Iranian Journal of Seed Research

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

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

The Interactive Effects of Seed Scarification and Different Nitrogenous Compounds on the Germination and Seedling Growth of *Astragalus adscendens*

Negin Moein [1], and **Rayhaneh Amooaghai** [2]✉

1. Master's Graduate Plant Science Department, Faculty of Science, Shahrekord University, Iran. Email: neginmf4@gmail.com
2. Corresponding author, Full Professor of Plant Science Department, Faculty of Science, Shahrekord University Shahrekord, Iran. Email: amooaghaie@sku.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 01 January 2026
Received in revised form 27 February 2026
Accepted 07 March 2026
Available online 20 March 2026

Keywords:
Potassium nitrate
Razor
Sodium nitroprusside
Sulfuric acid
Thiourea

ABSTRACT

Objective: This research aimed to investigate the effect of treatments such as seed scarification and nitrogenous compounds on seed dormancy breaking, germination indices, and seedling growth of *Astragalus adscendens* Boiss. & Hausskn.

Method: In the first experiment of this study, the effect of soaking seeds in 95°C boiling water for 5, 10, and 20 minutes, as well as scarification with a razor, on seed germination was investigated based on a completely randomized design. In the second experiment, the effect of scarification with a 50% solution of various chemical compounds (water, hydrochloric acid, sulfuric acid, acetic acid, and hydrogen peroxide) for different durations (2, 5, and 10 minutes) on seed dormancy breaking was evaluated. In the third experiment, the interactive effect of seed scarification with a razor or sulfuric acid and various nitrogenous compounds on seed dormancy breaking and seedling growth of *A. adscendens* was investigated.

Results: The results of the first and second experiments showed that intact control seeds had only about 20% germination, but 10 minutes of treatment with boiling water and razor scarification increased germination to 60.57% and 70%, respectively. The best values for mean daily germination, peak value, and germination value were obtained with 5 minutes of sulfuric acid treatment, followed by 5 minutes in hydrochloric acid. The results of the third experiment showed that treatment with thiourea, potassium nitrate, and sodium nitroprusside had no significant effect on the germination of intact *A. adscendens* seeds, but significantly increased the percentage and rate of germination of seeds scarified with a razor or sulfuric acid, as well as the root and shoot length of seedlings. The greatest effect on germination percentage was achieved with the application of sodium nitroprusside (as a nitric oxide-producing compound) on seeds scarified with a razor (90%) or sulfuric acid (79%). Also, potassium nitrate caused the greatest increase in the root length of seedlings from seeds scarified with a razor or sulfuric acid, and the highest shoot length was obtained with the application of sodium nitroprusside.

Conclusion: The obtained results indicate that *A. adscendens* seeds have both physical and physiological dormancy, and scarification with a razor followed by treatment with sodium nitroprusside is suitable for breaking this dual dormancy.

Cite this article: Moein, M., & Amooaghaie, R. (2026). The interactive effects of seed scarification and different nitrogenous compounds on the germination and seedling growth of *Astragalus adscendens*. *Iranian Journal of Seed Research*, *12*(2), 133-156. http://doi.org/10.66224/yujs.12.2.133

© The Author(s).

Publisher: Yasouj University.

DOI: 10.66224/yujs.12.2.133

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

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.133]

Highlights

- Sulfuric acid or razor scarification breaks physical dormancy more effectively than boiling water in *A. adscendens*.
- For the first time, scarification + nitrogenous compounds overcame combined dormancy in *A. adscendens*.
- Razor scarification followed by sodium nitroprusside was the most effective treatment.

Introduction

Seed dormancy refers to a state where a viable seed does not germinate even when placed in suitable conditions for germination. Seed dormancy acts as a survival mechanism against unfavorable environmental conditions, such as low temperatures or lack of moisture (Wen et al., 2024). Physical dormancy is caused by one or more layers that are impermeable to water and oxygen in the seed coat or by the mechanical hardness of the seed cover. Special mechanical and chemical treatments known as scarification are commonly used to break physical dormancy. Sometimes, dormancy is related to physiological problems within the embryo that reduce embryo growth potential. Consequently, the embryo cannot overcome the mechanical limitations of its surrounding tissues (such as endosperm, pericarp, or fruit) unless it receives signals from the environment (Kildishova et al., 2020). These signals include changes in the ratio of gibberellins to abscisic acid or an increase in the level of chemical signals such as nitric oxide inside the seed, each of which lead to dormancy breaking and the initiation of the germination process (Mbi et al., 2022). For this reason, the use of a one - to two - percent solution of potassium nitrate (KNO_3) and thiourea is recommended by the International Seed Testing Association (ISTA) for breaking physiological dormancy in seeds (Kildishova et al., 2020).

Seed dormancy in legumes, especially in the *Astragalus* genus, is often physical dormancy related to seed coat hardness and is usually broken by physical treatments like scarification with sandpaper or chemical treatments like acid immersion (Sinjushin, 2021). Rostamipour et al. (2020) reported that scarification with sandpaper or chemical treatment with sulfuric acid led to an increase in germination percentage and seedling growth in three ecotypes (Damavand, Zanjan, and Semirom) of *Astragalus cyclophyllon*. Additionally, some species exhibit combined or dual dormancy. For example, a study by Ashraf Mehrabi and Hajinia (2019) showed that seeds of *Astragalus gossypinus* have combined physical and physiological dormancy, and scarification with sulfuric acid followed by treatment with potassium nitrate not only increases germination percentage but also enhances seedling length and vigor. Among *Astragalus species*, *Astragalus adscendens* is more abundant in the Zagros region (Mansouri et al., 2021). This species plays a significant role in soil and water conservation in the Zagros region, and its gum is highly valuable. However, its seeds germinate slowly, which is likely related to seed dormancy (Ghasemi et al., 2022). A review of the literature indicated that studies on *A. adscendens* dormancy are scarce, and the effect of nitrogen compounds on seed germination and early seedling establishment has not yet been investigated. Therefore, in

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

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.133]

the present study, to investigate both physical and physiological dormancy in *A. adscendens* seeds, the interactive effect of physical and chemical scarification with various nitrogen compounds on increasing germination rate and improving seedling establishment of *A. adscendens* was examined.

Method

Exp.1. Investigating the effect of different boiling water soaking times and scarification on breaking dormancy in A. adscendens seeds

In the first experiment, the effect of *A. adscendens* Boiss. & Hausskn soaking seeds in boiling water at 95°C for 5, 10, and 20 minutes, as well as scarification of seeds with a razor, on seed germination was investigated compared to control seeds. The experiment was conducted as a completely randomized design with 4 replications. After applying the treatments, the seeds were transferred to filter paper in Petri dishes, and their daily germination was monitored. The final germination percentage (FGP), peak value (PV), mean daily germination (MDG), and germination value (GV) of *A. adscendens* seeds after 10 days were calculated as indicators of germination integrity and rate, respectively, using formulas 1 to 4 (Khodadadi and Amooaghaei, 2024).

Exp. 2. Investigating the effect of different chemical scarification methods on breaking dormancy in A. adscendens seeds

In the second experiment, the effect of *A. adscendens* Boiss. & Hausskn soaking seeds in water, hydrochloric acid, sulfuric acid, acetic acid, and hydrogen peroxide at a concentration of 50% for 2, 5, and 10 minutes on breaking dormancy in *A. adscendens* seeds was investigated in a factorial experiment with a completely randomized design and 4 replications. After immersing each batch of seeds in the 50% solution of acids and hydrogen peroxide for 2, 5, and 10 minutes, the seeds were removed from the solutions and thoroughly washed with water to remove any residual compounds from the seeds. Then, the seeds were placed on filter paper in Petri dishes and germinated at 25°C. The number of germinated seeds was counted daily until no new germination was recorded for three consecutive days. The final germination percentage, mean daily germination, peak value, and germination value were calculated for each treatment according to formulas 1 to 4.

Exp.3. Investigating the interactive effect of scarification with different nitrogen compounds on seed dormancy breaking and seedling growth of A. adscendens

Given that in the two preliminary experiments, the effect of scarification with a razor and 5 minutes of treatment with sulfuric acid was better than other scarification methods, in the third experiment. The interactive effect of these two scarification methods and nitrogen compounds was evaluated in a two-factor factorial experiment within a completely randomized design with four replications (one Petri dish with 20 seeds was considered as a replicate per treatment). The factors included 3 levels of scarification (control without

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

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.133]

scarification, scarification with a razor, and 5 minutes of treatment with 50% sulfuric acid) and 4 levels of nitrogen compounds (control, 1% potassium nitrate, thiourea, and 100 µM sodium nitroprusside solution). Seeds were first divided into 3 groups: control (unscarified), scarified with sulfuric acid, and scarified with a razor. Then, the seeds of each group were divided into 4 subgroups and soaked in distilled water (control), potassium nitrate, thiourea, and sodium nitroprusside solutions for 8 hours. Afterwards, the seeds of each treatment were transferred to Petri dishes, and their germination was checked daily. Final germination percentage and germination rate (GR) were calculated according to formula 1 and equation 5 (Maguire, 1962). Also, the root and shoot length of 10-day-old seedlings in each Petri dish was measured with a ruler.

Statistical analysis

Analysis of variance of the data was performed using SPSS version 27, and comparisons among treatment means were carried out using Duncan's multiple range test. Graphs were plotted using Excel software.

Results

Effect of boiling water soaking and scarification on breaking dormancy of A. adscendens seeds

Based on the analysis of variance of the first experiment's results, the effect of physical treatments, including hot water soaking and razor scarification, on germination percentage, mean daily germination, peak value, and germination value of *A. adscendens* Boiss. & Hausskn seeds was significant at the 1% probability level (Table 1).

Figure 1 shows that while *A. adscendens* seeds showed 25% germination when soaked in tap water (control treatments), 10 minutes of immersion in boiling water and razor scarification increased seed germination to 57.60% and 70%, respectively, and significantly increased mean daily germination, peak value, and germination value (Figure 1- A to D). These results indicate that seed coat hardness is a serious barrier to radicle emergence, and scarification with a razor or softening the seed coat with hot water likely allows the embryo to overcome the seed covering, thereby increasing germination percentage and rate. The positive effect of hot water soaking or dry heat treatment on *Astragalus sinicus* has also been reported (Kim et al., 2008). With an increase in soaking time to 20 minutes, the effect of seed immersion in boiling water on germination percentage, peak value, mean daily germination, and germination value of *A. adscendens* seeds decreased, but the values were still higher than those of the control treatment, except for mean daily germination values, which reached the same level as the control treatment (Figure 1- A to D). It is probable that the high heat from prolonged hot water soaking weakened the embryo's ability to grow and break the seed coat. Compared to boiling water, razor scarification was more effective, increasing seed germination to 70% and also increasing mean daily germination, peak value, and germination value (Figure 1- A to D). The research by Patane and Gresta (2006) also showed that sandpaper scarification was the best treatment for breaking dormancy in *Astragalus hamosus*

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

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.133]

seeds. They also found that increasing dry heat to 80°C helped the germination of this *Astragalus species*, but further increases in temperature caused seed damage and reduced germination percentage.

Effect of various chemical scarification methods on breaking dormancy in A. adscendens seeds

The results of the analysis of variance of the second experiment showed that the effect of different chemical compounds and their treatment durations on breaking dormancy in *A. adscendens* seeds was significant at the 1% probability level (Table 2).

