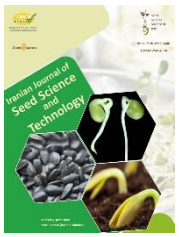
2024, 13 (4), 81-96 https://doi.org/10.22092/ijsst.2024.363226.1497

Seed Science Society of Iran

Seed and Plant Certification and Registration Institute

Iranian Journal of Seed Science and Technology



ISSN: 2588-4638

Research Article

The effect of scarification and temperature shock on seed germination and seedling length of *Gundelia tournefortii* L.

Abolfazl Khodadadi[1], Reyhaneh Amooaghaie[2*]

1. MSc Graduate, Plant Science Department, Faculty of Science, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.
2. Professor, Plant Science Department, Faculty of Science, Shahrekord University, Shahrekord, Iran and Biotechnology Research Institute, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.

Article Information

Received: 15 Aug. 2023
Revised: 24 Oct. 2023
Accepted: 10 Jan. 2024

Keywords:
Freezing,
Hydrochloric acid,
Hydrogen peroxide,
Scalpel,
Sodium hypochlorite

Corresponding Author:
rayhanehamooaghaie@yahoo.com

Abstract

Gundelia tournefortii L. seeds owing to the strongly lignified disseminule from secondary capitulum, cannot germinate easily. In current study, three individual experiments were done to investigate the impact of chemical scarification (treatment with water, hydrochloric acid, sulfuric acid, acetic acid, sodium hypochlorite and hydrogen peroxide in durations of 20, 40, 60 min), physical scarification (control, scalpel, blade and 5, 10 min sand paper) and temperature shocks (individual or combined treatment with boiled water for 60 min and 1, 2, 3 days freezing on seed germination of chelgerd population. Results showed that in non-scarified seeds, germination was very low, but all mechanical scarification methods increased seed germination. Among chemical scarification treatments, the highest seed germination obtained by 20 min soaking in hydrochloric acid but seedling growth was not favorable. The combined treatment of 60 min soaking in hot water and 3 days freezing, better than individual temperature shock increased germination indices, seedling length and vigor. In sum, results showed that the best method for physical dormancy breaking of kenger seeds was scarifying with scalpel that imparted the maximum germination percentage (58.46%), peak value (3.5 No. in day), mean daily germination (3.2 No. in day) and germination value (11.53).

How to cite this paper: 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

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

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Gundelia tournefortii L. is a species of Irano-Turanian origin that its local name is Kenger in Kurdish language, and the same name is applied in English language. This plant has one of the most complicated inflorescence structures in the Asteraceae and its fruit contains a strongly lignified secondary capitulum or disseminule, a single enclosed cypsela and the spiny, free tips as an adhering pappus for dispersal. Despite its importance in the traditional diet and for the livelihoods of local communities in Iran, plants are still mainly gathered for consumption from the wild area. The propagation has been limited due to dormancy and the difficulties of germinating seeds. In seeds with physical dormancy whose embryo growth is mechanically constrained by mostly dead seed-covering layers such as the outer testa or pericarp, the completion of germination requires a reduction of the mechanical constraint associated with the seed-covering layer(s).Therefore, the current study was conducted to explore the effects of different scarification methods and thermal shocks on removing the hardness of cover on seeds of kenger to provide a basis for the future cultivation and domestication of this plant species.

Materials and Methods

The first experiment was performed to explore the effect of physical scarification by scalpel, blade and 5, 10 min sand paper on seed germination of chelgerd population. The experiment was conducted in a completely randomized design with six replications, and each replication was included a Petri dish containing 15 seeds. Intact seeds were also considered as the control group.

The second experiment was conducted as a factorial arrangement in a completely randomized design with six replications to investigate the effect of soaking in water (control), sulfuric acid, hydrochloric acid, acetic acid, sodium hypochlorite, and hydrogen peroxide (at a concentration of 20%) for 20, 40, and 60 minutes on seed germination and growth of *Gundelia tournefortii* seedlings. It should be noted that in most studies, high concentrations of acids are used for short periods of chemical scarification, which usually has a negative effect on seedling growth. Therefore, in the present study, 20% concentrations of acids and other chemicals were used and the effect of different durations was investigated.

The third experiment was also conducted as a factorial arrangement with a completely randomized design with six replications. The factors were included heat shock with two levels (soaking in tap water as control treatment and soaking the seeds in boiling water at 95°C for 60 minutes) and freezing the seeds with four levels (0, 1, 2 and 3 days of freezing) at -20°C. In all experiments, after scarification, 15 seeds were transferred on filter paper and the Petri dishes were placed in a germinator at 25°C with a photoperiod of 14/10 hours of dark/light and were irrigated with distilled water every day. It should be noted that due to the large size of *Gundelia tournefortii* seed, the number of seeds in each Petri dish was limited, but more replications were performed so that at least 90 seeds could be tested. The number of germinated seeds was recorded every day for a month until no new germination occurred for 3 consecutive days. Then, final germination, peak value, mean daily germination, germination value, seed length and vigor index were calculated for each treatment.

Germination peak value (PV) was calculated as the maximum cumulative germination percentage divided by the number of days required to reaching this germination percentage. The mean daily germination (MDG) was obtained by dividing the number of germinated seeds by the total number of days of the experiment, and finally the germination value (GV) was calculated as the multiplication of MDG and PV. Seed vigor also was calculated as the multiplication of final germination and seedling length.

Results and Discussion

Results of the first experiment showed that while control seeds did not germinate, all mechanical scarification methods increased seed germination. Scarification with a razor blade had the least effect, and breaking cover on seeds by a scalpel had the most effect on the final germination of seeds (Figure 1-A). Also, a similar trend was observed for the effect of different physical scarification methods on peak value, mean daily germination, and germination value (Figure 1-B-D). In fact, lignified disseminule from secondary capitulum around seeds is so hard that scarification with a razor blade was not enough to remove its inhibitory effect, and abrasion with sandpaper and especially its breaking with a scalpel were more effective in removing this barrier to root emergence, and as a result, the length of the germinating seed and the vigor index also increased in this treatment (Figure 2).

Results of the second experiment showed that seeds soaked in water (control) had very low germination, but treatment with sulfuric acid, hydrochloric acid, acetic acid, sodium hypochlorite and hydrogen peroxide significantly increased final germination percentage, the peak value, mean daily germination and germination value (Figure 3). This again confirms that the dormancy of kenger seeds is related to the hardness of cover on seeds and these chemical treatments have significantly increased the germination capacity and speed of seed germination by removing the mechanical resistance of this cover. The interaction between the type of chemical compounds and the duration of scarification on seedling length and seed vigor showed that treatment with acetic acid for 20 to 60 minutes, sodium hypochlorite for 20 minutes, and hydrogen peroxide for 60 minutes had more favorable effects on these attributes. In contrast, increasing the duration of treatments especially with hydrochloric acid and sulfuric acid caused a decrease in seed germination, seedling length and seed vigor (Figures 3, 4) and therefore, the use of these treatments is not recommended.

The results of third experiment showed that soaking seeds in boiling water or freezing of seeds increased seed germination, peak value, mean daily germination, germination value, seed length, and vigor index. However, the dual application of these treatments was more effective and better seed germination indices were obtained in the combined treatment with boiling water for 60 minutes and freezing for 3 days (Figure 5). It is likely that exposing the seeds to cold and hot temperature shocks further contributed to the cracking of the hard cover on seeds. However, the effect of combined treatments of boiling water and freezing on germination indices was less than that of scarification with a scalpel.

Conclusion

This study showed that the physical dormancy of *Gundelia tournefortii* seeds is related to lignified disseminule from secondary capitulum around the seeds and breaking this cover on seeds with a scalpel was more effective than other physical and chemical scarification methods and shock temperatures. However, it is noteworthy that even with this treatment, germination ultimately reached 60%. Therefore, it is very likely that another part of the seed dormancy be physiological type that should be assessed in future studies.

دوره ۱۳، شماره ۴، صفحات ۹۶-۸۱
https://doi.org/10.22092/ijsst.2024.363226.1497

نشریه علوم و فناوری بذر ایران

ISSN: 2588-4638

مقاله پژوهشی

اثر خراش‌دهی و شوک دمایی بر جوانه‌زنی بذر و طول دانه‌رست کنگر وحشی (*Gundelia tournefortii* L.)

ابوالفضل خدادادی[۱]، ریحانه عموآقایی[۲*]

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه زیست گیاهی، دانشکده علوم، دانشگاه شهرکرد، ایران.

۲. استاد، گروه زیست گیاهی، دانشکده علوم، دانشگاه شهرکرد و عضو پژوهشکده بیوتکنولوژی دانشگاه شهرکرد، ایران.

