments on mean daily germination (MDG) of Persian Camelthorn under different salinity stress levels.

تیمار رفع سختی بذر Seed hardness removal treatment	تنش شوری (میلی مولار کلرید سدیم) Salinity stress (mM NaCl)	متوسط جوانه‌زنی روزانه در روز هفتم MDG 7th day	متوسط جوانه‌زنی روزانه در روز چهاردهم MDG 14th day	متوسط جوانه‌زنی روزانه در روز بیست و یکم MDG 21th day	متوسط جوانه‌زنی روزانه در روز بیست و هشتم MDG 28th day
یک دقیقه آب ۱۰۰ درجه سلسیوس 100°C water for 1 minute	شاهد Control	12.38 b	5.38 b	3.56 b	2.43 b
	100	11.33 c	5.37 c	3.23 c	2.26 c
	200	10.38 d	4.28 d	2.58 d	1.58 d
اسید سولفوریک به مدت ۳۵ دقیقه Sulfuric acid for 35 minutes	شاهد Control	14.00 a	6.59 a	4.37 a	3.28 a
	100	13.89 a	6.37 a	4.23 a	3.18 a
	200	12.38 b	5.698 b	5.69 b	2.84 b

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون LSD است.

The different letters in each column indicate a significant difference at 5% probability level based on LSD test.

جدول ۴- مقایسه میانگین برهمکنش تیمارهای رفع سختی بذر و تنش شوری در دو جمعیت خارشتر ایرانی بر شاخص بنیه گیاهچه و طول ساقه‌چه

Table 4- Mean comparison of the interaction effects of population, seed hardness removal treatments, and salinity stress on seed vigor and seedling length of Persian Camelthorn.

تیمار رفع سختی بذر Seed hardness removal treatment	تنش شوری (میلی مولار کلرید سدیم) Salinity stress (mM NaCl)	شاخص بنیه گیاهچه Seedling vigor index		طول ساقه‌چه (سانتی‌متر) Stem length	
		جمعیت گرگان Gorgan population	جمعیت مشهد Mashhad population	جمعیت گرگان Gorgan population	جمعیت مشهد Mashhad population
یک دقیقه آب ۱۰۰ درجه سلسیوس 100°C water for 1 minute	شاهد Control	2.99 d	3.02 c	4.91 ab	4.73 ab
	100	2.69 d	2.76 d	3.31 c	3.58 c
	200	1.32 e	0.93 e	1.71 e	1.36 e
اسید سولفوریک به مدت ۳۵ دقیقه Sulfuric acid for 35 minutes	شاهد Control	4.58 b	5.22 a	5.05 a	5.36 a
	100	3.99 c	3.99 c	4.64 ab	4.53 b
	200	2.47 d	1.69 d	2.81 d	1.98 d

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون LSD است.

The different letters in each column indicate a significant difference at 5% probability level based on LSD test.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.93]

جدول ۵- مقایسه میانگین برهمکنش تیمارهای شکست سختی بذر و تنش شوری در دو جمعیت خارشتر ایرانی بر فعالیت آنزیم سوپراُکسید دیسموتاز

Table 5- Mean comparison of the interaction effects of seed hardness removal treatments and salinity stress on superoxide dismutase (SOD) activity in two Persian Camelthorn populations.

تیمار رفع سختی بذر Seed hardness removal treatment	تنش شوری (میلی مولار کلرید سدیم) Salinity stress (mM NaCl)	فعالیت آنزیم سوپراکسیید دیسموتاز (واحد آنزیم بر میلی‌گرم پروتئین) Superoxid dismutase activity (U/mg protein)	
		جمعیت گرگان Gorgan population	جمعیت مشهد Mashhad population
یک دقیقه آب ۱۰۰ درجه سلسیوس 100°C water for 1 minute	شاهد Control	29.8690 c	27.0599 c
	100	54.6274 a	54.2030 ab
	200	54.7912 a	62.8319 a
اسید سولفوریک به مدت ۳۵ دقیقه Sulfuric acid for 35 minutes	شاهد Control	48.0938 ab	46.6292 b
	100	56.9892 a	68.2228 a
	200	55.3145 a	62.5512 a

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون LSD است.

The different letters in each column indicate a significant difference at 5% probability level based on LSD test.