The results of the second experiment showed that chemical scarification with sulfuric acid, hydrochloric acid, acetic acid, and hydrogen peroxide significantly increased the germination indices of *A. adscendens* seeds (Figures 2 and 3). This result re-emphasizes that the physical dormancy of *A. adscendens* seeds is due to the hardness of their seed coat. Immersing the seeds in acids or compounds like hydrogen peroxide likely causes the digestion and decomposition of some waxes, lipids, or lignin in the seed coat, thereby reducing its hardness and mechanical resistance and increasing its permeability for water and oxygen uptake. This, in turn, enhances the speed and capacity of seed germination (Mbi et al., 2022). Among the chemical treatments, the best germination percentage (Figure 2), and the highest values for mean daily germination, peak value, and germination value were obtained with sulfuric acid treatment for 5 minutes, followed by hydrochloric acid application for 5 minutes (Figure 2- A to C), indicating that scarification with this acid significantly increased the germination capacity and rate of *A. adscendens* seeds. However, the current research showed that increasing the treatment time with hydrochloric acid and sulfuric acid to 10 minutes significantly decreased all seed germination indices compared to the 5-minute treatment (Figures 2 and 3). A review of the literature indicates that the optimal duration and concentration for seed scarification may vary depending on the type of chemical compound and the plant species. However, compared to sulfuric acid and hydrochloric acid, the application of acetic acid and hydrogen peroxide had less effect on the final germination percentage, mean daily germination, peak value, and germination value, with the best effect achieved by 10 minutes of immersion in these compounds (Figure 2- A to C). This is likely because acetic acid and hydrogen peroxide have weaker corrosive power compared to the other two acids, so treatment with these two compounds needs to be continued for a longer duration or at higher concentrations to digest the hard seed coat of *A. adscendens* seeds. Similarly, the research by Khodadadi and Amooaghaei (2024) also showed that 40 minutes of treatment of wild artichoke seeds with hydrochloric acid and sulfuric acid increased the germination percentage, mean daily germination, peak value, and germination value more than treatment with hydrogen peroxide and acetic acid. However, increasing the treatment duration with these acids reduced the seed germination indices and seedling growth of wild artichoke, and seedlings obtained from physical treatment with sandpaper and scalpel had more desirable length and weight.

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

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.133]

Interactive effect of scarification with different nitrogenous compounds on seed dormancy breaking and seedling growth of A. adscendens

According to the analysis of variance of the results of the third experiment, the independent effect of different scarification treatments (control, razor scarification, and sulfuric acid) and types of nitrogenous compounds (control, potassium nitrate, thiourea, and sodium nitroprusside), as well as their interactive effect on germination percentage, germination rate, and seedling growth of *A. adscendens*, was significant at the 1% probability level (Table 3).

The results of the third experiment showed that treatment with thiourea, and potassium nitrate, had no significant effect on the germination percentage of intact *A. adscendens* seeds, and only sodium nitroprusside slightly increased the germination percentage of these seeds. In contrast, treatment with these nitrogenous compounds significantly increased the germination percentage and rate of seeds scarified with a razor or sulfuric acid (Figure 4). The effectiveness of nitrogenous compounds also confirms that part of the dormancy of *A. adscendens* seeds is physiological; because nitrate has been proven to be effective in breaking physiological dormancy (Yan and Chen, 2020). Investigation of the interactive effect showed that treatment with various nitrogenous compounds had different effects on the germination percentage and rate of *A. adscendens* seeds scarified by different methods. All nitrogenous compounds (i.e., thiourea, potassium nitrate, and sodium nitroprusside) significantly increased the germination percentage of seeds scarified with a razor, but the greatest effect on germination percentage and rate was obtained with the application of sodium nitroprusside (as a nitric oxide-releasing compound) on seeds scarified with a razor or sulfuric acid. However, in seeds scarified with a razor, the effect of potassium nitrate and sodium nitroprusside on germination percentage and rate of seeds was similar (Figure 4). Amooaghaei and Rafiei (2022) also found that while treatment with nitrogenous compounds such as sodium nitroprusside and potassium nitrate had no effect on the germination of unscarified Myrtus communis seeds, these treatments significantly increased the germination of seeds scarified with a razor and sandpaper.

The results also showed that treatment with all nitrogenous compounds increased the root and shoot length of *A. adscendens* seedlings obtained from seeds scarified with a razor or acid. In both groups of seeds scarified with a razor or acid, the highest shoot length was obtained with the application of sodium nitroprusside. Potassium nitrate had the greatest effect on the root length of seedlings obtained from acid-scarified seeds, but the shoot length of seedlings obtained from razor-scarified seeds showed no significant difference between the application of sodium nitroprusside and potassium nitrate (Figure 5). Considering that in this experiment, treatment with sodium nitroprusside as a nitric oxide-producing compound, similar to nitrate and thiourea, significantly increased the germination percentage and rate and the shoot and root length of *A. adscendens* seedlings (Figures 3 and 4), the role of NO in breaking *A. adscendens* seed dormancy is highly probable, and it is possible that nitrate and thiourea also contributed to improving the germination percentage and rate and seedling growth of *A. adscendens* by stimulating nitric oxide production.

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

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.133]

Conclusion

The results of this study showed that *A. adscendens* seeds have physical dormancy that can be overcome by chemical and physical scarification methods, and also have some degree of physiological dormancy that can be alleviated by the application of nitrogenous compounds. The highest germination and seedling growth can be achieved with the combined treatment of razor scarification followed by treatment with sodium nitroprusside.

Authors' Contributions

First author: Sample preparation, experimental execution and data collection, calculations, statistical data analysis, information and results analysis and interpretation, manuscript drafting.

Second author: Thesis supervisor, research design, supervision of research stages, review and control of results, revision, review and finalization of the manuscript.

All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Data Availability Statement

Data available on request from the authors.

Acknowledgments

The authors gratefully acknowledge the anonymous reviewers for their insightful comments and constructive suggestions, which greatly improved the quality of this manuscript. We also thank the Faculty of Science, Shahrekord University for supporting this research.

Ethical Considerations

The authors declare that this research was conducted without data fabrication, falsification, or plagiarism, and that all ethical principles were observed throughout the study.

Funding

This research was financially supported by the Faculty of Science, Shahrekord University, as part of the first author's M.Sc. thesis project.

Conflict of Interest

According to the authors, this article has no conflict of interest.

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

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.133]

پژوهش‌های بذر ایران

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

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

برهمکنش خراش‌دهی بذر و ترکیبات نیتروژنی مختلف بر جوانه‌زنی و رشد دانه‌رست گون گزی (*Astragalus adscendens*)

نگین معین[1]، و ریحانه عموآقایی[2] ✉

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه زیست گیاهی، دانشکده علوم، دانشگاه شهرکرد،شهرکرد، ایران. رایانامه: neginmf4@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، استاد گروه زیست گیاهی، دانشکده علوم، دانشگاه شهرکرد ایران. رایانامه: amooaghaie@sku.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۰/۱۱
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۲/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۲/۱۶
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۱۲/۲۹

کلیدواژه‌ها:
اسید سولفوریک
تیغ
تیوره
سدیم نیتروپروساید
نیترات پتاسیم

چکیده

هدف: این پژوهش با هدف بررسی اثر تیمارهایی مانند خراش‌دهی بذر و ترکیبات نیتروژنی بر شکست خواب و شاخص‌های جوانه‌زنی بذر و رشد دانه‌رست گون گزی اجرا شد.

روش پژوهش: در تحقیق حاضر در اولین آزمایش تاثیر خیساندن بذرها در آب جوش ۹۵ درجه سلسیوس به مدت ۵، ۱۰، و۲۰ دقیقه و همچنین خراش‌دهی با تیغ بر جوانه‌زنی دانه در یک طرح کاملا تصادفی بررسی شد. در دومین آزمایش، اثر خراش‌دهی با انواع ترکیبات شیمیایی (آب، اسید کلریدریک، اسید سولفوریک، اسید استیک، و پراکسید هیدروژن با غلظت ۵۰ درصد) در مدت زمان‌های مختلف (۲، ۵ و۱۰ دقیقه) بر شکست خواب بذر مورد ارزیابی قرار گرفت. در سومین آزمایش، اثر برهمکنش خراش‌دهی دانه با تیغ یا اسید سولفوریک و انواع ترکیبات نیتروژنی بر شکست خواب بذر و رشد دانه‌رست گون گزی بررسی شد.

یافته‌ها: نتایج آزمایش اول و دوم نشان داد بذرهای دست نخورده شاهد فقط حدود ۲۰ درصد جوانه‌زنی داشتند اما ۱۰ دقیقه تیمار با آب جوش و خراش با تیغ جوانه‌زنی را به ۶۰/۵۷ و ۷۰ درصد رساند و بهترین مقادیر میانگین روزانه جوانه‌زنی، عدد پیک و ارزش جوانه‌زنی با تیمارهای ۵ دقیقه در اسید سولفوریک و پس از آن ۵ دقیقه در اسید کلریدریک حاصل شد. نتایج آزمایش سوم نشان داد تیمار با تیوره، نیترات پتاسیم و سدیم نیتروپروساید روی جوانه‌زنی بذرهای دست نخورده گون گزی اثر معنی‌داری نداشت، اما درصد و سرعت جوانه‌زنی بذرهای خراش‌دهی شده با تیغ یا اسید سولفوریک و همچنین طول ریشه‌چه و ساقه‌چه دانه‌رست را به طور معنی‌داری افزایش داد. بیشترین اثر بر درصد جوانه‌زنی با کاربرد سدیم نیتروپروساید (به عنوان یک ترکیب تولید کننده نیتریک اکساید) بر روی بذرهای خراش‌دهی شده با تیغ (۹۰ درصد) و با اسید سولفوریک (۷۹ درصد) به دست آمد. همچنین، نیترات پتاسیم موجب بیشترین افزایش طول ریشه‌چه در دانه‌رست حاصل از دانه‌های خراش‌دهی شده با تیغ یا اسید سولفوریک شد و بالاترین طول ساقه‌چه با کاربرد سدیم نیتروپروساید به دست آمد.

نتیجه‌گیری: نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که بذرهای گون گزی دارای دو نوع خواب فیزیکی و فیزیولوژیکی هستند و خراش‌دهی با تیغ و سپس تیمار با سدیم نیتروپروساید برای رفع این خواب دوگانه مناسب است.

جنبه‌های نوآوری:

- تیمار با اسید سولفوریک یا تیغ، خواب فیزیکی گون گزی را بهتر از آب جوش می‌شکند.
- برای اولین بار، خواب ترکیبی گون گزی با خراش‌دهی + ترکیبات نیتروژنی رفع شد.
- خراش‌دهی با تیغ و سدیم نیتروپروساید موثرترین تیمار بود.

استناد: معین، نگین؛ و عموآقایی، ریحانه (۱۴۰۴). بررسی اثر خراش‌دهی بذر و ترکیبات نیتروژنی مختلف بر جوانه‌زنی و رشد دانه‌رست گون گزی (*Astragalus adscendens*). *پژوهش‌های بذر ایران*، ۱۲(۲)، ۱۵۶-۱۳۳. http://doi.org/10.66224/yujs.12.2.133

ناشر: دانشگاه یاسوج.

© نویسندگان.

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

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.133]

مقدمه

جوانه‌زدن بذر یکی از مراحل حیاتی در چرخه زندگی گیاهان می‌باشد. در برخی گونه‌ها، به‌ویژه در گیاهان یکساله، بذرها پس از پراکندگی و در صورت قرار گرفتن در شرایط محیطی مناسب، مانند دماهای مطلوب و دسترسی به آب و اکسیژن، جوانه‌زنی را آغاز می‌کنند. اما برای بسیاری از گونه‌ها، جوانه‌زنی بلافاصله پس از قرار گرفتن در شرایط مساعد امکان‌پذیر نیست و این فرآیند تنها پس از طی یک دوره خواب طبیعی بذرها آغاز می شود (امبی[۱] و همکاران، ۲۰۲۲). به‌طور کلی خواب بذر به حالتی اطلاق می‌شود که بذر زنده حتی وقتی در شرایط مناسب برای جوانه‌زنی قرار دارد، جوانه نزند. بذر این گیاهان پس از رسیدن، وارد مرحله خواب یا رکود می‌شود که به عنوان یک سازوکار بقاء در برابر شرایط نامساعد محیطی، مانند دماهای پایین یا کمبود رطوبت، عمل می‌کند (ون[۲] و همکاران، ۲۰۲۴).