چکیده

بذرهای کنگر وحشی به دلیل پوشش به شدت لیگنینی‌شده حاصل از کاپیتول ثانویه، نمی‌توانند به آسانی جوانه بزنند. در این مطالعه، سه آزمایش جداگانه، برای بررسی اثر خراش‌دهی شیمیایی (تیمار با آب، هیپوکلریت سدیم، پراکسید هیدروژن، اسید کلریدریک، اسید سولفوریک و اسید استیک ۲۰ درصد به مدت ۲۰، ۴۰ و ۶۰ دقیقه)، خراش‌دهی مکانیکی (شاهد، ۵ و ۱۰ دقیقه سنباده‌زنی، تیغ و اسکالپل) و شوک‌های دمایی (کاربرد منفرد یا ترکیبی ۶۰ دقیقه فروبردن در آب جوش و ۱، ۲ و ۳ روز فریز کردن بذر) بر جوانه‌زنی بذرهای توده چلگرد انجام شد. نتایج نشان داد بدون خراش‌دهی، جوانه‌زنی بذرها بسیار کم بود امّا همه روش‌های خراش‌دهی مکانیکی، جوانه‌زنی را افزایش دادند. در بین تیمارهای خراش‌دهی شیمیایی، بیشترین جوانه‌زنی با تیمار ۲۰ دقیقه فرو بردن در اسید کلریدریک (۵۴/۷۶ درصد) به‌دست آمد اما رشد دانه‌رست مطلوب نبود. تیمار ترکیبی ۶۰ دقیقه خیساندن در آب جوش و سپس ۳ روز فریز بذر، بهتر از شوک دمایی منفرد بود و شاخص‌های جوانه‌زنی، طول دانه‌رست و بنیه را افزایش داد. درکل نتایج نشان داد بهترین شیوه برای شکست خواب فیزیکی بذرهای کنگر وحشی، خراش‌دهی با اسکالپل بود که بیشترین میزان جوانه‌زنی (۵۸/۴۶ درصد)، عدد پیک (۳/۵ عدد در روز)، میانگین جوانه‌زنی روزانه (۳/۲ عدد در روز) و ارزش جوانه‌زنی (۱۱/۵۳) را ایجاد کرد.

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۲۴

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۸/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۲۰

واژه‌های کلیدی:
اسکالپل،
اسید کلریدریک،
پراکسید هیدروژن،
فریز کردن،
هیپوکلریت سدیم

نویسنده مسئول:
rayhanehamooaghaie@yahoo.com

نحوه استناد به این مقاله:

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

مقدمه

رشد سریع جمعیت جهان و رویکرد استفاده از فرآورده‌های گیاهی طبیعی به عنوان غذا و دارو موجب شده است تا حفظ و تکثیر گیاهان مرتعی خودرو مورد توجه قرار گیرد. منطقه زاگرس با شرایط محیطی متنوع از جمله نواحی کشور ما است که دارای تنوع زیستی بسیار غنی و محل رویش بسیاری گونه‌های گیاهی بومی ایران می‌باشد (Basiri, 1984). گیاه کنگر با نام علمی *Gundelia tournefortii* L. از جمله گیاهان با ارزش منطقه زاگرس از تیره کاسنی یا آفتابگردان (Ateraceae) است که برای مقاصد خوراکی، صنعتی و علوفه‌ای کاربرد دارد و استفاده از آن در درمان یرقان، مشکلات گوارشی و کبد، بیماری‌های کلیوی و خارش‌های پوستی توصیه شده است (Asadi-Samani et al., 2013). در ایران، کنگر وحشی در مناطق استپی وکوه‌های کرمانشاه، آذربایجان، همدان، لرستان، کردستان، چهارمحال و بختیاری و فارس بصورت خودرو رشد می‌کند (Gahreman, 1983). اما در دهه‌های اخیر برداشت غیراصولی و بیش از حد آن از منابع طبیعی، عرصه‌های رویش طبیعی این گیاه را کاهش داده است و زراعت این گیاه به‌دلیل خواب بذر برای کشاورزان مشکل است.

خواب بذر ممکن است ناشی از نقص جنین یا مشکلات بافت‌های پوششی احاطه‌کننده جنین باشد. عدم جوانه‌زنی به سبب مشکلات بافت‌های پوششی اطراف جنین معمولا به عنوان خواب فیزیکی در نظر گرفته می‌شود (Baskin & Baskin, 2014). این نوع خواب علاوه بر این‌که به دانه فرصت پراکنش می‌دهد، به تشکیل بانک بذر در خاک کمک می‌کند و همچنین به عنوان یک شیوه اجتناب از شرایط نامطلوب محیطی در حفاظت بسیاری از گونه‌های گیاهی اهمیت زیادی دارد. جغرافیای وقوع گونه‌ها، عوامل ژنتیکی، شرایط محیطی در زمان نمو بذر روی گیاه مادری و اقلیم رویش و رشد گیاه در شکل‌گیری این نوع خواب بذر موثر است (Hudson et al., 2015). برای مثال، در اکوسیستم‌های با فصل‌های خشک و مرطوب مشخص، خواب فیزیکی شایع‌تر است (Casas et al., 2017). خواب فیزیکی بیشتر در تیره لگومینوز رایج است که در این دانه‌ها، حضور یک یا چند لایه سلول اسکلرئیدی با دیواره ثانویه لیگنینی شده ضخیم، باعث نفوذناپذیری پوسته بذر نسبت به آب می‌شود. اما در برخی بذرهای دیگر، سختی مکانیکی پوشش بذر یا میوه‌ها موجب ایجاد خواب فیزیکی می‌شود. این نوع خواب در تیره کاسنی یا آفتابگردان متداول نیست اما وجود خواب فیزیکی در بذرهای کنگر وحشی گزارش شده است که در رابطه با ساختار ویژه گل‌آذین و میوه در این گیاه است (Mattana et al., 2022).

کنگر وحشی دارای یکی از پیچیده‌ترین ساختارهای گل‌آذین در تیره آفتابگردان است، که در پراکندگی و ایجاد خواب بذر نقش دارد. در این گیاه ۵-۷ کاپیتول اولیه تک گل در کنار یکدیگر به شکل چندتایی قرار می‌گیرند و تشکیل یک کاپیتول ثانویه می‌دهند. گل‌های کاپیتول اولیه مرکزی هرمافرودیت هستند اما مانند گل‌های ماده عمل می‌کنند و گل‌های کاپیتول‌های اولیه پیرامونی در واقع گل‌های نر هستند (Hind, 2013). در طی تشکیل میوه، نهنج این کاپیتول ثانویه یک ساختار تخم‌مرغی توخالی را به وجود می‌آوردکه بعد از مدتی ساختار چوبی پیدا می‌کند و میوه اصلی این گیاه که نوعی فندقه سیپسلا است را دربرمی‌گیرد. روی این ساختار با تعدادی برگک پولک مانند پوشانده شده و در انتها دارای تارهای مویی سخت است که به واسطه آنها ممکن است به پوست پستانداران بچسبد و در نتیجه به عنوان بخش‌های منتشر کننده این گیاه عمل می‌کند (Karis et al., 2001). بذر کنگر وحشی شامل یک جنین همراه با ذخیره غذایی است، که با یک پوشش نازک و نفوذپذیر به آب و گازها احاطه شده‌است. در واقع نه پریکارپ میوه سیپسلا و نه پوسته بذر، سخت نیست و این پوشش به شدت لیگنینی‌شده دربرگیرنده این میوه و بذر است که از جوانه‌زنی ممانعت می‌کند (Mattana et al., 2022).

اگر چه خواب بذر یک سازگاری مفید برای بقای نسل گیاه است اما می‌تواند تکثیر گیاه را محدود کند. چون ممکن است چندین فصل طول بکشد تا بذرها خواب خود را از دست بدهند و در طول این زمان، شکار بذر، رقابت علف‌های هرز، فرسایش خاک و از دست دادن قوه نامیه می‌تواند منجر به شکست استقرار مجدد گیاه شود. در طبیعت، خواب فیزیکی بذر می‌تواند با سیکل‌های متوالی انجماد و ذوب دانه در خاک، فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک، آتش‌سوزی طبیعی در جنگل (مثلا آتش باعث ذوب شدن رزین میوه‌های کاج می‌شود)، خورده شدن توسط دام و عوامل دیگر شکسته شود (Kildisheva et al., 2020). هر یک از این فعالیت‌ها ممکن است چندین سال طول بکشد تا تکمیل شود. بنابراین، برای کوتاه کردن زمان لازم برای رفع محدودیت‌های فیزیکی پوشش

بذر بر اســاس تقلید از روش‌های طبیعی فوق، از تیمارهای ویژه مکانیکی و شیمیایی موسوم به خراش‌دهی یا اسکاریفیکاسیون و یا از شوک‌های دمایی استفاده می‌شود. برای این منظور خواب ناشی از پوشش سخت بذر در آزمایشگاه با استفاده از تکنیک‌هایی نظیر ســمباده، آب داغ و اســید از بین می‌رود (Mbi et al., 2022; Xue et al. 2016). برای مثال خراش‌دهی پوســته دانه تاتوره (*Datura stramonium* L) بوسیله اسکالپل (Mahmoodzadeh et al., 2005) و خیساندن دانه تمرهندی (*Tamarindus indica*) در آب جوش (Mohammad & Amusa, 2003) تاثیر مثبت و معنی‌داری بر روی شکست خواب دانه داشت. Mondani (2018) et al. هم گزارش کردند تیمار با اسید سولفوریک ۹۸ درصد یا پراکسید هیدروژن ۳۰ درصد (به مدت ۲، ۳ و۴ دقیقه)، موجب افزایش درصد جوانه‌زنی دانه پنیرک شد.