فعالیت آنزیم سوپراُکسید دیسموتاز: بر اساس نتایج، برهمکنش تیمار رفع سختی بذر و تنش شوری در دو جمعیت گرگان و مشهد بر میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۱). میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز با افزایش غلظت شوری افزایش معنی‌داری دیده شد (جدول ۵). تیمار آب ۱۰۰ درجه سلسیوس و تنش شوری۲۰۰ میلی مولار، سبب افزایش ۵۶/۹ درصدی (جمعیت مشهد) و ۴۵/۴ درصدی (جمعیت گرگان) فعالیت آنزیم سوپراُکسید دیسموتاز نسبت به شاهد شد. همچنین تیمار اسید سولفوریک و تنش شوری ۲۰۰ میلی مولار در جمعیت مشهد باعث افزایش ۲۵/۴ درصدی و در جمعیت گرگان ۱۳/۰ درصدی در این شاخص نسبت به شاهد شد. مطالعات کوکا[1] و همکاران (۲۰۰۷) و اطهر[2] و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که میزان فعالیت سوپراکسید دیسموتاز در ارقام مقاوم به شوری کنجد[3] و گندم[4] به شدت افزایش می‌یابد.

نتیجه‌گیری

اکثر داده‌های مربوط به درصد جوانه‌زنی و شاخص بنیه گیاهچه در شرایط تیمار بذر تفاوت معنی‌داری با شرایط طبیعی داشتند، دلیل این امر فعال شدن سازوکار فرآیندهای فیزیولوژیکی بذر در اثر تیمار آن می باشد. نتایج نشان داد که تیمارها (آب ۱۰۰ درجه سلسیوس و اسیدسولفوریک غلیظ) باعث رفع سختی بذر و درنتیجه جوانه‌زنی بیشتر بذر خارشتر گردید. تیمار اسید سولفوریک غلیظ نسبت به تیمار آب ۱۰۰ درجه سلسیوس در هر دو جمعیت بطور معنی داری شاخص جوانه‌زنی را افزایش داد. جمعیت‌های مورد بررسی خارشتر ایرانی برای مقابله با اثر تنش شوری بر جوانه‌زنی بذر و رشد اولیه گیاهچه از سازوکارهای مختلفی مانند افزایش فعالیت آنزیم‌های پاداکساینده استفاده کردند. با توجه به این که معرفی گیاهان متحمل به شوری می‌تواند راهکاری مناسب جهت افزایش بهره‌وری از آب‌ها و زمین‌های شور باشد، می‌توان بیان داشت بذر جمعیت مشهد خارشتر ایرانی رفع سختی شده تحت تیمار اسید سولفوریک غلیظ به مدت ۳۵ دقیقه نسبت به سایر تیمارهای رفع سختی بذر و همچنین نسبت به جمعیت گرگان دارای بنیه بالاتری

[1] Koca
[2] Athar
[3] *Sesumum indicum*
[4] *Triticum aestivum*

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-10-06]
[DOI: 10.66224/yujs.12.2.93]

بوده و نسبت به تنش شوری مقاوم تر بود و قابلیت معرفی برای کاشت در اراضی شور را دارد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آنهاست.

مشارکت نویسندگان

تمامی نویسندگان به طور یکسان در ایده‌پردازی مقاله و نگارش پیش‌نویس اولیه و ویرایش‌های بعدی مشارکت داشته‌اند. همه نویسندگان نسخه نهایی را مطالعه و تأیید کرده‌اند.

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

حامی مالی

این تحقیق با حمایت مالی موسسه ثبت و گواهی بذر و نهال، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران، انجام شده است.

سپاسگزاری

نویسندگان بر خود لازم می دانند از داوران محترم بابت پیشنهادات ارزشمندشان در بازبینی مقاله قدردانی نمایند.

منابع

References

Abdul-baki, A. A., & Anderson, J. D. (1973). Vigor determination in soybean seed by multiplication. *Crop Science*, *13*, 630-633. http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1973.0011183X001300060013x

Ahmadi, M., Modarres-Sanavy, S. A. M., Kafi, M., Sefidkon, F., & Malekzadeh Shafaroudi, S. (2017). Effects of different levels of salinity stress on germination properties of medicinal plant *Salvia leriifolia* Benth. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, *6*(2), 43-55. https://doi.org/10.22034/ijsst.2018.116354 [In Persian].

Amiri, B., Assareh, M., Jafari, M., Rasuli, B., & Jafari, A. (2012). Effect of NaCl & Na_2SO_4 on germination and seedling growth of *Salicornia herbacea* and *Alhagi persarum*. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, *19*(2), 233-243. https://doi.org/10.22092/ijrdr.2012.103154 [In Persian].

Athar, H., Khan, A., & Ashraf, M. (2008). Exogenously applied ascorbic acid alleviates salt-induced oxidative stress in wheat. *Environmental and Experimental Botany*, *63*, 224–231. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2007.10.018

Bazoobandi, M., Barati, M., & Sadrabadi Haghighi, M. R. (2006). Physiological response of *Alhagi pseudoalhagi* to root exhausting management during fallow season. *Iranian Journal of Weed Science*, *2*(2), 84-95. [In Persian].