خواب فیزیکی ناشی از یک یا چند لایه غیر قابل نفوذ به آب و اکسیژن در پوسته دانه یا سختی مکانیکی پوشش بذر ایجاد می‌شود. این نوع خواب تنها در نهاندانگان مشاهده شده است (کیلدیشوا[۳]، ۲۰۲۰). در دانه‌های بقولات، سختی پوشش دانه به دلیل وجود سوبرین، لیگنین و یا کوتین در دیواره‌های سلول‌های پوسته بذر است (لامونت و پوساس[۴]، ۲۰۲۳). معمولا برای شکست خواب فیزیکی، از تیمارهای ویژه مکانیکی و شیمیایی موسوم به خراش‌دهی[۵] استفاده می‌شود (ون و همکاران، ۲۰۲۴). جوانه‌زنی بذرهایی که دارای خواب مکانیکی هستند را می‌توان به طور مصنوعی بوسیله ساییدن با سمباده، سوهان و یا شن، سوراخ کردن پوسته بذر، استفاده از آب جوش، استفاده از ترکیبات شیمیایی مانند اسیدکلریدریک و اسید سولفوریک برای مدت زمان معین افزایش داد (دای[۶] و همکاران، ۲۰۲۳). برای مثال، کلانتری خلیل‌آباد[۷] و همکاران (۲۰۲۵) گزارش کردند که خواب فیزیکی بذرهای تلخ بیان (*Sophora alopecuroides* L.) با خیساندن بذر در آب داغ یا تیمار با اسید سولفوریک مرتفع می‌شود. سختی بذر بطور عمده ژنتیکی است، اما شرایط محیطی در طول بلوغ و نمو دانه روی گیاه مادری نیز می‌تواند بر شدت این ویژگی تأثیر بگذارد. مثلا وقتی گون آجدار *A. penduliforus*، در خاک‌های غنی از ترکیبات کلسیم رشد می‌کند بذرها دارای پوسته سخت و در نتیجه خواب فیزیکی می‌باشند و خراش‌دهی با سمباده باعث حصول نتیجه ۱۰۰ درصدی در شکست خواب بذر می‌شود (لامونت و پوساس، ۲۰۲۳).

گاهی خواب بذر ناشی از بازدارندگی فیزیولوژیکی جنین است. خواب فیزیولوژیکی رایج‌ترین نوع خواب است که در بازدانگان و تمامی کلادهای اصلی نهاندانگان رخ می‌دهد. این نوع خواب مرتبط با مشکلات فیزیولوژیکی در درون جنین است که باعث کاهش در پتانسیل رشد آن می‌شود، و در نتیجه جنین نمی‌تواند بر محدودیت‌های مکانیکی بافت‌های اطراف خود (مثل آندوسپرم، پوسته یا میوه) غلبه کند، مگر اینکه نشانه‌هایی از محیط اطراف دریافت کند (کیلدیشوا، ۲۰۲۰). این نشانه‌ها شامل تغییر در نسبت هورمون‌های جیبرلین به آبسیزیک اسید یا افزایش سطح پیام‌های شیمیایی مانند نیتریک اکساید در داخل بذر است که منجر به شکست خواب و شروع فرآیند جوانه‌زنی می‌شوند (امبی و همکاران ، ۲۰۲۲). به همین دلیل استفاده هورمون جیبرلین یا از محلول یک تا دو درصد نیترات پتاسیم (KNO_3) و تیوره توسط انجمن بین‌المللی گواهی بذر (ISTA) برای شکست خواب فیزیولوژیکی بذرها توصیه شده است (کیلدیشوا، ۲۰۲۰). برای مثال کاربرد نیترات پتاسیم سبب شکست خواب فیزیولوژیکی در بذرهای خواب فیزیولوژیکی بذر کما[۸] (عموآقایی[۹]، ۲۰۰۷) و قیچ[۱۰] (عموآقایی، ۲۰۱۴) و کرفس کوهی[۱۱] (عموآقایی و ولی‌وند[۱۲]، ۲۰۱۴) شد. اثر مثبت

[1] Mbi
[2] Wen
[3] Kildisheva
[4] Lamont and Pausas
[5] Scarification
[6] Dai
[7] Kalantari Khalilabad
[8] *Ferula ovina*
[9] Amooaghaie
[10] *Zygophyllum atriplicoides*
[11] *Kelussia odoratissima* Mozaff.
[12] Amooaghaie and Valivand

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-10-06]
[DOI: 10.66224/yujs.12.2.133]

نیترات پتاسیم، تیوره و سدیم نیتروپروساید (یک ترکیب رهاکننده نیتریک اکساید) هم در بهبود جوانه‌زنی بذرهای کنگر وحشی پس از خراش‌دهی پوسته گزارش شده است (عموآقایی و خدادادی[1]، ۲۰۲۳). درباره سازوکار اثر ترکیبات نیتروژنی بر شکست خواب بذرها فرضیات مختلفی ارائه شده است. ثابت شده است که تیمار نیترات پتاسیم از طریق افزایش نسبت جیبرلین به آبسیزیک اسید یا به‌وسیله فعال کردن مسیر تنفسی پنتوز فسفات و همچنین اسیدی کردن دیواره‌های سلول‌ها منجر به شکست خواب دانه می‌شود (یان و چن[2]، ۲۰۲۰). یک سازوکار پیشنهادی دیگر آن است که نیترات یک سوبسترا برای آنزیم نیترات روکتاز است که در تولید نیتریک اکساید (NO) در بذر نقش دارد و مولکول پیام‌رسان نیتریک اکساید در افزایش نسبت جیبرلین به آبسیزیک اسید و در نتیجه رفع خواب بذر مشارکت دارد (بثک[3] و همکاران، ۲۰۰۷؛ ۲۰۱۸).

خواب بذر در تیره بقولات و بخصوص گون‌ها، اغلب از نوع خواب فیزیکی و مرتبط با سختی پوسته است و معمولا با کاربرد تیمارهای فیزیکی مانند خراش با سنباده و یا تیمارهای شیمیایی مانند فرو بردن در اسید شکسته می‌شود (سینجوشین[4]، ۲۰۲۱). رستمی‌پور[5] و همکاران (۲۰۲۰) هم گزارش کردند که تیمار خراش‌دهی با سنباده یا تیمار شیمیایی با اسید سولفوریک منجر به افزایش درصد جوانه‌زنی و رشد دانه‌رست در سه اکوتیپ دماوند، زنجان و سمیرم از گونه *Astragalus cyclophylion* شد. علاوه بر این، برخی گون‌ها دارای خواب ترکیبی و دوگانه هستند. برای مثال، مطالعه اشرف مهرابی و حاجی نیا[6] (۲۰۱۹) نشان داد که بذر گون سفید (*Astragalus gossypinus*) دارای خواب ترکیبی فیزیکی و فیزیولوژیکی است و خراش‌دهی با اسید سولفوریک و سپس تیمار با نیترات پتاسیم نه تنها درصد جوانه‌زنی را افزایش می‌دهد بلکه رشد طولی و بنیه دانه‌رست را هم تقویت می‌کند. از میان گونه‌های جنس گون، گون گزی (*Astragalus adscendens* Boiss. & Hausskn) فراوانی بیشتری در منطقه زاگرس دارد (منصوری[7] و همکاران، ۲۰۲۲). این گونه نقش مهمی در حفظ منابع آب و خاک در منطقه زاگرس ایفا می‌کند و صمغ آن بسیار با ارزش است. به هر حال دانه‌های آن به کندی جوانه می‌زنند که احتمالا مرتبط با خواب بذر است (قاسمی[8] و همکاران، ۲۰۲۲). خواب به‌عنوان یک سازگاری طبیعی، می‌تواند از جوانه‌زنی زودهنگام و غیرمؤثر در شرایط نامناسب محیطی جلوگیری کند، اما در عین حال، خواب طولانی‌مدت بذرها می‌تواند به کاهش موفقیت در استقرار گیاهان جدید منجر شود (امبی و همکاران، ۲۰۲۲).

بررسی منابع نشان داد که مطالعات روی خواب گون گزی ناچیز است و اثر ترکیبات نیتروژنی بر جوانه‌زنی بذر و استقرار اولیه گیاهچه آن تاکنون بررسی نشده است. در پژوهش حاضر، برای بررسی دو نوع خواب فیزیکی و فیزیولوژیکی در بذر گون گزی، برهمکنش خراش‌دهی فیزیکی و شیمیایی با انواع ترکیبات نیتروژنی بر افزایش نرخ جوانه‌زنی و بهبود استقرار دانه‌رست گون گزی بررسی شد.

مواد و روش‌ها

بذرهای گون گزی (*Astragalus adscendens* Boiss. & Hausskn) از شرکت پاکان بذر اصفهان خریداری شدند و بر طبق گزارش این شرکت، از منطقه سرد و کوهستانی سمیرم در سال ۱۴۰۳جمع‌آوری شدند. همه آزمایش‌ها در آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهی، دانشکده علوم دانشگاه شهرکرد در سال ۱۴۰۳ اجرا شد. لازم به ذکر است که در هر ۳ آزمایش این تحقیق، هر پتری معادل یک تکرار در نظر گرفته شد و برای هر تیمار ۴ پتری حاوی ۲۰ بذر مورد بررسی قرار گرفت. به عبارت دیگر اثر هر تیمار بر مجموع ۸۰ بذر ارزیابی شد.

[1] Amooaghaie and Khodadadi
[2] Yan & Chen
[3] Bethke
[4] Sinjushin
[5] Rostami pour
[6] Ashraf mehrabi and Haji niya
[7] Mansoori
[8] Ghasemi

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-10-06]
[DOI: 10.66224/yujs.12.2.133]

بررسی اثر خراش‌دهی و زمان‌های مختلف خیساندن در آب داغ بر شکست خواب بذر گون گزی: در اولین آزمایش تاثیر خیساندن بذرها در آب جوش ۹۵ درجه سلسیوس به مدت ۵، ۱۰، ۲۰ دقیقه و همچنین اثر تراشیدن سطحی پوسته بذر با تیغ معمولی بر جوانه‌زنی دانه در مقایسه با بذرهای شاهد بررسی شدند. آزمایش بصورت طرح کاملا تصادفی با ۴ تکرار انجام شد. پس از اعمال تیمارها، بذرها به روی کاغذ صافی در پتری ها منتقل شدند و روند جوانه‌زنی روزانه آنها در دمای ۲۵ درجه سلسیوس بررسی شد و پس از ۱۰ روز، جوانه‌زنی نهایی بذر (FGP[1]) ، عدد پیک (PV[2])، میانگین جوانه‌زنی روزانه (MDG[3]) و ارزش جوانه‌زنی (GV[4]) به عنوان معرف تمامیت و سرعت جوانه‌زنی به ترتیب از طریق رابطه ۱ تا ۴ محاسبه گردید (خدادادی و عموآقایی[5]، ۲۰۲۴).