در تحقیق حاضر سعی شد راهکار شکست خواب بذر کنگر وحشی با استفاده از اثر شیوه‌های مختلف خراش‌دهی شیمیایی و مکانیکی و شوک دمایی شناسایی شود تا در آینده زمینه کشت و زرع و اهلی کردن این گونه گیاهی فراهم گردد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق بذرهای کنگر وحشی از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد که بر اساس گزارش این شرکت از منطقه چلگرد استان چهار محال و بختیاری در سال ۱۴۰۰ جمع‌آوری شده بود. در همه آزمایش‌ها، ابتدا با فرو بردن دانه‌ها در آب، بذرهای پوک جدا شــدند. کلیه آزمایش‌های این تحقیق در آزمایشــگاه فیزیولوژی گیاهی، دانشکده علوم دانشگاه شهرکرد در سال ۱۴۰۱ اجرا شد.

بررســی اثر انواع شــیوه‌های خراش‌دهی مکانیکی بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر کنگر وحشی

در آزمایش اول اثر تیمارهای ســنباده زدن با کاغذ ســنباده به مدت ۵ و ۱۰ دقیقه، خراش‌دهی پوشــش لیگنینی دربرگیرنده بذر با تیغ و یا شــکافتن آن با اســکالپل بر جوانه‌زنی بذر بررســی شــد. برای اعمال تیمارها، با توجه به اینکه پوشــش حاصــل از کاپیتول ثانویه روی بذر کنگر به شدت سخت و لیگنینی شده بود، سعی شد قسمتی از این پوشش نزدیک به محل خروج ریشه‌چه با تیغ خراش داده شــود و یا با اســکالپل پوشــش مجاور این ناحیه یک شــکاف (شبیه باز کردن ملایم دهانه دو نیمه پوست پسته) ایجاد شــود. آزمایش بصورت طرح کاملا تصادفی با شش تکرار اجرا شد و هر تکرار شامل یک پتری حاوی ۱۵ بذر بود. دانه‌های دست نخورده هم بعنوان گروه شــاهد در نظر گرفته شــدند. لازم به یادآوری است که با توجه به درشت بودن ساختار دربرگیرنده بذر کنگر، تعداد بذرها در هر پتری محدود اما تکرارها بیشــتر در نظر گرفته شد تا حداقل ۹۰ بذر مورد آزمون قرار گیرد.

پس از خراش‌دهی، بــذرهــا بــه روی کــاغــذ صــــافی منتقل و پتری‌دیش‌ها در دمای ۲۵ درجه ســانتی‌گراد در ژرمیناتور با دوره نوری ۱۴ ساعت تاریکی و ۱۰ ساعت روشنایی قرار داده شدند و هر روز به میزان مســاوی با آب مقطر آبیاری شــدند. خروج ریشــه‌چه در حد ۲ میلی‌متر بعنوان جوانه‌زنی بذر در نظر گرفته شد و تعداد بذرهای جوانه‌زده در طی یک ماه هر روز ثبت گردید تا زمانی که ۳ روز متوالی جوانه‌زنی جدید در آنها رخ نداد. درصــد جوانه‌زنی نهایی (PG) بذرهای کنگر وحشی از طریق رابطه زیر محاسبه گردید.

$$PG=100(n/N)$$ رابطه ۱

که در این رابطه n تعداد بذرهای جوانه زده و N تعداد کل بذرهای کشت شده است.

همچنین طول دانه‌رســت‌های ۲۰ روزه هر پتری اندازه‌گیری و شاخص بنیه بذر از رابطه زیر محاسبه شد.

رابطه ۲ طول کل دانه‌رست × درصد جوانه‌زنی = شاخص بنیه بذر

علاوه بر این، عدد پیک (PV=Peak value) از تقسیم حداکثر درصد جوانه‌زنی تجمعی به تعداد روزهای مورد نیاز برای رسیدن به این درصــد جوانه‌زنی بدســت آمد. میانگین جوانه‌زنی روزانه (MDG) از تقســیم تعداد کل دانه‌های جوانه‌زده به کل روزهای آزمایش محاســبه شــد و از حاصــلضــرب دو کمیت فوق ارزش جوانه‌زنی (GV =germination value) که شاخصی از سرعت و تمامیت جوانه‌زنی است، برآورد شد. این شاخص‌ها از رابطه‌های زیر محاسبه شد (Ali & Aziz 2021).

$$PV=\frac{\text{درصد بیشترین جوانه زنی}}{\text{روز مربوط به بیشترین جوانه‌زنی}}$$ رابطه ۳

$$MDG=\frac{\text{دانه‌های جوانه زده}}{\text{تعداد کل روز های آزمایش}}$$ رابطه ۴

$$GV=PV\times MDG$$ رابطه ۵

بررسی اثر انواع شیوه‌های خراش‌دهی شیمیایی بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر کنگر وحشی

آزمایش دوم بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با شش تکرار برای بررسی اثر خیساندن در آب (شاهد)، اسید سولفوریک، اسید کلریدریک، اسید استیک، هیپوکلریت سدیم و پراکسید هیدروژن با غلظت ۲۰ درصد در مدت زمان‌های ۲۰،۴۰ و ۶۰ دقیقه بر جوانه‌زنی بذر و رشد دانه‌رست کنگر انجام شد. لازم به ذکر است که در اغلب مطالعات از غلظت بالای اسیدها با مدت زمان کوتاه برای خراش‌دهی استفاده می‌شود که معمولا اثر منفی بر رشد دانه‌رست دارد. اما در تحقیق حاضر از غلظت ۲۰ درصد اسیدها و سایر ترکیبات استفاده شد و اثر مدت زمان‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت.

پس از تمام شدن زمان تیمارها، دانه‌ها از محلول‌های ترکیبات فوق خارج شدند و با آب شسته شدند تا اسید اضافی یا سایر ترکیبات باقیمانده روی دانه‌ها از بین برود و ۱۵ بذر به روی کاغذ صافی در هر پتری منتقل شدند. سپس میزان جوانه‌زنی روزانه بذرها در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بررسی شد و مطابق با رابطه‌های ۱ تا ۵ درصد جوانه‌زنی نهایی، عدد پیک، میانگین جوانه‌زنی روزانه، ارزش جوانه‌زنی، طول دانه‌رست و شاخص بنیه برای هر تیمار محاسبه شد.

بررسی اثر شوک دمایی بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر کنگر وحشی

آزمایش سوم هم بصورت فاکتوریل با طرح کاملا تصادفی با شش تکرار انجام شد. فاکتورها شامل آب جوش با دو سطح (تیمار با آب معمولی و فروبردن بذرها در آب جوش ۹۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶۰ دقیقه) و فریز کردن بذرها با ۴ سطح (۰، ۱، ۲ و ۳ روز فریز) در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد بود. در این آزمایش هم پس از انتقال ۱۵ بذر به روی کاغذ صافی در هر پتری‌دیش، میزان جوانه‌زنی روزانه بذرها در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بررسی شد و مطابق با رابطه‌های ۱ تا ۵ درصد جوانه‌زنی نهایی، عدد پیک، میانگین جوانه‌زنی روزانه، ارزش جوانه‌زنی، طول دانه‌رست و شاخص بنیه برای هر تیمار محاسبه شد.