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.93]

Boroumand Rezazadeh, Z., & Koocheki, A. (2006). Evaluation of cardinal temperature for three species of medicinal plants, Ajowan (*Trachyspermum ammi*), Fennel (*Foeniculum vulgare*) and Dill (*Anethum graveolens*). *Desert Journal*, *11*(2), 11-16. https://doi.org/10.22059/JDESERT.2006.31870 [In Persian].

Farkhah, A., Heidari-Sharifabad, H., Ghorbanli, M., & Shakker-Bazarnow, H. (2002). Effects of salinity on seed germination of *Salsola dendroides*, *Alhagi persorum* and *Aeluropus lagopoides*. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding Genetic Research*, *9*(1), 1-14. https://doi.org/10.22092/ijrfpbgr.2002.115790 [In Persian].

Feghhenabi, F., Hadi, H., Khodaverdiloo, H., & Van Genuchten, M. T. (2020). Seed priming alleviated salinity stress during germination and emergence of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Agricultural Water Management*, *231*, 106022. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106022

Ghorbani, Z., Bagheri, R., Sarhadi, J., & Ahmadi, H. (2013). Evaluation of different salinity level on germination of *Alhagi comelerum*. *The 1st Nature Conference Salinity Stress Plant Develop Strategy*. Salinity Agriculture.

Haghanifar, S., Diyanat, M., Hamidi, A., Ghasem khan Ghajar, F., & Soltani, S. (2024). Investigating the effect of different chemical and non-chemical treatments on removing the hardness of seeds and stimulating the germination of the Persian camelthorn (*Alhagi camelorum*) seed. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, *13*(2), 1-15. https://doi.org/10.22092/ijsst.2023.360490.1460 [In Persian].

Javadi, A., Shamaei, M., Mohammadi Ziazi, L., Pourabdollah, M., Dorudinia, A., Seyedmehdi, S. M., & Karimi, S. (2014). Qualification study of two genomic DNA extraction methods in different clinical samples. *TANAFFOS (Respiration)*, *13*(4), 41-47. [In Persian].

Kabiri, R., Naghizadeh, M. and Delfani, M. (2021). Effect of sodium nitroprusside pretreatment on germination improvement and early growth of black cumin (*Nigella sativa*) under salinity stress. *Iranian Journal of Seed Sciences and Research*, *8*(2), 177-194. https://doi.org/10.22124/jms.2021.5219 [In Persian].

Kabiri, R., Hatami, A., Oloomi, H., Naghizadeh, M., Nasibi, F., & Tahmasebi, Z. (2018). Study the effect of melatonin on early growth and some physiological and germination characteristics of seed and moldavian balm (*Dracocephalum moldavica*) seedling under osmotic stress. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, *7*(1), 25-40. https://doi.org/10.22034/ijsst.2018.108351.1027 [In Persian].

Kafi, M., Nezami, A., Hosseini, H., & Masoomi, A. (2005). Physiological effects of drought stress induced by polyethylene glycol on germination of lentil. *Iranian Journal of Field Crop Research*, *3*(1), 69-80. https://doi.org/10.22067/gsc.v3i1.1293 [In Persian].

Koca, H., Bor, M., Ozdemir, F., & Turkan, I. (2007). The effect of salt stress on lipid peroxidation, antioxidative enzymes and proline content of sesame cultivars. *Environmental and Experimental Botany*, *60*(3), 301-344. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2006.12.005

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.93]

Maguire, J. D. (1962). Speed of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, *2*, 176-177. http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x

Merku, M., Sepehri, A., & Abadi, A. S. (2017). The study of the effect of sulfuric acid on seed duck sleep disease (*Alhagi camelorum*). *Journal of Plant and Biomass Research*, *34*, 46-61. [In Persian].

Miller, T. R., & Chapman, S. R. (1978). Germination responses of three forage grasses to different concentration of six salts. *Journal of Range Management*, *31*(2), 123-124.

Mohammadkhani, N., & Heidari, R. (2007). Effects of drought stress on protective enzyme activities and lipid peroxidation in two maize cultivars. *Pakistan Journal of Biological Sciences, 10*, 3835-3840. https://doi.org/10.3923/pjbs.2007.3835.3840

Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment*, *25*(2), 239-250. https://doi.org/10.1046/j.0016-8025.2001.00808.x

Munns, R. (2005). Genes and salt tolerance: bringing them together. *New Phytologist*, *167*, 645-663. https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2005.01487.x

Pirasteh-Anosheh, H. (2020). Breaking seed dormancy of camelthorn (*Alhagi maurorum*) using different treatments and salinity tolerance threshold level evaluation at germination stage. *Iranian Journal of Seed Research*, *7*(1), 181-192. http://dx.doi.org/10.29252/yujs.7.1.181 [In Persian].