رابطه ۱: $PG = (n / N) \times 100$

n: تعداد دانه‌های جوانه‌زده هر پتری

N: تعداد کل بذرهای هر پتری

رابطه ۲: $PV = \frac{\text{درصد بیشترین جوانه‌زنی}}{\text{روز مربوط به بیشترین جوانه‌زنی}}$

رابطه ۳: $MDG = \frac{\text{کل دانه‌های جوانه زده}}{\text{تعداد کل روز های آزمایش}}$

رابطه۴: $GV = PV \times MDG$

بررسی اثر انواع خراش‌دهی شیمیایی بر شکست خواب بذر گون گزی: در آزمایش دوم اثر خیساندن در آب، اسید کلریدریک، اسید سولفوریک، اسید استیک، و پراکسید هیدروژن با غلظت ۵۰ درصد در مدت زمان‌های ۲، ۵ و۱۰ دقیقه بر شکست خواب بذر گون گزی در یک آزمایش فاکتوریل با طرح کاملا تصادفی و ۴ تکرار بررسی شد. پس از فرو بردن هر دسته از بذرها در محلول‌های ۵۰ درصد اسیدها و پراکسید هیدروژن به مدت ۲، ۵ و۱۰ دقیقه، بذرها از محلول‌های مذکور خارج و با آب کاملا شسته شدند تا ترکیبات اضافی باقیمانده روی دانه‌ها حذف شود. سپس بذرها روی کاغذ صافی در پتری‌ها چیده شدند و در دمای ۲۵ درجه سلسیوس جوانه زدند. تعداد بذرهای جوانه‌زده روزانه شمارش شدند تا وقتی که ۳ روز متوالی جوانه‌زنی جدیدی ثبت نشد. درصد جوانه‌زنی نهایی، میانگین جوانه‌زنی روزانه، عدد پیک، و ارزش جوانه‌زنی مطابق رابطه‌های ۱ تا ۴ برای هر تیمار محاسبه شد.

بررسی برهمکنش خراش‌دهی با ترکیبات نیتروژنی بر شکست خواب بذر و رشد دانه‌رست گون گزی: با توجه به اینکه در دو آزمایش مقدماتی اثر خراش با تیغ و ۵ دقیقه تیمار با اسید سولفوریک بهتر از سایر روش‌های خراش‌دهی بود، در آزمایش سوم، اثر برهمکنش این دو روش خراش‌دهی و ترکیبات نیتروژنی در یک آزمایش فاکتوریل دو عاملی در قالب طرح کاملا تصادفی با ۴ تکرار ارزیابی شد. فاکتورها شامل ۳ سطح خراش‌دهی (شاهد بدون خراش، خراش با تیغ و ۵ دقیقه تیمار در اسید سولفوریک ۵۰ درصد) و ۴ سطح ترکیبات نیتروژنی (شاهد، نیترات پتاسیم و تیوره ۱ درصد و محلول ۱۰۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید) بود. دانه‌ها ابتدا به صورت ۳ گروه شاهد (خراش‌دهی نشده)، خراش‌دهی با اسید سولفوریک و تیغ، آماده شدند. سپس دانه‌های هر گروه به ۴ دسته تقسیم شدند و در آب مقطر (شاهد)، محلول‌های نیترات پتاسیم، تیوره و سدیم نیتروپروساید به مدت ۸ ساعت خیسانده شدند. بعد بذرهای هر تیمار به پتری‌ها منتقل شدند و پتری‌ها در دمای ۲۵ درجه سلسیوس قرار داده شدند و به میزان مساوی با آب مقطر آبیاری شدند و جوانه‌زنی آنها روزانه بررسی شد. جوانه‌زنی نهایی مطابق با رابطه ۱ و سرعت جوانه‌زنی (GR[6]) مطابق با رابطه ۵ (مگیور[7]، ۱۹۶۲) محاسبه شد. همچنین طول ریشه‌چه و ساقه‌چه دانه‌رست‌های ۱۰ روزه هر پتری بر حسب واحد میلی‌متر با خط‌کش اندازه‌گیری شد.

رابطه ۵: $GR = \frac{\text{تعداد بذر جوانه زده}}{\text{اولین روز شمارش جوانه زنی}} + \cdots\cdots\cdots\cdots + \frac{\text{تعداد بذر جوانه زده}}{\text{آخرین روز شمارش جوانه زنی}}$

[1] Final germination percentage
[2] Peak value
[3] Mean daily germination
[4] Germination value
[5] Khodadadi &Amooaghaie
[6] Germination rate
[7] Maguire

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-10-06]
[DOI: 10.66224/yujs.12.2.133]

جدول ۱. تجزیه واریانس داده‌های حاصل از اثر تیمارهای فیزیکی بر برخی شاخص‌های جوانه‌زنی بذر گون گزی

Table 1. Analysis of variance for the effect of physical treatments on the germination indices of *Astragalus adscendens* seeds

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f.	درصد جوانه‌زنی نهایی Final germination percentage	میانگین جوانه‌زنی روزانه Mean daily germination	عدد پیک Peak value	ارزش جوانه‌زنی Germination value
تیمارهای فیزیکی Physical treatments	4	815.226**	0.4537**	0.0713**	0.423**
خطا Error	15	4.73	0.0025	0.0055	0.0038
ضریب تغییرات CV (%)		16.7	4.5	2.8	1.9

** Significant differences at 1% probability level

**معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد

تجزیه آماری: تجزیه واریانس داده‌ها با نسخه ۲۷ نرم افزار SPSS و مقایسه میانگین میان داده‌های هر صفت با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اجرا شد. نمودارها با استفاده از نرم افزار اکسل ترسیم شدند.

نتایج و بحث

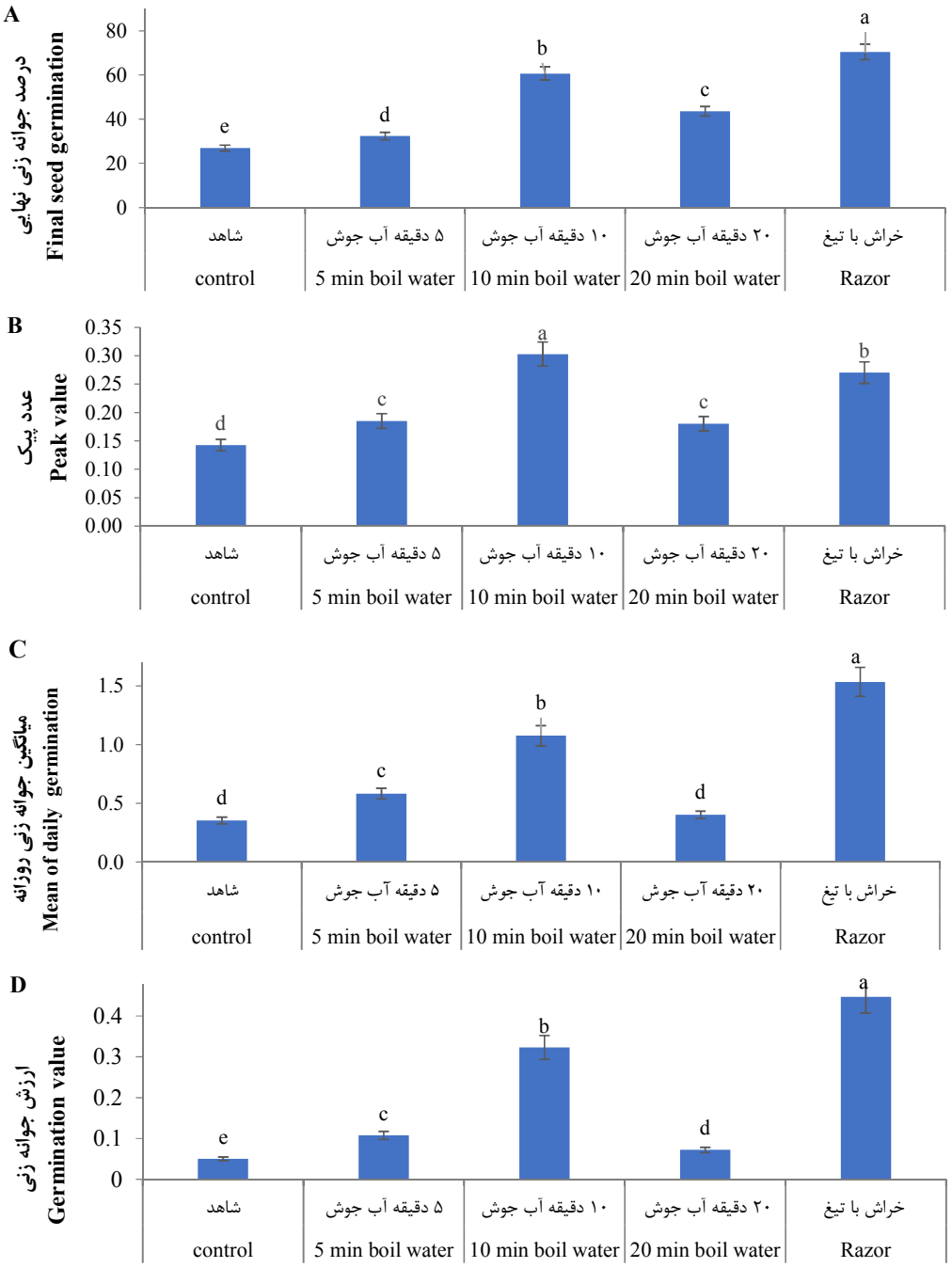
اثر خیساندن در آب داغ و خراش با تیغ بر شکست خواب بذر گون گزی: بر طبق تجزیه واریانس نتایج آزمایش اول، اثر تیمارهای فیزیکی خیساندن در آب داغ و خراش با تیغ، بر درصد جوانه‌زنی، میانگین روزانه جوانه‌زنی، عدد پیک، و ارزش جوانه‌زنی بذر در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بوده است (جدول ۱).

شکل ۱ نشان می‌دهد درحالی‌که با خیساندن در آب معمولی (تیمارهای شاهد)، بذرهای گون گزی ۲۵ درصد جوانه زدند، ۱۰ دقیقه فرو بردن در آب جوش و خراش دهی با تیغ، جوانه‌زنی بذرها را به ۶۰/۵۷ و ۷۰ درصد رساند و بطور معنی‌داری میانگین جوانه‌زنی روزانه، عدد پیک، و ارزش جوانه‌زنی را افزایش داد (شکل۱- A تا D). این نتایج نشان می‌دهد سختی پوسته یک مانع جدی برای خروج ریشه‌چه است و احتمالا خراش با تیغ یا نرم کردن آن با آب داغ امکان غلبه رویان بر پوشش دانه را فراهم می‌آورد و در نتیجه درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر را افزایش می‌دهد. اثر مثبت خیساندن بذر در آب داغ و یا گرمادهی خشک برای شکست خواب *Astragalus sinicus* هم گزارش شده است (کیم[1] و همکاران، ۲۰۰۸). با افزایش زمان به ۲۰ دقیقه، اثر فرو بردن دانه‌ها در آب جوش بر درصد جوانه‌زنی، عدد پیک، میانگین جوانه‌زنی روزانه و ارزش جوانه‌زنی گون گزی افت کرد اما مقادیر هنوز بیشتر از تیمار شاهد بود به جز مقادیر میانگین جوانه‌زنی روزانه که به حد مساوی تیمار شاهد رسید (شکل۱- A تا D). احتمالا گرمای زیاد ناشی از خیساندن بلندمدت در آب داغ موجب تضعیف توان رویان برای رشد و پاره کردن پوسته شده است. آق[2] و همکاران (۲۰۱۷) هم گزارش کردند در حالی‌که یک دقیقه فرو بردن در آب جوش درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر گونه *Astragalus podolobus* را به‌طور چشمگیری افزایش داد، این اثرات با زمان‌های طولانی‌تر خیساندن در آب داغ افت کرد.