آنالیز آماری

در این پژوهش، آزمایش اول با طرح کاملا تصادفی و آزمایش دوم و سوم به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی اجرا گردید. همه آزمایش‌ها شامل شش تکرار بود و آنالیز واریانس با نرم افزار SPSS نسخه۲۲ و مقایسه میانگین، با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

اثر انواع خراش‌دهی مکانیکی بر شاخص‌های جوانه‌زنی دانه و طول دانه‌رست کنگر وحشی

تجزیه و تحلیل واریانس نشان داد که اثر شیوه‌های مختلف خراش‌دهی مکانیکی بر درصد جوانه‌زنی نهایی، عدد پیک، میانگین روزانه جوانه‌زنی، ارزش جوانه‌زنی بذر، طول دانه‌رست و شاخص بنیه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر روش‌های مختلف خراش‌دهی مکانیکی بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر و رشد دانه‌رست کنگر وحشی

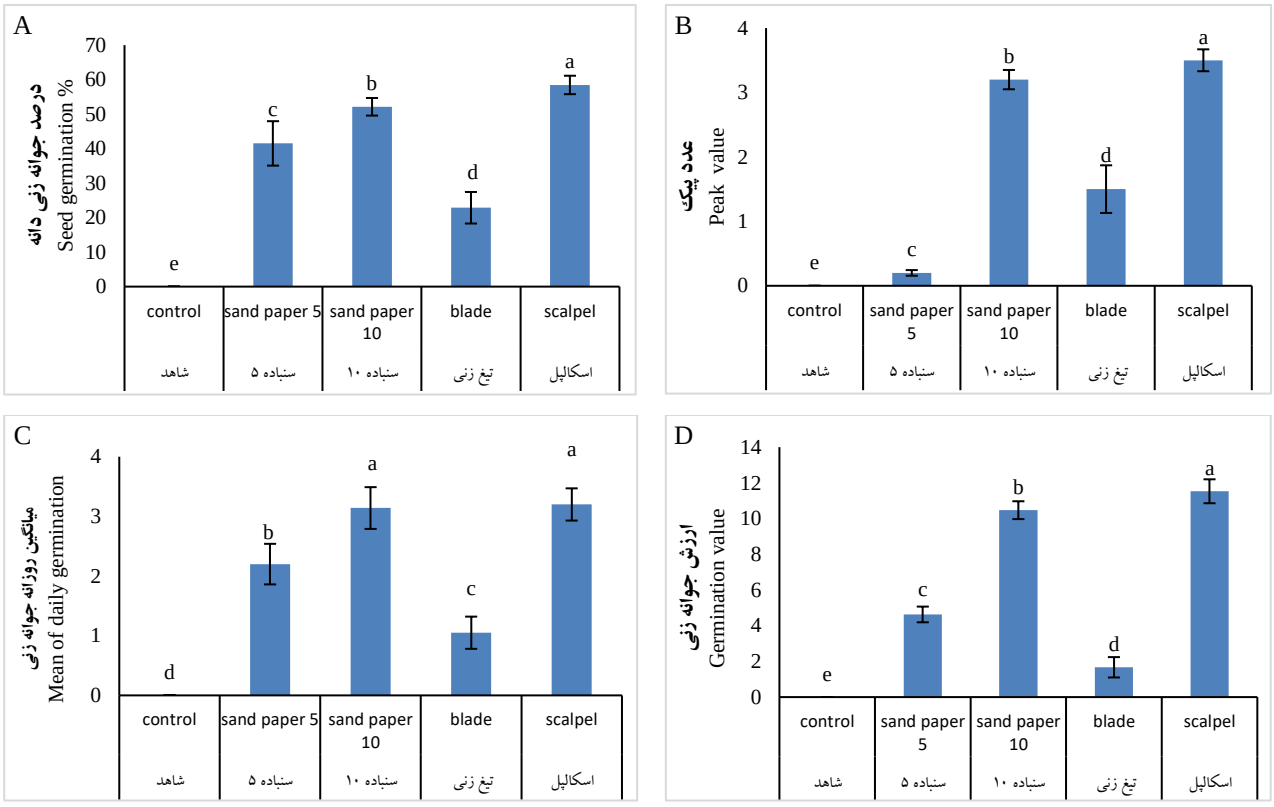
Table 1. The analysis of variance related to the effect of various methods of mechanical scarification on seed germination indices and seedling length

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	درصد جوانه‌زنی germination percentage	عدد پیک Peak value	میانگین روزانه جوانه‌زنی MDG	ارزش جوانه‌زنی germination value	طول دانه‌رست Seedling length	شاخص بنیه Vigor index
روش‌های خراش‌دهی Scarification methods	4	5086.80**	19.80**	20.67**	279.03**	712.66**	1368.801**
خطا Error	20	2.19	0.6	0. 4	1.016	3.254	45.275
ضریب تغییرات C.V.		12.32	3.3	5.16	2.74	2.19	13.02

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

** shows significant differences at 1% probability level

مقایسه میانگین درصد جوانه‌زنی نشان داد درحالی‌که بذرهای کنگر وحشی در تیمارهای شاهد (عدم خراش‌دهی) اصلا جوانه نزدند، تیمار با سمباده به مدت ۵ و ۱۰ دقیقه جوانه‌زنی آنها را به ۴۱/۵ و ۵۲/۱۳ درصد رسانید. خراش‌دهی با تیغ کمترین و شکاف پوشش سخت اطراف بذر با اسکالپل، بیشترین اثر را بر جوانه‌زنی نهایی بذر کنگر وحشی داشت (شکل ۱-A). همچنین، روند مشابهی برای اثر شیوه‌های مختلف خراش‌دهی مکانیکی بر عدد پیک، میانگین جوانه‌زنی روزانه و ارزش جوانه‌زنی مشاهده شد (شکل ۱-B-D). همانطور که در بخش مقدمه ذکر شد در بذر کنگر وحشی پوسته بذر سخت نیست، اما پوشش به شدت لیگنینی شده حاصل از کاپیتول ثانویه (شبیه پوست پسته) به منزله یک سد قوی برای جوانه‌زنی و خروج ریشه‌چه عمل می‌کند (Mattana et al., 2022). به همین دلیل شکاف آن، بر خواب فیزیکی مرتبط با مقاومت مکانیکی این پوشش غلبه کرده و امکان خروج ریشه‌چه از دانه را فراهم می‌کند و در نتیجه جوانه‌زنی بذر کنگر وحشی را بهبود می‌دهد. مشابه با نتایج ما، Abu-Qaoud & Alkoni (1995) هم گزارش کردند بیشترین درصد جوانه‌زنی بذرهای کنگر وحشی با برداشتن پوشش سخت اطراف بذر و سپس خیساندن در آب بدست آمد. در تحقیق Khajeh-Hosseini et al. (2017) هم در بین همه تیمارهای فیزیکی و شیمیایی تست شده، خراش‌دهی پوسته بوسیله اسکالپل موثرترین تیمار برای شکست خواب بذرهای جغجغه (*Prosopis farcta* L.) و علف مورچه (*Cressa creticae*) بود. Olga et al. (2011) هم گزارش کردند که خراش‌دهی مکانیکی بذر *Sphaeralcea munroana* به وسیله سمباده بالاترین درصد جوانه‌زنی (۹۷ درصد) را ایجاد کرد.



شکل ۱- اثر روش‌های مختلف خراش‌دهی فیزیکی پوشش دانه بر درصد جوانه‌زنی نهایی بذر (A)، عدد پیک (B)، میانگین روزانه جوانه‌زنی (C) و ارزش جوانه‌زنی(D) بذر کنگر وحشی

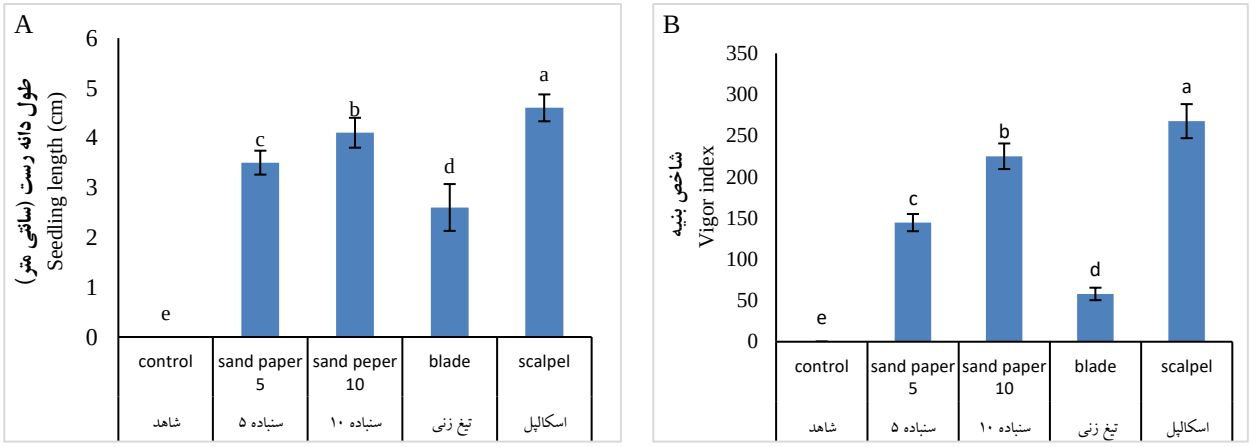
ستون‌های دارای حروف مشترک بر طبق آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