Pirasteh-Anosheh, H., Ranjbar, G., Emam, Y., & Hashemi, S. E. (2017). Forage production of *Alhagi* using saline water and soil. *International Haloculture Congress*, 22-23 November, Yazd.

Postini, K., & Sioce mardedeh, G. H. (2001). K^+/Na^+ ratio and selective ion transfer in reaction to salinity stress in wheat. *Journal of Agricultural Sciences*, *32*(3), 525-532. [In Persian].

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

Ranjbar, G., Pirasteh-Anosheh, H., Banakar, M. H., & Miri, H. R. (2018). Review on halophytes researches in Iran: Explanation of challenges and offer approaches. *Journal of Plant Ecophysiology*, *32*, 117-129. [In Persian].

Rashed Mohasel, M. H., Kazerooni Monfared, E., & Alebrahim, M. T. (2012). Effects of some environment factors on wild lettuce (*Lactuca serriola*) germination. *Journal of Plant Protection Research, 25*(4), 341-350. [In Persian].

Rawat, J., Sanwal, P., & Saxena, J. (2016). Potassium solubilizing microorganisms for sustainable agriculture. In: Meena, V., Maurya, B., Verma, J. and Meena, R., Eds., *Potassium Solubilizing Microorganisms for Sustainable Agriculture*, Springer India, 235-253. https://doi.org/10.1007/978-81-322-2776-2_17

Sharashy, O. S. (2023). Methods of breaking seed physical dormancy and germination in native species of *Alhagi graecorum* Boiss (Al-Agool). *Journal of Pure and Applied Sciences*, *22*(1), 79-83. https://doi.org/10.51984/jopas.v22i1.2318

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.93]

Soltani, A., Gholipoor, M., & Zeinali, E. (2006). Seed reserve utilization and seedling growth of wheat as affected by drought and salinity. *Environmental and Experimental Botany*, *55*, 195-200. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2004.10.012 [In Persian].

Turan, M. A., Elkarim, A. H. A., Taban, N., & Taban, S. (2010). Effect of salt stress on growth and ion distribution and accumulation in shoot and root of maize plant. *African Journal of Agricultural Research*, *5*(7), 584-588.

Ullah, A., Tariq, A., Sardans, J., Peñuelas, J., Zeng, F., Graciano, C., Ahsan, M., Asghar, A., Raza, Y., Xiong, C., & Chai, X. (2022). *Alhagi sparsifolia* acclimatizes to saline stress by regulating its osmotic, antioxidant, and nitrogen assimilation potential. *BMC Plant Biology*, *22*, 453. https://doi.org/10.1186/s12870-022-03832-1

Weisany, W., Sohrabi, Y., Heidari, G., Siosemardeh, A., & Ghassemi, K. (2012). Changes in antioxidant enzymes activity and plant performance by salinity stress and zinc application in soybean (*Glycine max* L.). *Plant Osmics Journal*, *5*(2), 60-67.

Zamani, S., Ghasemnezhad, A., Alizadeh, M., & Alami, M. (2018). Effect of salinity and salicylic acid on morphological and photosynthetic pigments changes of callus of artichoke (*Cynara scolymus* L.). *Journal of Crop Breeding*, *10*(26), 128-138. http://dx.doi.org/10.29252/jcb.10.26.128 [In Persian].

Zeng, J., Zeng, F. J., Arndt, S. K., Guo, H. F., Yan, H. L., Xing, W. J., & Liu, B. (2008). Growth, physiological characteristics and ion distribution of NaCl stressed *Alhagi sparsifolia* seedlings. *Chinese Science Bulletin*, *53*, 169-176. https://doi.org/10.1007/s11434-008-6020-5

Zhang, X. L., Zeng, F. J., Liu, B., Liu, Z., An, G. Z., & Sun, X. W. (2010). Effects of different soil moisture treatments on the photosynthesis and dry matter accumulation of *Alhagi sparsifolia* seedlings. *Arid Zone Research*, *4*, 649-655.

Zhao, K. F., Fan, H., Song, J., Sun, M. X., Wang, B. Z., Zhang, S. Q., & Ungar, I. A. (2005). Two Na^+ and Cl^- hyperaccumulators of the Chenopodiaceae. *Journal of Integrative Plant Biology*, *47*, 311-318. https://doi.org/10.1111/j.1744-7909.2005.00057.x

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.93]