در مقایسه با آب جوش، خراش‌دهی با تیغ موثرتر بود و جوانه‌زنی بذرها را به ۷۰ درصد رساند و میانگین جوانه زنی روزانه، عدد پیک، و ارزش جوانه‌زنی را بیشتر افزایش داد (شکل۱- A تا D). تحقیق پاتانه و گرستا[3] (۲۰۰۶) هم نشان داد که خراش‌دهی با سنباده بهترین تیمار برای شکست خواب بذر *Astragalus hamosus* بود. آنها همچنین دریافتند که افزایش گرمای خشک تا ۸۰ درجه سلسیوس به جوانه‌زنی بذر این گونه گون کمک کرد اما افزایش بیشتر دما موجب آسیب بذرها و کاهش

[1] Kim
[2] Agh
[3] Patanè and Gresta

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-10-06]
[DOI: 10.66224/yujs.12.2.133]



شکل ۱. اثر زمان‌های مختلف خیساندن در آب جوش (۵، ۱۰ و ۲۰ دقیقه) و خراش‌دهی با تیغ بر درصد جوانه‌زنی (A)، عدد پیک (B)، میانگین جوانه‌زنی روزانه (C) و ارزش جوانه‌زنی (D) دانه‌های گون گزی.

بر طبق آزمون چند دامنه‌ای دانکن، ستون‌ها با یک حرف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد با هم تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig. 1. The effect of different soaking times in boiling water (5, 10, and 20 min) and razor scarification on final germination percentage (A), peak value (B), mean daily germination (C), and germination value (D) of *Astragalus adscendens* seeds. According to Duncan's multiple range test, columns sharing the same letter do not differ significantly at the 5% probability level.

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

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.133]

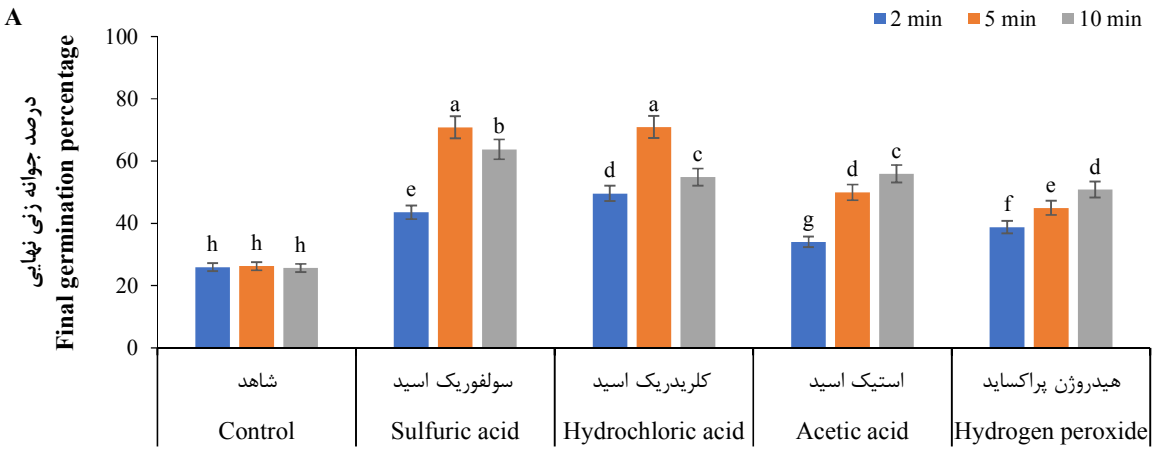
جدول۲. تجزیه واریانس داده‌های حاصل از اثر خراش‌دهی با ترکیبات شیمیایی مختلف و مدت‌های تیمار با آنها بر برخی شاخص‌های جوانه‌زنی دانه گون گزی

Table 2. Analysis of variance for the effect of various chemical scarification treatments and their durations on the germination indices of *Astragalus adscendens* seeds

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f.	درصد جوانه‌زنی نهایی Final germination percentage	میانگین جوانه‌زنی روزانه Mean daily germination	عدد پیک Peak value	ارزش جوانه‌زنی Germination value
خراش شیمیایی Chemical scarification	4	2195.719**	0.147464**	0.02930**	0.0269**
زمان Time	2	1157.905**	0.1041**	0.02126**	0.2989**
زمان×خراش شیمیایی Chemical scarification × Time	8	199.088**	0.02736**	0.0092**	0.0105**
خطا Error	45	2.324	0.00051	0.00021	0.000014
ضریب تغییرات (درصد) C.V. (%)		19.6	5.7	4.3	10.2

**معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد

** Significant differences at 1% probability level



شکل۲. اثرخراش‌دهی شیمیایی با انواع ترکیبات به مدت ۲، ۵ و ۱۰ دقیقه بر درصد جوانه‌زنی دانه‌های گون گزی.

بر طبق آزمون چند دامنه‌ای دانکن، ستون‌ها با یک حرف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد با هم تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig. 2. Effect of chemical scarification with various compounds for 2, 5, and 10 min on the final germination percentage of *Astragalus adscendens* seeds. According to Duncan's multiple range test, columns sharing the same letter do not differ significantly at the 5% probability level.

درصد جوانه‌زنی شد.

اثر انواع خراش‌دهی شیمیایی بر شکست خواب بذر گون گزی: نتایج تجزیه واریانس آزمایش دوم نشان داد اثر انواع ترکیبات شیمیایی و مدت‌های تیمار با آنها بر شکست خواب بذر گون گزی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بوده است (جدول ۲).

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

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.133]

نتایج آزمایش دوم نشان داد که خراش‌دهی شیمیایی با اسید سولفوریک، اسید کلریدریک، اسید استیک، و پراکسید هیدروژن در حد معنی‌داری، شاخص‌های جوانه زنی بذرهای این گیاه را افزایش داد (شکل ۲ و ۳). این نتیجه دوباره تاکید می‌کند که خواب فیزیکی بذرهای گون گزی ناشی از سختی پوسته آن‌ها است. در طبیعت تغذیه برخی پرندگان از بذوری با پوسته سخت موجب هضم این پوسته بوسیله اسیدهای معده آنها می‌شود و پس از دفع دانه از روده پرندگان، این بذرها جوانه می‌زنند یا میکروارگانیسم‌های خاک به تجزیه برخی ترکیبات در پوسته بذر کمک می‌کنند (کیلدیشوا، ۲۰۲۰). فرو بردن دانه‌ها در اسیدها یا سایر ترکیبات شیمیایی هاضم در آزمایشگاه در حقیقت، تقلیدی از این فرآیندهای طبیعی به شمار می‌رود (ون[1] و همکاران، ۲۰۲۴). احتمالا فرو بردن بذرها در اسیدها یا ترکیباتی مانند پراکسید هیدروژن باعث هضم و تجزیه برخی موم‌ها، لیپیدها و یا لیگنین در پوسته بذر شده و در نتیجه سختی و مقاومت مکانیکی پوسته را کاهش و تراوایی آن برای جذب آب و اکسیژن را افزایش می‌دهد و همین امر سرعت و قدرت جوانه‌زنی بذر را تقویت می‌کند (امبی و همکاران، ۲۰۲۲).

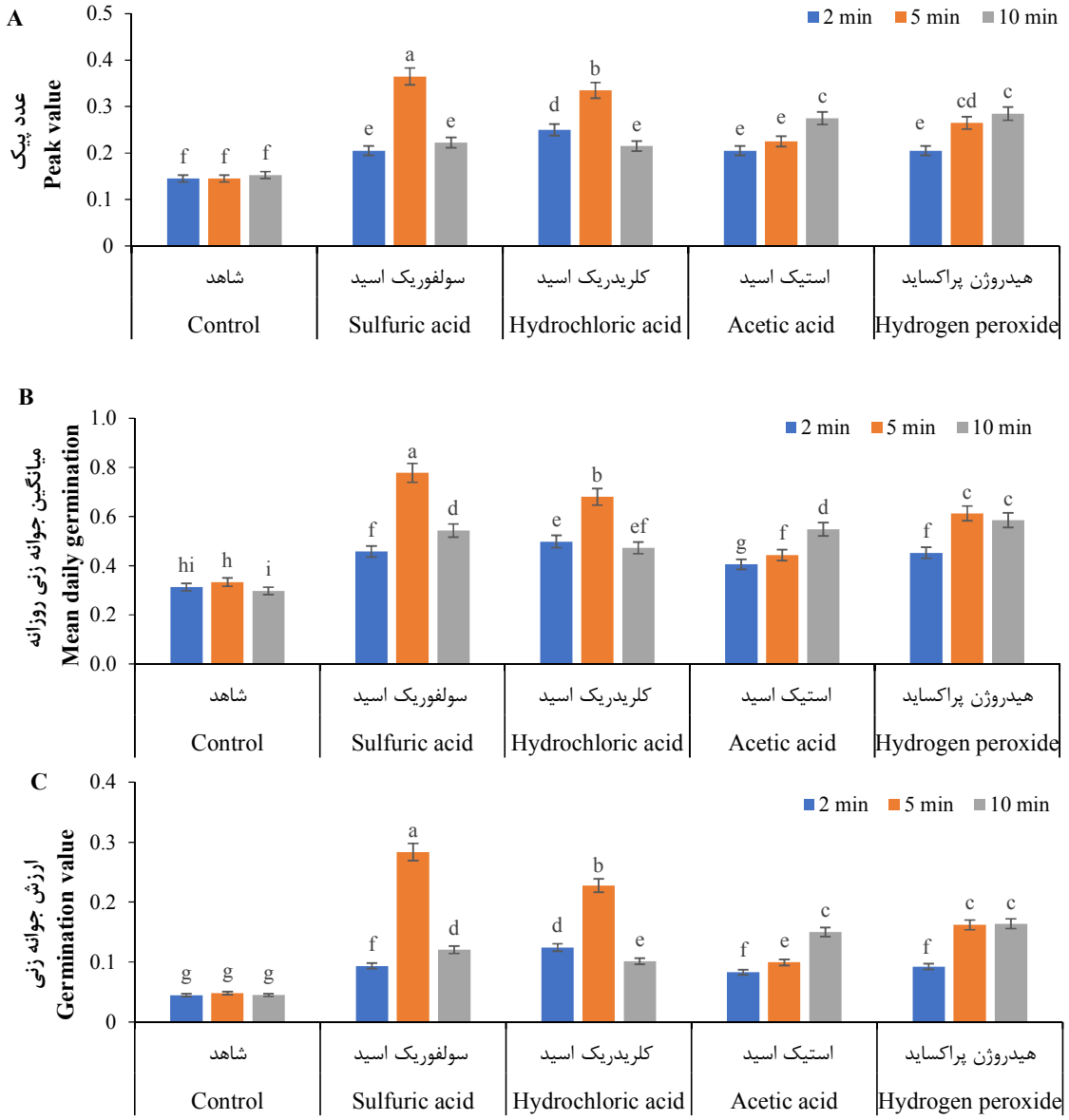
در بین تیمارهای شیمیایی، بهترین درصد جوانه‌زنی (شکل ۲)، و بیشترین مقادیر میانگین روزانه جوانه‌زنی، عدد پیک، و ارزش جوانه‌زنی با تیمارهای اسید سولفوریک به مدت ۵ دقیقه و پس از آن با کاربرد اسید کلریدریک به مدت ۵ دقیقه حاصل شد (شکل۲- A تا C) که نشان می‌دهد خراش‌دهی با این اسید ظرفیت و سرعت جوانه زنی دانه گون گزی را در حد معنی‌داری افزایش داده است. مشابه با نتایج ما، طویلی[2] و همکاران (۲۰۱۴) با بررسی اثر ۴ تیمار پراکسید هیدروژن ۳۰ درصد به مدت ۵ دقیقه، آب داغ به مدت ۵ دقیقه، اسید سولفوریک ۹۸ درصد برای ۵ دقیقه و ۱۰ روز سرمادهی روی بذر دو جنس *A. adscendens* و *A. podolobus* دریافتند، تیمار با اسید سولفوریک توانست ۴۴ درصد جوانه‌زنی بذرهای گون گزی (*A. adscendens*) را افزایش دهد و همچنین این تیمار موجب کاهش میانگین زمان جوانه‌زنی از ۷ به ۵ روز شد. مطالعات دیگر نشان داد که ۲ تا ۳۰ دقیقه تیمار بذرهای *Crotalaria verrucose* L. با اسید کلریدریک (اکوون و ابوه[3]، ۲۰۱۷)، و تیمار بذرهای نمدار با پراکسید هیدروژن (مولاشاهی[4] و همکاران، ۲۰۱۷) موجب شکست خواب فیزیکی و افزایش جوانه‌زنی دانه شد. به هر حال در پژوهش حاضر، با افزایش زمان تیمار با اسید کلریدریک و اسید سولفوریک به ۱۰ دقیقه، میزان همه شاخص‌های جوانه‌زنی دانه نسبت به تیمار ۵ دقیقه در حد معنی‌داری افت پیدا کرد (شکل ۲ و ۳). مدت زمان و غلظت بهینه برای خراش‌دهی بذرها ممکن است بسته به نوع ترکیب شیمیایی و همچنین گونه گیاهی متفاوت باشد. برای مثال، برای شکست خواب ناشی از پوسته های به شدت لیگنینی بذرهای کنگر وحشی، تیمار ۴۰ دقیقه با اسید کلریدریک و اسید سولفوریک بهتر بود. اما مشابه با نتایج این تحقیق، این اسیدها بیشتر از تیمار با پراکسید هیدروژن و اسید استیک درصد جوانه‌زنی، میانگین روزانه جوانه‌زنی، عدد پیک و ارزش جوانه‌زنی را افزایش داد و افزایش مدت زمان تیمار با این اسیدها شاخص‌های جوانه زنی دانه و رشد دانه‌رست کنگر وحشی را کاهش داد. در حالی که دانه‌رست‌های حاصل از تیمار فیزیکی با سنباده و اسکالپل طول و وزن مطلوب‌تری داشتند (عموآقایی و خدادادی، ۲۰۲۴). در کل، اگرچه خراش‌دهی با اسیدها، روشی ساده و سریع برای کاهش خواب بذر است اما دارای معایبی نیز هست. از جمله آن که کاربرد بلندمدت اسیدها با هضم شدید پوسته می‌تواند باعث آسیب به رویان دانه شود. همچنین اگر ضخامت پوسته بذرهای مختلف یک توده یکسان نباشد یا پوشش برخی از آن‌ها دارای ترک باشد ممکن است حتی با زمان کم، ورود اسید اضافی به برخی بذرها موجب آسیب به رویان برخی دانه‌ها و عدم یکنواختی جوانه‌زنی شود. بنابر این استفاده از این روش نیازمند مهار دقیق غلظت و زمان تماس با اسید برای بذرهای هر گونه است (رستمی پور و همکاران، ۲۰۲۰).