Figure 1- The effect of various methods of physical scarification on final seed germination percentage (A), Peak value (B), MDG (C), and germination value (D), of kenger seeds

The same letters indicate non-significant differences between treatments according to Duncan's multiple range tests at P<0.05

همچنین نتایج آزمایش اول نشان داد بیشترین طول دانه‌رست و شاخص بنیه در تیمار شکاف پوشش سخت اطراف بذر با اسکالپل و پس از آن در تیمار سنباده‌زنی به مدت ۱۰ دقیقه حاصل شد. در مقابل، مقادیر این صفات با سنباده‌زنی به مدت ۵ دقیقه و تیغ‌زنی در حد معنی‌داری کمتر بود (شکل ۲). در واقع پوشش چوبی حاصل از کاپیتول ثانویه در اطراف بذرهای کنگر وحشی به قدری سخت است که خراش با تیغ برای حذف اثر ممانعت کننده آن کافی نبود و سایش با سنباده و مخصوصا شکاف آن با اسکالپل در حذف این سد برای خروج ریشه‌چه موثرتر بود و در نتیجه طول دانه‌رست و شاخص بنیه هم در این تیمار افزایش یافت.

البته اگر تعداد بذرها زیاد باشد شکاف دستی پوشش بذر با اسکالپل، بسیار زمان‌بر است وخراش‌دهی با سنباده یک شیوه آسان‌تر برای حذف مقاومت این پوشش خارجی است. لیکن در این روش هم ممکن است سایش همه بذرها یکسان نباشد و بعضی از بذرها خیلی کم و برخی دیگر از بذرها بیش از حد ساییده شوند و همین امر موجب کاهش یکنواختی جوانه‌زدن بذرها شود. بنابر این، روش خراش‌دهی فیزیکی با سنباده روش ساده‌تر و عملی‌تری نسبت به تیغ‌زنی یا شکاف پوشش بذر با اسکالپل است. البته امروزه دستگاه‌های ویژه خراش‌دهی برای سایش یا شکاف پوسته سخت به بازار عرضه شده است.



شکل ۲- اثر روش‌های مختلف خراش فیزیکی پوسته دانه بر طول دانه‌رست (A) و شاخص بنیه (B) کنگر وحشی

ستون‌های دارای حروف مشترک بر طبق آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

Figure 2- The effect of various methods of physical scarification on length of seedling (A), and vigor index (B) of kenger

The same letters indicate non-significant differences between treatments according to Duncan's multiple range tests at P<0.05

اثر انواع خراش‌دهی شیمیایی بر شاخص‌های جوانه‌زنی دانه و طول دانه‌رست کنگر وحشی

تجزیه واریانس نتایج آزمایش دوم نشان داد اثر انواع ترکیبات شیمیایی و مدت‌های کاربرد آنها بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر و رشد دانه‌رست کنگر وحشی در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بودند (جدول ۲).

مقایسه میانگین اثر انواع ترکیبات شیمیایی بر درصد جوانه‌زنی نشان داد بذرهای کنگر وحشی خیسانده در آب (شاهد)، جوانه‌زنی بسیار کمی داشتند اما تیمار با اسید سولفوریک، اسید کلریدریک، اسید استیک، هیپوکلریت سدیم و پراکسید هیدروژن درصد جوانه‌زنی بذرهای کنگر وحشی و عدد پیک، میانگین جوانه‌زنی روزانه و ارزش جوانه‌زنی را در حد معنی‌داری افزایش داد (شکل۳-A). این دوباره تایید می‌کند که خواب بذرهای کنگر وحشی مربوط به سختی پوشش اطراف آنها است و این تیمارهای شیمیایی با حذف مقاومت مکانیکی این پوشش، توان و سرعت جوانه‌زنی بذر را در حد معنی‌داری افزایش داده است. بررسی اثر متقابل مدت زمان خراش‌دهی و نوع ترکیبات شیمیایی بر درصد جوانه‌زنی نشان داد تیمار با اسید کلریدریک به مدت ۲۰ دقیقه، بیشترین اثر را برجوانه‌زنی نهایی بذر (۵۴/۷۶

درصد) داشت. همچنین خراش‌دهی با اسید سولفوریک به مدت ۴۰ دقیقه، جوانه‌زنی بذرها را به ۵۱/۴ درصد رسانید. اثر خراش‌دهی با اسید استیک کمتر از دو اسید فوق بود و کاربرد اسید استیک به مدت ۶۰ دقیقه درصد جوانه‌زنی نهایی را به ۳۷/۳۳ درصد رساند (شکل۳-A). احتمالا چون این ترکیب از نظر قدرت اسیدی ضعیف‌تر است، برای نرم کردن پوشش چوبی حاصل از کاپیتول ثانویه در اطراف بذرهای کنگر وحشی باید به مدت بیشتری آنها را در این اسید تیمار کرد. تیمار با هیپوکلریت سدیم به مدت ۲۰ و ۴۰ دقیقه، هم اثر مثبتی بر جوانه‌زنی نهایی بذر داشت اما کاربرد هیپوکلریت سدیم به مدت ۶۰ دقیقه تأثیرکمتری بر جوانه‌زنی نهایی کنگر وحشی داشت. تیمار با پراکسید هیدروژن به مدت ۲۰ دقیقه نسبت به همه ترکیبات شیمیایی کمترین اثر را داشت و بیشترین اثر با این ترکیب در مدت زمان ۶۰ دقیقه بدست آمد که درصد جوانه‌زنی نهایی را به ۳۴/۵ درصد رسانید (شکل۳-A). احتمالا تیمار با اسیدها یا ترکیباتی مانند هیپوکلریت سدیم و پراکسید هیدروژن موجب تجزیه برخی لیپیدها و موم‌ها و مواد لیگنینی که عامل سختی یا ناتراوایی پوسته هستند، شده و در نتیجه، جذب آب و اکسیژن به بذر را افزایش داده و همچنین خروج ریشه‌چه را تسهیل می‌کند و در نهایت درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر و رشد دانه‌رست را افزایش می‌دهد (Mbi et al., 2022). مشابه با نتایج ما، سایر محققان شکست خواب مرتبط با سختی پوسته بذر بوسیله انواع شیوه‌های خراش‌دهی شیمیایی را در گیاهان دیگر نیز گزارش کرده‌اند. برای مثال Okwon & Eboh (2017) اعلام کردند خیساندن بذرهای *Crotalaria verrucose* L. در اسید کلریدریک به مدت ۲ تا ۳۰ دقیقه در حد معنی‌داری جوانه‌زنی بذر این گیاه را افزایش داد. نتایج تحقیق Pirasteh-Anosheh (2020) نشان داد تیمار اسید سولفوریک ۹۸ درصد به مدت ۲۵ دقیقه منجر به شکست خواب و ۹۶ درصد جوانه‌زنی بذر خارشتر شد. Mollashahi et al. (2017) هم گزارش کردند بیشترین جوانه‌زنی بذر نمدار با آب اکسیژنه (۳۸٪) و برای اقاقیا با آب جوش (۶۶/۶۹٪) بدست آمد. مطالعه Ghanbari et al. (2017) هم نشان داد که خواب بذر گیاه دارویی پنیرباد با تیمار هیپوکلریت سدیم به مدت ۳۰ دقیقه شکسته شد.

جدول ۲- آنالیز واریانس اثر انواع روش‌ها و مدت زمان‌های مختلف خراش‌دهی شیمیایی بر شاخص‌های جوانه‌زنی و طول دانه‌رست کنگر وحشی