در مقایسه با اسید سولفوریک و اسید کلریدریک، کاربرد اسید استیک و پراکسید هیدروژن اثر کمتری بر درصد جوانه‌زنی نهایی، میانگین روزانه جوانه‌زنی، عدد

[1] Wen
[2] Tavili
[3] Okwon and Eboh
[4] Mollashahi

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-10-06]
[DOI: 10.66224/yujs.12.2.133]

پیک، و ارزش جوانه‌زنی داشت و بهترین اثر با ۱۰ دقیقه فرو بردن در این ترکیبات به دست آمد (شکل۲- A تا C). احتمالا چون اسید استیک و پراکسید هیدروژن در مقایسه با دو اسید دیگر توان خورندگی ضعیف‌تری دارند، برای هضم پوسته سخت بذرهای گون گزی باید به مدت زمان بیشتری تیمار با این دو ترکیب را ادامه داد و یا از غلظت‌های بالاتری از آنها استفاده کرد.



شکل۳- اثرخراش‌دهی شیمیایی با انواع ترکیبات به مدت ۲، ۵ و ۱۰ دقیقه بر عدد پیک (A)، میانگین جوانه‌زنی روزانه (B) و ارزش جوانه‌زنی (C) دانه‌های گون گزی.

بر طبق آزمون چند دامنه‌ای دانکن، ستون‌ها با یک حرف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد با هم تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig. 3. Effect of chemical scarification with various compounds for 2, 5, and 10 min on the peak value (A), mean daily germination (B), and germination value (C) of *Astragalus adscendens* seeds. According to Duncan's multiple range test, columns sharing the same letter do not differ significantly at the 5% probability level.

.

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

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.133]

جدول ۳. تجزیه واریانس داده‌های حاصل از روش‌های مختلف خراش‌دهی و انواع ترکیبات نیتروژنی بر جوانه‌زنی بذر و رشد دانه‌رست گون گزی

Table 3. Analysis of variance for the effect of different scarification methods and various nitrogenous compounds on the germination and seedling growth of *Astragalus adscendens* seeds

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f.	درصد جوانه‌زنی نهایی Final germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination velocity	طول ریشه‌چه Root length	طول ساقه‌چه Stem length
تیمارهای خراش Scarification treatments	2	14243.2018**	4.7396**	775.8402**	489.8102**
ترکیبات نیتروژنی Nitrogenous compounds	3	179.8418**	0.3034**	76.8524**	54.1136**
تیمارهای خراش × ترکیبات نیتروژنی Scarification × Nitrogenous	6	39.6343**	0.1504**	14.4065**	9.5771**
خطا Error	36	1.5321	0.0046	0.7271	0.0709
ضریب تغییرات (درصد) C.V. (%)		18.4	10.3	8.6	7.5

**معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد

** Significant differences at 1% probability level

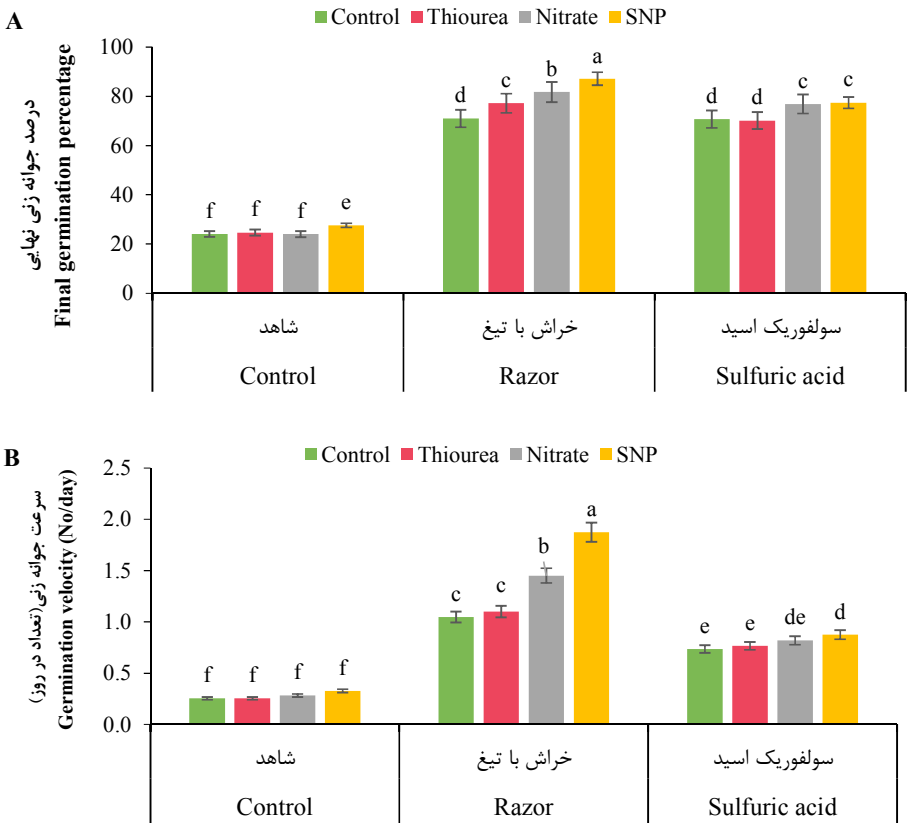
برهمکنش خراش‌دهی با ترکیبات نیتروژنی مختلف بر شکست خواب بذر و رشد دانه‌رست گون گزی: بر طبق تجزیه واریانس نتایج آزمایش سوم، اثر مستقل تیمارهای مختلف خراش‌دهی (شاهد، تیغ‌زنی و اسید سولفوریک) و انواع ترکیبات نیتروژنی (شاهد، نیترات پتاسیم، تیوره و سدیم نیتروپروساید) و همچنین برهمکنش آنها بر درصد و سرعت جوانه‌زنی و رشد دانه رست گون گزی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بوده است (جدول ۳).

نتایج آزمایش سوم نشان داد تیمار با تیوره، نیترات پتاسیم و سدیم نیتروپروساید روی درصد جوانه‌زنی بذرهای دست نخورده گون گزی اثر معنی‌داری نداشت و فقط سدیم نیتروپروساید اندکی درصد جوانه‌زنی این بذرها را افزایش داد. در مقابل، تیمار با این ترکیبات نیتروژن‌دار درصد و سرعت جوانه‌زنی بذرهای خراش‌دهی شده با تیغ یا اسید سولفوریک را بطور معنی‌داری افزایش داد (شکل ۴). تاثیر مثبت ترکیبات نیتروژنی گویای آن است که بخشی از خواب بذر گون گزی از نوع فیزیولوژیکی است. چون ثابت شده است که نیترات در شکست خواب فیزیولوژیکی موثر است (یان و چن، ۲۰۲۰). اثر مثبت تیوره و نیترات پتاسیم بر بهبود سرعت جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه کما[1] (عموآقایی، ۲۰۰۷) و قیچ[2] (عموآقایی، ۲۰۱۴) و اثر سدیم نیتروپروساید (یک ترکیب رهاکننده نیتریک اکساید) در شکست خواب فیزیولوژیکی رویان دانه‌های سیب (*Malus domestica Borkh*)، تاج خروس (*Amaranthus retroflexus* L.) و جو قبلا گزارش شده است (کپسزینسکی و سزنیگیر[3]، ۲۰۱۷؛ جنیازدوسکا[4] و همکاران، ۲۰۱۰؛ ناگل[5] و همکاران، ۲۰۱۸).

بررسی برهمکنش نشان داد که تیمار با ترکیبات نیتروژنی مختلف اثرات متفاوتی بر درصد و سرعت جوانه زنی دانه‌های گون خراش‌دهی شده به‌وسیله شیوه‌های مختلف داشت (شکل ۴). همه ترکیبات نیتروژنی (یعنی تیوره، نیترات پتاسیم و سدیم نیتروپروساید) در حد معنی‌داری درصد جوانه‌زنی دانه‌های خراش‌دهی شده با تیغ را افزایش دادند.

[1] *Ferula ovina*
[2] *Zygophyllum atriplicoides*
[3] Kępczyński and Sznigir
[4] Gniazdowska
[5] Nagel

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-10-06]
[DOI: 10.66224/yujs.12.2.133]



شکل۴- برهمکنش روش‌های مختلف خراش‌دهی پوسته بذر و انواع ترکیبات نیتروژنی (شاهد، تیوره، نیترات پتاسیم و سدیم نیتروپروساید) بر درصد (A) و سرعت جوانه‌زنی (B) دانه‌های گون گزی.

بر طبق آزمون چند دامنه‌ای دانکن، ستون‌ها با یک حرف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد با هم تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig. 4. Interactive effect of different seed coat scarification methods and various nitrogenous compounds (control, thiourea, potassium nitrate, and sodium nitroprusside) on the final germination percentage (A) and rate (B) of *Astragalus adscendens* seeds. According to Duncan's multiple range test, columns sharing the same letter do not differ significantly at the 5% probability level.

اما بیشترین اثر بر درصد و سرعت جوانه‌زنی با کاربرد سدیم نیتروپروساید (به عنوان یک ترکیب تولید کننده نیتریک اکساید) بر دانه‌های خراش‌دهی شده با تیغ یا اسید سولفوریک بدست آمد. البته در دانه‌های خراش‌دهی شده با اسید سولفوریک، اثر نیترات پتاسیم و سدیم نیتروپروساید روی درصد و سرعت جوانه‌زنی دانه‌ها از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۴). عموآقایی و رفیعی[1] (۲۰۲۳) هم دریافتند که در حالی‌که تیمار با ترکیبات نیتروژنی مانند سدیم نیتروپروساید و نیترات پتاسیم بر جوانه‌زنی بذرهای خراش‌دهی نشده گیاه مورد[2]، بی‌تاثیر بود، این تیمارها توانستند جوانه‌زنی دانه‌های خراش‌دهی شده با تیغ و سنباده را در حد معنی‌داری افزایش دهند. اثر مطلوب تیمار ترکیبی خراش‌دهی دانه‌ها با اسید سولفوریک، و ۲ ساعت فرو بردن در نیترات پتاسیم برای جوانه‌زنی دانه‌های سورگم علوفه‌ای هم بوسیله (شانموگاوالی[3]، ۲۰۰۷) گزارش شده است.

درباره سازوکار اثر ترکیبات نیتروژنی بر شکست خواب بذرها فرضیات مختلفی ارائه شده است. ثابت شده است که تیمار نیترات پتاسیم از طریق افزایش نسبت جیبرلین به آبسیزیک اسید موجب تحریک جوانه‌زنی بذر می‌شود

[1] Amooaghaie & Rafieii

[2] *Myrtus communis* L.

[3] Shanmugavalli

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

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.133]

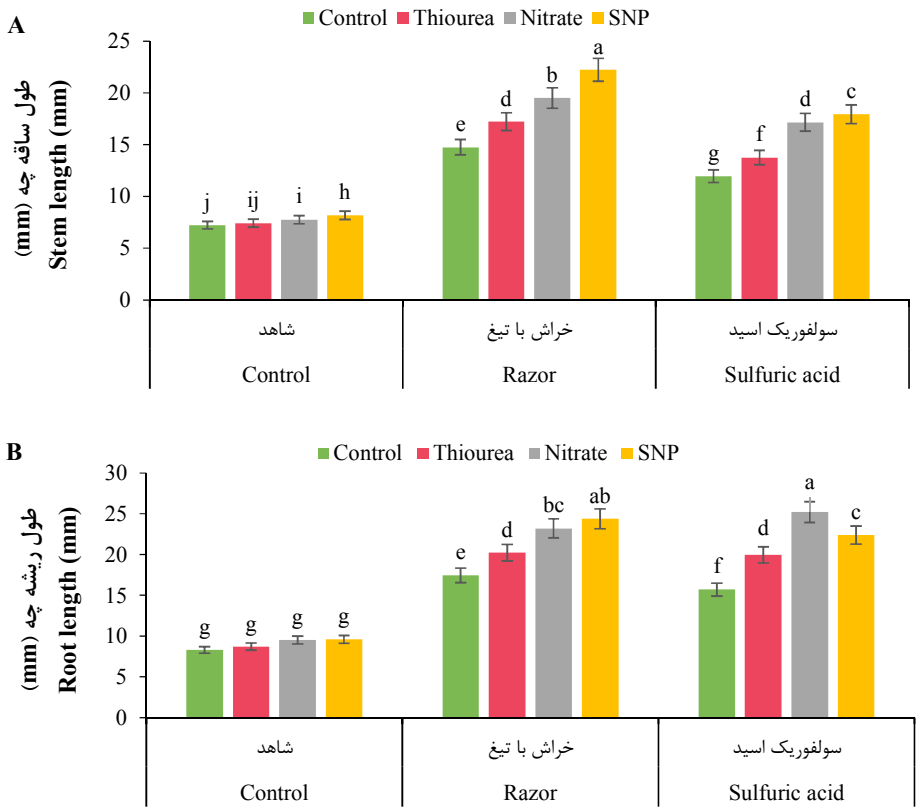
(یان[1] و همکاران، ۲۰۱۶). برخی شواهد دیگر نشان می دهند نیترات به‌وسیله فعال کردن مسیر تنفسی پنتوز فسفات و همچنین اسیدی کردن دیواره‌های سلول‌ها منجر به شکست خواب دانه می‌شود. برخی دیگر از محققان معتقدند در طی خواب بذر، عدم مصرف NADPH باعث تجمع آن در سلول‌ها شده و به عنوان یک محصول مسیر پنتوز فسفات، این مسیر تنفسی را بصورت بازخوردی در بذرهای خفته سرکوب می‌کند. احتمالا نیترات با فعال کردن پراکسیدازها یا آنزیم‌های مرتبط با تجزیه آبسیزیک اسید، اکسیداسیون NADPH را افزایش داده و در نتیجه $NADP^+$ لازم برای فعالیت چرخه پنتوز فسفات را فراهم می‌کند. علاوه بر این، اثبات شده است که نیترات بیان ژن‌های کد کننده برخی از آنزیم‌های چرخه پنتوز فسفات را تقویت می‌کند (یان و چن، ۲۰۲۰). یک سازوکار پیشنهادی دیگر آن است که نیترات یک پیش‌ماده برای آنزیم نیترات روکتاز است که در تولید نیتریک اکساید (NO) در بذر نقش دارد. بر اساس تحقیقات مختلف، مولکول پیام‌رسان نیتریک اکساید در افزایش نسبت جیبرلین به آبسیزیک اسید و در نتیجه رفع خواب بذر مشارکت دارد (ونکاتسان[2] و همکاران، ۲۰۲۰؛ بشک و همکاران، ۲۰۱۸). برای مثال، یک مطالعه اثبات کرد که در طی ساعات اولیه آبنوشی بذر آرابیدوپسیس، محتوای نیتریک اکساید در لایه اندوسپرم بذرها بالا رفت و منجر به افت میزان آبسیزیک اسید و در نتیجه رفع خواب بذر شد (لیو[3] و همکاران، ۲۰۰۹).

نتایج همچنین نشان داد که تیمار با همه ترکیبات نیتروژنی طول ریشه‌چه و ساقه‌چه دانه‌رست گون حاصل از دانه‌های خراش‌دهی شده با تیغ یا اسید را افزایش دادند. در هر دو گروه دانه‌های خراش‌دهی شده با تیغ یا اسید، بالاترین طول ساقه‌چه با کاربرد سدیم نیتروپروساید بدست آمد. نیترات پتاسیم بیشترین اثرات را روی طول ریشه‌چه دانه‌رست حاصل از دانه‌های خراش‌دهی شده با اسید داشت اما طول ساقه‌چه دانه‌رست حاصل از دانه‌های خراش‌دهی شده با تیغ، با کاربرد سدیم نیتروپروساید یا نیترات پتاسیم تفاوت معنی‌داری نشان نداد (شکل ۵). مشابه با نتایج ما، عموآقایی و خدادادی (۲۰۲۳) هم گزارش کردند که تیمار با تیوره، نیترات پتاسیم و سدیم نیتروپروساید به تنهایی اثری بر شکست خواب دانه‌های کنگر وحشی[4] نداشت. به هر حال کاربرد این تیمارها روی دانه‌های خراش‌دهی شده با اسید کلریدریک، چاقو یا سنباده موجب افزایش جوانه‌زنی دانه‌ها و افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه گیاهچه کنگر وحشی شد. تحقیق صفاری[5] و همکاران (۲۰۲۱) نیز نشان داد که تیمارهای نیترات پتاسیم، سرمادهی مرطوب، و جیبرلین تأثیری بر شکست خواب بذرهای دست نخورده گیاه غافث (*Agrimonia eupatoria* L.) نداشت اما پس از حذف پوسته کاربرد نیترات پتاسیم ۰/۲ درصد و جیبرلین (۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) در حد چشمگیری جوانه‌زنی بذرها را افزایش داد و تیمار نیترات پتاسیم ۱ درصد بیشترین تاثیر را بر بهبود رشد محور زیر لپه (هیپوکوتیل) و افزایش وزن دانه‌رست حاصل از بذرهای بدون پوسته داشت.

با در نظر گرفتن این موضوع که در این آزمایش، تیمار با سدیم نیتروپروساید به عنوان یک ترکیب تولید کننده نیتریک اکساید مشابه با نیترات و تیوره، درصد و سرعت جوانه‌زنی و طول ساقه‌چه و ریشه‌چه دانه‌رست گون گزی را بطور معنی‌داری افزایش داد (شکل ۳ و ۴)، فرضیه نقش نیتریک اکساید (NO) در شکست خواب بذر گون گزی بسیار محتمل است و ممکن است نیترات و تیوره هم با تحریک تولید نیتریک اکساید به بهبود درصد و سرعت جوانه‌زنی و رشد دانه‌رست گون گزی کمک کرده باشند. در تایید این فرضیه، لیو و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند که خواب فیزیولوژیکی بذرهای *Paulownia elongate* را می‌توان با تیمار سدیم نیتروپروساید شکست. آنها دریافتند که افزودن cPTIO (2-(4-carboxyphenyl)-4,4,5,5-tetramethylimidazoline-1-oxyl-3-oxide) به عنوان یک ترکیب خنثی‌کننده نیتریک اکساید در بذر و همچنین کاربرد L-NAME (Nx-Nitro- L-arginine methyl ester hydrochloride)

[1] Yan
[2] Venkatesan
[3] Liu
[4] *Gundelia tournefortii* L.
[5] Saffari

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-10-06]
[DOI: 10.66224/yujs.12.2.133]



شکل۵. برهمکنش روش‌های مختلف خراش‌دهی پوسته بذر و انواع ترکیبات نیتروژنی (شاهد، تیوره، نیترات پتاسیم و سدیم نیتروپروساید) بر طول ساقه‌چه (A) و ریشه‌چه (B) دانه‌رست گون گزی.

بر طبق آزمون چند دامنه‌ای دانکن، ستون‌ها با یک حرف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد با هم تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig. 5. Interactive effect of different seed coat scarification methods and various nitrogenous compounds (control, thiourea, potassium nitrate, and sodium nitroprusside) on the shoot length (A) and root length (B) of Astragalus adscendens seedlings. According to Duncan's multiple range test, columns sharing the same letter do not differ significantly at the 5% probability level.