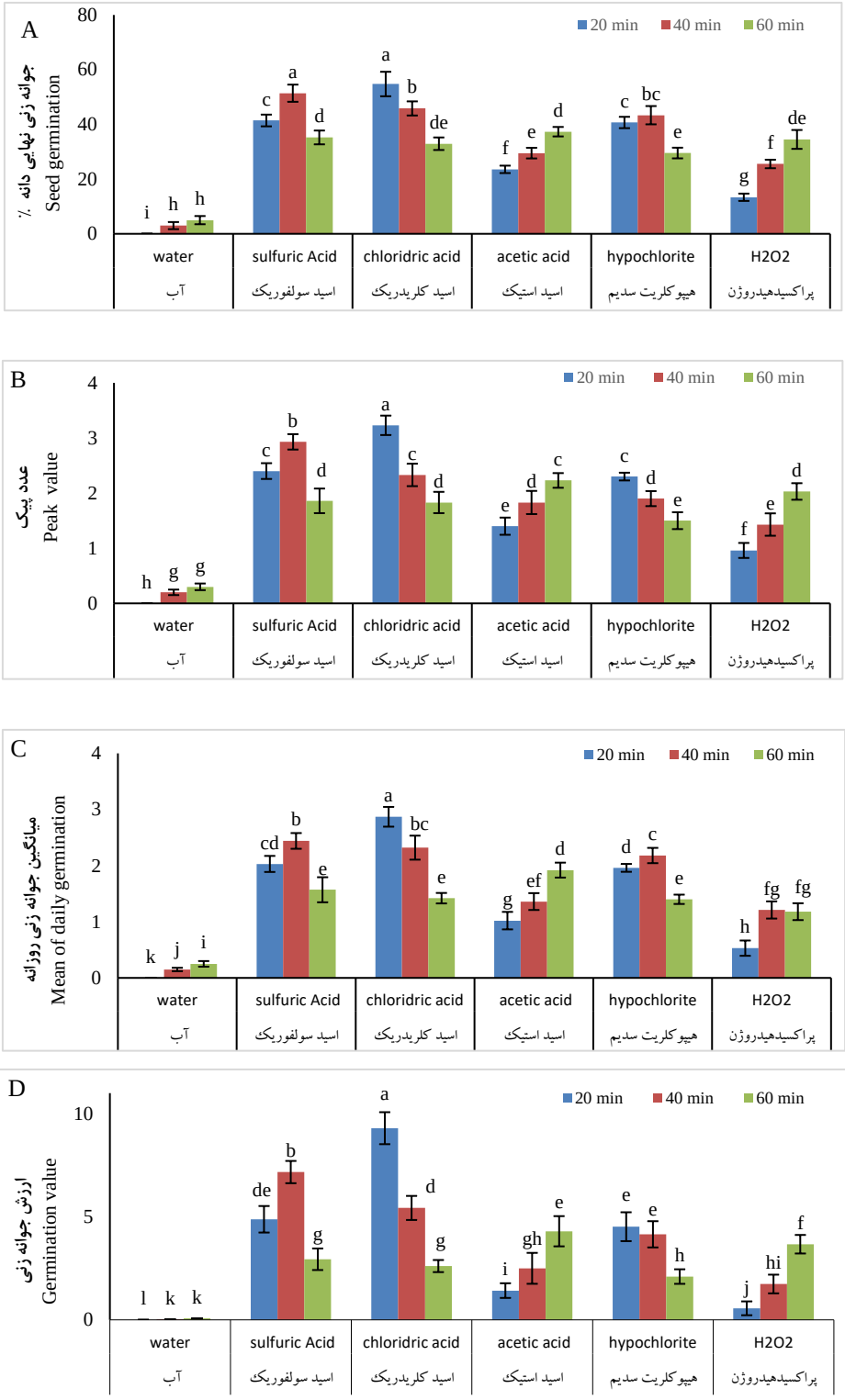
Table 2- The analysis of variance related to the effect of various methods and different diurations of chemical scarification on seed germination indices and seedling length

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	درصد جوانه‌زنی germination percentage	عدد پیک Peak value	میانگین روزانه جوانه‌زنی MDG	ارزش جوانه‌زنی germination value	طول دانه‌رست Seedling length	شاخص بنیه Vigor index
روش‌های خراش‌دهی Scarification methods	5	648.17**	1.55**	1.55**	22.01**	1.62**	1086.89**
مدت زمان Duration	2	117.49**	0.165**	0.317**	5.45**	0.727**	1320.03**
روش‌های خراش‌دهی*مدت زمان Scarification methods * duration	10	271.42**	1.01**	1.03**	15.16**	0.92**	4244.78
خطا Error	90	1.90	0.024	0.004	0.134	0.18	30.5
ضریب تغییرات C.V.		14.2	4.20	2.57	11.13	5.11	13.9

** معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد

** shows significant differences at 1% probability level

بررسی اثر متقابل انواع تیمارهای شیمیایی و مدت زمان کاربرد آنها نشان داد بهترین مقادیر عدد پیک، میانگین روزانه جوانه‌زنی و ارزش جوانه‌زنی نیز در تیمار خراش‌دهی با اسید کلریدریک به مدت ۲۰ دقیقه و پس از آن در تیمار با اسید سولفوریک به مدت ۴۰ دقیقه بدست آمد اما زمان‌های طولانی‌تر تیمار با این اسیدها اثر منفی بر صفات فوق داشت.



شکل۳- اثر انواع روش‌ها و مدت زمان‌های مختلف خراش‌دهی شیمیایی بر درصد جوانه‌زنی نهایی بذر (A)، عدد پیک (B)، میانگین روزانه جوانه‌زنی (C) و ارزش جوانه‌زنی (D) بذر کنگر وحشی

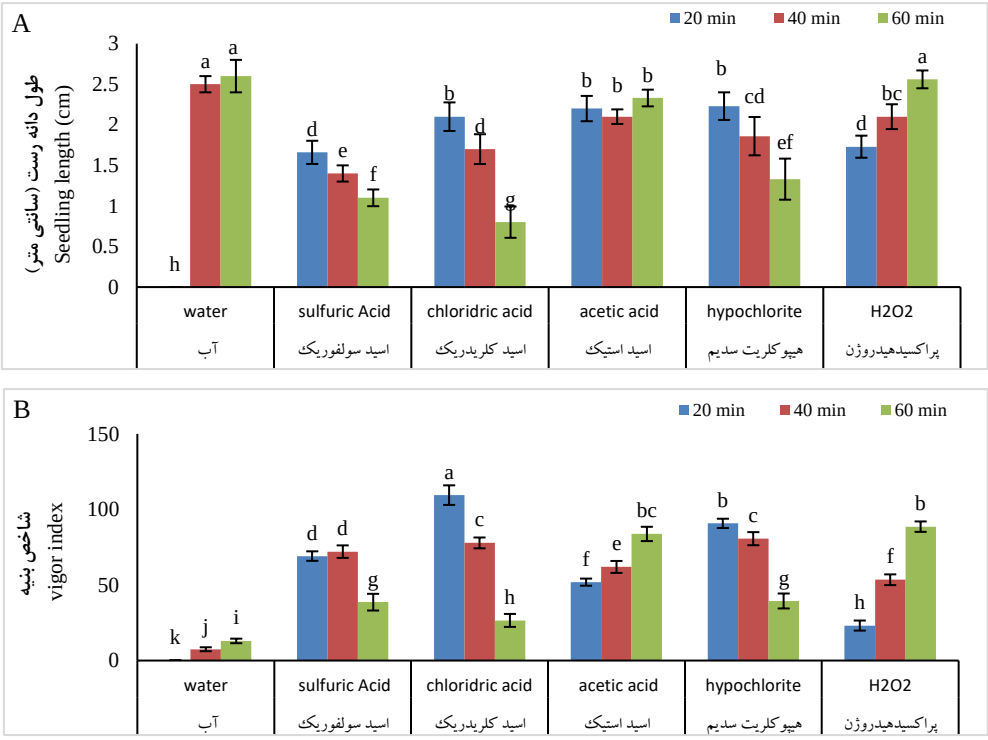
ستون‌های دارای حروف مشترک بر طبق آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

Figure 3- The effect of various methods and different diurations of chemical scarification on final seed germination percentage (A), Peak value (B), MDG (C), and germination value (D), of kenger seeds
The same letters indicate non-significant differences between treatments according to Duncan's multiple range tests at P<0.05

بیشترین اثر تیمارهای اسید استیک و پراکسید هیدروژن بر عدد پیک، میانگین جوانه‌زنی روزانه و ارزش جوانه‌زنی با مدت ۶۰ دقیقه اما در تیمار با هیپوکلریت سدیم با مدت ۲۰ یا ۴۰ دقیقه حاصل شد که در حد معنی‌داری کمتر از اثر تیمار با اسید کلریدریک و اسید سولفوریک در مدت‌های ۲۰ و ۴۰ دقیقه بود (شکل۳-B-D). به‌طور مشابهی، Ali & Aziz (2021) هم گزارش کردند تیمار بذرهای کنگر وحشی با اسید کلریدریک و اسید سیتریک اثر مطلوبی بر میانگین روزانه جوانه‌زنی، عدد پیک و ارزش جوانه‌زنی داشت اما ماکزیمم ارزش جوانه‌زنی در دانه‌های تیمارشده با اسید سیتریک به مدت ۱۵ دقیقه بدست آمد و زمان‌های طولانی‌تر اثر منفی بر جوانه‌زنی دانه و رشد دانه‌رست کنگر وحشی داشت.