به عنوان مهارکننده آنزیم نیترات ردوکتاز (که در تبدیل نیترات به نیتریک اکساید نقش دارد)، اثر تحریک کننده سدیم نیتروپروساید را سرکوب می‌کند. بنابر این، آنها نتیجه‌گیری کردند که نیتریک اکساید در شکست خواب بذر این گیاه نقش دارد.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که بذرهای گون گزی بطور عمده خواب فیزیکی دارند که با روش‌های خراش‌دهی شیمیایی و فیزیکی می‌توان آن را رفع کرد. همچنین تا حدودی خواب فیزیولوژیکی دارند که با کاربرد ترکیبات نیتروژنی مرتفع می‌شود. بنابر این، با تیمار ترکیبی خراش‌دهی با تیغ و پیش‌تیمار با سدیم نیتروپروساید، بیشترین جوانه‌زنی و رشد دانه‌رست قابل حصول است. احتمالا نیتریک اکساید آزاد شده از سدیم نیتروپروساید در شکست خواب فیزیولوژیکی نقش دارد. مطالعات بعدی بایستی با اندازه‌گیری میزان نیتریک اکساید در بذر پس از این تیمار و یا با کاربرد بازدارنده‌های تولید یا عمل نیتریک اکساید، درستی این فرضیه را بیشتر اثبات کنند. از نظر عملی چون خراش‌دهی با تیغ در مقیاس بزرگ برای کاشت بذرها در مزرعه مشکل است و دسترسی به سدیم نیتروپروساید کمتر است، باید استفاده از روش‌های مکانیزه خراش‌دهی مکانیکی مورد بررسی قرار گیرد و احتمالا کاربرد نیترات پتاسیم برای کشاورزان آسانتر است.

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

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.133]

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

نویسنده اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت نموده و این موضوع مورد تأیید ایشان است.

مشارکت نویسندگان

نویسنده اول: تهیه و آماده‌سازی نمونه‌ها، انجام آزمایش و گردآوری داده‌ها، انجام محاسبات، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، تحلیل و تفسیر اطلاعات و نتایج، تهیه پیشنویس مقاله

نویسنده دوم: استاد راهنمای پایان‌نامه، طراحی پژوهش، نظارت بر مراحل انجام پژوهش، بررسی و کنترل نتایج، اصلاح، بازبینی و نهایی‌سازی مقاله

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

حامی مالی

حمایت مالی از این پژوهش از طرف دانشگاه شهرکرد، دانشکده علوم در قالب پایان‌نامه دانشجویی نویسنده اول انجام شده است.

سپاسگزاری

از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه شهرکرد به خاطر حمایت مالی و از داوران محترم به خاطر ارائه نظرهای ساختاری و علمی سپاسگزاری می‌شود.

منابع References

Agh, K, Esmaili, M., Hosseinimoghaddam, M., & Mostafalou, H. (2017). The effect of different treatments on seed dormancy and germination of *Astragalus podolobus*. *Nova Biologica Reperta*. *4*(2), 147-154 URL: https://doi.org/10.21859/acadpub.nbr.4.2.147 [In Persian]

Amooaghaeiie, R., & Valivand, M. (2014). The effect of duration of moist chilling, concentration, type and application time of nitrogen compounds on seed germination and seedling growth of *Kelussia odoratissima Mozaff*. *Journal of Plant Research*, *27*(3), 465-477. [In Persian]

Amooaghaie, R. & Rafieii, A. (2023). The effect of various scarification methods, He-Ne laser and sodium nitroprusside on seed dormancy breaking and the growth of myrtle (*Myrtus commnius* L.) seedlings. *Iranian Journal of Seed Science and Research*, *10*(2), 81-93. [In Persian]

Amooaghaie, R. (2007). The effect of moist chilling, temperature and nitrogenous compounds on germination of *Ferula ovina* seeds. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, *16*(2), 159-169 [In Persian]

Amooaghaie, R. (2014). The effect of some hormones and nitrogenous compounds on capacity, velocity and synchrony of germination of *Zygophyllum atriplicoides* seeds under salinity stress. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology), 24*(4), 465-475. [In Persian]

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

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.133]

Amooaghaie, R., & Khodadadi, A. (2023). Impact of seed scarification, pretreatment with nitrogenous compounds and cold stratification on emergence percentage and growth of *Gundelia tournefortii* L. seedlings. *Iranian Journal of Seed Science and Research*, *10*(3), 49-63. [In Persian]

Ashraf Mehrabi, A., & Hajinia S. (2019). The effect of seed pre-treatments on germination of *Astragalus gossypinus* seed. *Iranian Journal of Seed Research.* *6*(1), 95-113. https://doi.org/10.29252/yujs.6.1.95. [In Persian]

Bethke, P.C., Libourel, I.G.L., & Jones, R.L. (2018). Nitric oxide in seed dormancy and germination. Annual Plant Reviews book series, Volume 27: Seed Development, Dormancy and Germination. https://doi.org/10.1002/9781119312994.apr0281

Bethke, P.C., Libourel, I.G.L., Aoyama, N., Chung, Y.Y., Still, D.W., & Jones, R.L. (2007). The *Arabidopsis* aleurone layer responds to nitric oxide, gibberellin, and abscisic acid and is sufficient and necessary for seed dormancy. *Plant Physiology*, *143*(3), 1173–1188 https://doi.org/10.1104/pp.106.093435

Dai, L., Chen, Y. & Wei, X. (2023). Hard seed characteristics and seed vigor of *Ormosia hosiei*. *Agriculture*, 13(5), 1077. https://doi.org/10.3390/agriculture13051077

Ghasemi, S., Malekian, M., Tarkesh, M., & Rezvani, A. (2022). Climate change alters future distribution of mountain plants, a case study of *Astragalus adscendens* in Iran. *Plant Ecology*, *223*(10), 1275-1288. https://doi.org/10.1007/s11258-022-01273-2

Gniazdowska, A., Krasuska, U., & Bogatek, R. (2010). Dormancy removal in apple embryo by nitric oxid or cyanids involves modification in ethylene biosynthetic pathway. *Planta, 232*, 1397-1407. https://doi.org/10.1007/s00425-010-1262-2

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/ijsst.2024.364188.1508

Kępczyński, J., Cembrowska-Lech, & D., Sznigir, P. (2017). Interplay between nitric oxide, ethylene, and gibberellic acid regulating the release of *Amaranthus retroflexus* seed dormancy. *Acta Physiol Plant, 39*, 254. https://doi.org/10.1007/s11738-017-2550-2

Khodadadi, A., & Amooaghaie, R. (2024). The effect of scarification and temperature shock on seed germination and seedling length of *Gundelia tournefortii* L. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, *13*(4), 81-96. https://doi.org/10.22092/ijsst.2024.363226.1497 . [In Persian]

Kildisheva, O. A., Dixon, K.W, Silveira, F.A.O., Chapman, T., Sacco, A.D, Mondoni, A., Turner, S. R., & Cross, A.T. (2020). Dormancy and germination: making every seed count in restoration. *Restoration Ecology, 28*(S3), 256-265. https://doi.org/10.1111/rec.13140

Kim, S., Oh, S., Hwang, W., Kim, S., Choi, K., & Kang, H. (2008). Physical dormancy in seeds of Chinese milk vetch (*Astragalus sinicus* L.) from Korea. *Korean Journal of Crop Science, 53,* 421–426.

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

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.133]

Lamont, B. B., & Pausas, J. G. (2023). Seed dormancy revisited: Dormancy-release pathways and environmental interactions. *Functional Ecology, 37*(4), 1106-1125. https://doi.org/10.1111/1365-2435.14269

Liu, J., Xue, T., & Shen, Y. (2019). Effect of nitric oxide on seed germination and dormancy in empress trees. *HortTechnology*, *29*(3), 271–275. https://doi.org/10.21273/HORTTECH04250-18

Liu, Y., Shi, L., Ye, N., Liu, R., Jia, W., & Zhang J. (2009). Nitric oxide-induced rapid decrease of abcisic acid concentration is required in breaking seed dormancy in *Arabidopsis*. *New Phytologist, 183*, 1030-1042. https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2009.02899.x

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

Mansoori, Sh., Ghahsareh Ardestani, E., & Khedri Gharibvand, H. (2022). *Astragalus adscendens* as a predictor of rangeland ecosystem functions and services in the Zagros territory residents of Bakhtiari. *Studies of Nomads Area Plannig, 1*(2), 1-10. [In Persian]

Mbi, T. K., Ntsefong, N. G., & Lenzemo, T. E. (2022). Seed dormancy: Induction, maintenance and seed technology approaches to break dormancy. In: Jimenez-Lopez J. (Ed.), Seed Biology Updates. https://doi.org/10.5772/intechopen.106153

Mollashahi, M., Moshki, A., Ravanbakhsh, H., & Arjmand, K. (2017). Investigation of viability rate and the effects of different breaking treatments of physical dormancy on seed germination of two tree species (*Basswood* and *Black locust*). *Iranian Journal of Seed Science and Technology, 6*(1), 89–100. [In Persian]

Nagel, M., Alqudah, A.M., Bailly, M., Rajjou, L., Pistrick, S., Matzig, G., Börner, A., & Kranner, I. (2018). Novel loci and a role for nitric oxide for seed dormancy and preharvest sprouting in barley. *Plant Cell Environment, 42*, 1318–1327 https://doi.org/10.1111/pce.13483

Okonwu, K. & Eboh, I. G. (2017). Effects of seed treatment on the germination of *Crotalaria verrucosa* L. *Journal of Applied Life Sciences International, 10*(2), 1-8. https://doi.org/10.9734/JALSI/2017/31027

Patanè, C., & Gresta. F. (2006). Germination of *Astragalus hamosus* and *Medicago orbicularis* as affected by seed-coat dormancy breaking techniques. *Journal of Arid Environment, 67*(1), 165–173. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.02.001

Rostamipoor A, Mordai A, & Eisvand H. (2020). Effect of seed dormancy breaking treatments on germination and α-amylase enzyme activity in seeds of three ecotypes of Astragalus (*Astragalus cyclophyllu*). *Iranian Journal of Seed Research, 6*(2), 15-29. https://doi.org/10.29252/yujs.6.2.15 [In Persian]

Saffari, P., Majd, A., Jonoubi, P. & Najafi, F. (2021). Effect of treatments on seed dormancy breaking, breaking, seedling growth, and seedling antioxidant potential of *Agrimonia eupatoria* L. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants. 20*, 100282. https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2020.100282

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

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.133]

Shanmugavalli, M., Renganayaki, P. R., & Menaka, C. (2007). Seed dormancy and germination improvement treatments in fodder sorghum. *International Crops Research, 3,* 1-3.

Sinjushin, A. (2021). Seed propagation in four perennial species of *Astragalus* (Leguminosae, Papilionoideae, Galegeae): Productivity, non-random seed abortion and germination rate. *Wulfenia,* 28, 211-222.

Tavili, A., Mirdashtvan, M., Alijani, R., Yousefi, M., & Zare, S. (2014). Effect of different treatments on improving seed germination characteristics of *Astragalus adscendens* and *Astragalus podolobus*. *Journal of Rangeland Science, 4*(2), 110–116. [In Persian]

Venkatesan, S., Masilamani, P., Janaki, P., Eevera, T., Sundareswaran, S., & Rajkuma, P. (2020). Role of nitric oxide in seed biology and seed production: A review. *Journal of Applied and Natural Science, 12*(3), 277 – 287. https://doi.org/10.31018/jans.v12i3.2290

Wen, Z., Lu, X., Wen, J., Wang, Z., & Chai, M. (2024). Physical seed dormancy in legumes: molecular advances and perspectives. *Plants, 13*(11), 1473. https://doi.org/10.3390/plants13111473

Yan, A., & Chen, Z. (2020). The control of seed dormancy and germination by temperature, light, and nitrate. *The Botanical Review, 86*(1), 39-75. https://doi.org/10.1007/s12229-020-09220-4

Yan, D., Easwaran, V., Chau, V., Okamoto, M., Ierullo, M., Kimura, M., Endo, A., Yano, R., Pasha, A., Gong, Y., Bi, Y-M., Provart, N., Guttman, D., Krapp, A., J.Rothstein, S., & Nambara, E. (2016). NIN-like protein 8 is a master regulator of nitrate-promoted seed germination in *Arabidopsis*. *Nature Communications*, *7,* 13179. https://doi.org/10.1038/ncomms13179

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

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.133]