بررسی اثر تیمارهای آب داغ به مدت ۱۰ دقیقه، آب ژاول به مدت (۳۰ دقیقه، ۱، ۱۲ و ۲۴ ساعت)، سطوح مختلف اسید سولفوریک (۲/۵ تا ۲۲/۵ درصد) و تیمار شاهد (آب مقطر) بر جوانه‌زنی بذر گیاه *Albizia julibrissin* هم نشان داد که تیمار آب داغ و اسید سولفوریک به دلیل نرم‌کردن پوسته بذر شاخص‌های جوانه‌زنی را تا حدود زیادی بهبود داد اما تیمار آب ژاول تاثیر معنی‌داری نداشت (Sepehrfar et al., 2011). گزارش شده است که در طبیعت تغذیه پرندگان از برخی بذرها با پوست سخت و هضم این پوسته بوسیله اسیدهای موجود در سیستم گوارشی آنها باعث می‌شود تا پس از دفع بذر از سیستم گوارشی پرندگان، این بذرها قادر به جوانه‌زنی باشند. بنابر این تیمار با اسیدها یا سایر ترکیبات هاضم در آزمایشگاه نوعی تقلید از این روش طبیعی محسوب می‌شود (Xue et al., 2016).

بررسی اثر متقابل نوع ترکیبات شیمیایی و مدت زمان خراش‌دهی بر طول دانه‌رست نشان داد که تیمار با آب به مدت ۴۰ و ۶۰ دقیقه، اسید استیک به مدت ۲۰ تا ۶۰ دقیقه، هیپوکلریت سدیم به مدت ۲۰ دقیقه و پراکسید هیدروژن به مدت ۶۰ دقیقه اثرات مطلوب‌تری بر رشد طولی دانه‌رست داشتند. در مقابل، افزایش مدت زمان تیمار با اسید کلریدریک و اسید سولفوریک باعث کاهش طول دانه‌رست شد (شکل ۴).



شکل۴- اثر انواع روش‌ها و مدت زمان‌های مختلف خراش‌دهی شیمیایی بر طول دانه‌رست و شاخص بنیه کنگر وحشی

ستون‌های دارای حروف مشترک بر طبق آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

Figure 4- The effect of various methods and different diurations of chemical scarification on length (A), and vigor index (B) of kenger seedling

The same letters indicate non-significant differences between treatments according to Duncan's multiple range tests at P<0.05

بیشترین شاخص بنیه در تیمار با اسید کلریدریک به مدت بیست دقیقه بدست آمد (شکل ۴-B) که احتمالا نتیجه اثر قوی این تیمار بر درصد جوانه‌زنی بود. چون بنیه از حاصلضرب جوانه‌زنی نهایی بذر در طول دانه‌رست محاسبه می‌شود. به هرحال تیمار با پراکسید هیدروژن به مدت ۶۰ دقیقه و با هیپوکلریت سدیم به مدت ۲۰ دقیقه و تیمار با اسید استیک به مدت ۶۰ دقیقه در سطح دوم از نظر اثر بر شاخص بنیه کنگر وحشی قرار گرفتند و کمترین اثرات بر طول دانه‌رست و شاخص بنیه با کاربرد اسید کلریدریک و سولفوریک به مدت ۶۰ دقیقه بدست آمد. مشابه با نتایج این تحقیق، Amooaghaie & Rafiei (2024) گزارش کردند که تیمارهای مکانیکی ۱۰ دقیقه سنباده‌زدن و خراش‌دهی با تیغ به‌طور موثرتری نسبت به خیساندن در آب داغ و ۵ دقیقه تیمار با اسید سولفوریک ۹۰ درصد، جوانه‌زنی بذرهای گیاه مورد را افزایش داد و اسید سولفوریک با آسیب به رویان باعث تضعیف رشد ریشه‌چه شد. Shamsodinn et al. (2020) هم گزارش کردند که در جمعیت صوفی‌آباد بذر کهورک، اثر تیمار مکانیکی با سمباده بیشتر بود و با افزایش زمان تیمار با اسید سولفوریک از ۱۰ به ۲۰ و ۳۰ دقیقه از جوانه‌زنی بذر کاسته شد اما در جمعیت جنگلی سوکان ۱۰ دقیقه تیمار با اسید سولقوریک موثرتر بود. بنابر این به نظر می‌رسد بسته به نوع و غلظت اسید و همچنین با توجه به تنوع در درجه سختی پوسته دانه گونه‌های گیاهی مختلف، مدت زمان مورد نیاز با این تیمار متفاوت بوده و باید بصورت تجربی برای هر گونه تعیین شود. اما در کل غلظت و مدت زیاد تیمار با اسیدهای قوی نه تنها اثرات منفی بر جوانه‌زنی دارد بلکه همانطور که در شکل ۴ نشان داده شده است طول دانه‌رست کنگر وحشی را نیز کاهش می‌دهد. در خراش‌دهی با اسیدها تعیین مدت زمان مناسب برای تیمار با اسید بسیار مهم است. خراش‌دهی با اسیدها معایبی دارد. از جمله آن‌که ورود اسید به محیط ممکن است آلودگی زیست محیطی ایجاد نماید. علاوه بر این ممکن است ضخامت بافت‌های پوششی اطراف بذرهای مختلف یک توده بذری یکسان نباشد یا برخی از آن‌ها ترک خوردگی داشته باشند که این موجب می‌شود اسید بیش از حد در برخی بذرها نفوذ کند و در نتیجه به رویان بذر آسیب برساند.

اثر تیمار فریز کردن و آب داغ بر جوانه‌زنی بذر و رشد دانه‌رست کنگر وحشی

تجزیه واریانس نشان داد که اثر مستقل و همچنین اثر متقابل فرو بردن در آب جوش و فریز کردن بذرهای کنگر وحشی بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر، طول دانه‌رست و شاخص بنیه در سطح ۱درصد معنی‌دار بوده است (جدول ۳).

جدول ۳- آنالیز واریانس اثر آب جوش و فریز کردن بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد دانه‌رست کنگر وحشی

Table 3- The analysis of variance related to the effect of boiled water and freezing on seed germination indices and seedling length

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	درصد جوانه‌زنی germination percentage	عدد پیک Peak value	میانگین روزانه جوانه‌زنی MDG	ارزش جوانه‌زنی germination value	طول دانه‌رست Seedling length	شاخص بنیه Vigor index
مدت خیساندن در آب جوش Duration of soaking in boiled water	1	7838.44**	32.79**	30.38**	347.27**	27.33**	99950.08**
مدت فریز Freezing duration	3	355.10**	2.23**	2.25**	30.42**	4.07**	8299.93**
آب جوش * فریز Freezing * boiled water	3	8.73**	0.297**	0.163**	14.70**	0.225**	1727.01
خطا Error	40	1.618	0.09	0.03	1.069	0.037	70.75
ضریب تغییرات C.V.		5.42	3.3	5.4	13.7	6.08	24.4

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

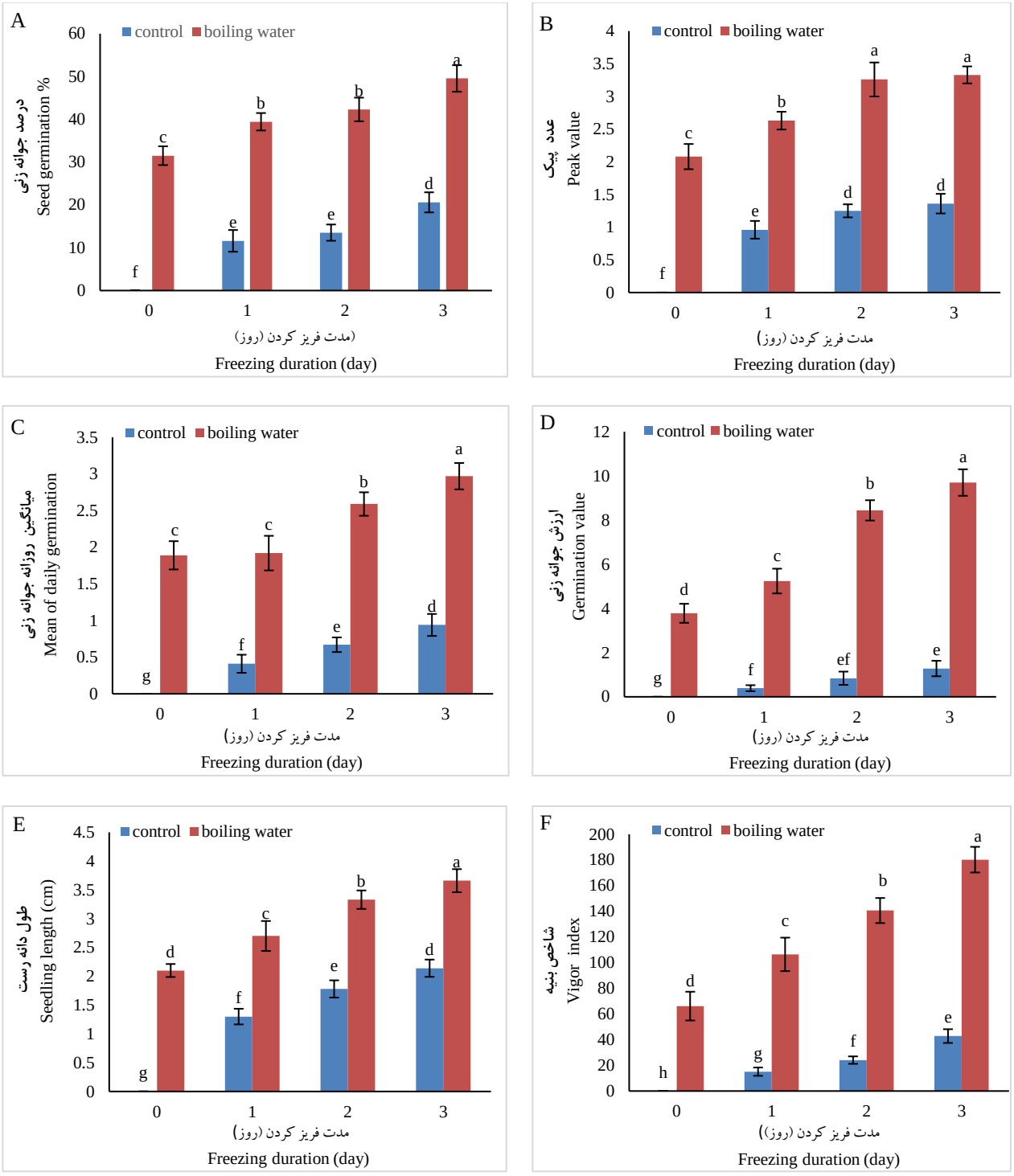
** shows significant differences at 1% probability level

مقایسه میانگین‌های درصد جوانه‌زنی در بین تیمارها نشان داد بذرهای کنگر بدون تیمار با آب جوش یا فریز کردن جوانه‌زنی نداشتند اما تیمار ۶۰ دقیقه فروبردن در آب جوش به تنهایی، جوانه‌زنی بذرها را به ۳۱/۵ درصد رسانید و اثر مطلوبی بر عدد پیک، میانگین جوانه‌زنی روزانه و ارزش جوانه‌زنی، طول دانه‌رست و شاخص بنیه داشت (شکل ۵). Yazdanshenas et al. (2014) هم گزارش کردند که تیمار آب جوش روی شکست خواب دانه تاج خروس اثر مطلوب داشت و جوانه‌زنی را از ۷ درصد در تیمار شاهد به ۳۶ درصد در تیمار آب جوش رساند. مطالعه دیگری نشان داد که تیمار فرو بردن بذور در آب جوش به مدت پنج دقیقه با نرم‌کردن پوسته، میزان و سرعت جوانه‌زنی بذر شیرین بیان را افزایش داد، اما تیمارهای سرمادهی در فریزر و گرمادهی در آون در مقایسه با تیمار شاهد تاثیری بر میزان شاخص‌های جوانه‌زنی بذر این گیاه نداشت (Sheidai Karkaj et al., 2021).

عقیده بر آن است که تیمار آب جوش از راه نرم کردن پوسته بذر باعث کم کردن مقاومت مکانیکی دانه و نفوذپذیری بیشتر پوشش بذر نسبت به آب و اکسیژن می‌شود و یا ممکن است باعث شستشو و کاهش مواد بازدارنده بذر شود (Mondani et al. 2018). با توجه به این‌که در تحقیق حاضر درصد جوانه‌زنی بذر کنگر وحشی در تیمار با آب داغ به مدت ۶۰ دقیقه معادل ۳۵ درصد بود (شکل ۵) که در حد معنی‌داری کمتر از اثر تیمار با اسید کلریدریک و اسید سولفوریک در مدت‌های ۲۰ و ۴۰ دقیقه بود که به‌طور متوسط ۵۳ تا ۵۵ درصد جوانه‌زنی را راه‌اندازی کردند (شکل ۲)، می‌توان پیشنهاد کرد که احتمالا خواب بذر کنگر بیشتر مکانیکی بوده و کمتر به وجود مواد بازدارنده در پوسته مرتبط است. Zare & Lotfi Jalalabadi (2021) نیز گزارش کردند فرو بردن در آب جوش جوانه‌زنی بذر دم عقربی را افزایش داد اما تیمار با اسید سولفوریک تاثیر بیشتری بر سرعت جوانه‌زنی داشت.

نتایج این آزمایش نشان داد که فریز کردن بذرها نیز در حد معنی‌داری جوانه‌زنی بذر، عدد پیک، میانگین جوانه‌زنی روزانه، ارزش جوانه‌زنی، طول دانه‌رست و شاخص بنیه کنگر وحشی را افزایش داد. در دانه‌های تیمار نشده با آب داغ، فریز اثر معنی‌دار اما محدودی داشت و فریزکردن به مدت ۲،۱ و۳ روز جوانه‌زنی آنها به ترتیب به ۱۱/۶، ۱۳/۵و۲۰/۶ درصد رسانید. همچنین با ۳ روز فریز کردن طول دانه‌رست و بنیه به ترتیب به ۲/۱۴ سانتی‌متر و ۴۲/۸ رسید (شکل ۵). در مقابل Ali & Aziz (2021) گزارش کردند با ۴۸ ساعت فریز کردن، جوانه‌زنی بذر کنگر وحشی به ۹۹ درصد رسید اما تیمار با آب جوش فقط منجر به ۲۳ درصد جوانه‌زنی شد و هر دو تیمار آب جوش و فریز کردن بذرها، وزن تر و خشک گیاهچه کنگر وحشی را افزایش داد. به هر حال این محققان اثر توام این دو تیمارها را بررسی نکردند.

بررسی اثر متقابل تیمار بذرها با آب جوش و فریز کردن نشان داد که کاربرد دوگانه این تیمارها برای تحریک جوانه‌زنی بذرها موثرتر بود و بیشترین میزان شاخص‌های جوانه‌زنی بذر، عدد پیک، میانگین جوانه‌زنی روزانه و ارزش جوانه‌زنی، رشد طولی دانه‌رست و شاخص بنیه کنگر وحشی با تیمار دوگانه آب جوش به مدت ۶۰ دقیقه و ۳ روز فریز کردن بذرها بدست آمد. این تیمار جوانه‌زنی، طول دانه‌رست و شاخص بنیه را به ترتیب به ۵۰ درصد، ۳/۶۶ سانتی‌متر و ۱۸۰/۱۹ رسانید. همچنین تیمار ترکیبی ۶۰ دقیقه فرو بردن در آب جوش و سپس ۳ روز فریز بذر، عدد پیک را به ۳/۳۳، میانگین جوانه‌زنی روزانه را به ۲/۹۷ و ارزش جوانه‌زنی را به حدود ۹/۷ رساند (شکل ۵). احتمالا در معرض قرار گرفتن بذرها با شوک دمای سرد و گرم بیشتر به شکافتن پوشش سخت بذر کمک کرده است. مشابه با نتایج ما، تیمار خراش‌دهی پوسته و در معرض قرارگیری با دوره‌های متوالی سرمادهی و گرمادهی برای نفوذپذیر کردن پوسته و شکستن خواب بذر سه گونه زالزالک بومی ایران یعنی *Crataegus babakhanloui* ، *C. persica* و *C. aminii* موثر بود (Mirzadeh Vaghefi et al., 2010). Hu et al. (2017) نیز گزارش کردند که بذرهای گیاه *Oxytropis racemosa* دارای خواب فیزیکی مرتبط با سختی پوسته هستند که به وسیله خراش‌دهی مکانیکی پوسته بذر و یا سیکل‌های پی در پی گرمادهی مرطوب و آب یخ شکسته می‌شود.



شکل ۵- اثرمتقابل فرو بردن دانه‌ها در آب جوش (۰و ۶۰ دقیقه) و فریز کردن (به مدت ۰،۱،۲ و ۳روز) بر جوانه‌زنی نهایی(A)، عدد پیک (B)، میانگین جوانه‌زنی روزانه (C)، ارزش جوانه‌زنی بذر (D)، طول دانه‌رست (E) و شاخص بنیه (F) کنگر وحشی

ستون‌های دارای حروف مشترک بر طبق آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

Figure 5. Interactive effect of boiled water (0, 60 min) and freezing (0, 1, 2, 3 days) on final seed germination percentage (A), Peak value (B), MDG (C), and germination value (D), length (E), and vigor index (F) of kenger seedling

The same letters indicate non-significant differences between treatments according to Duncan's multiple range tests at P<0.05

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد بخش بزرگی از خواب فیزیکی بذرهای کنگر وحشی مرتبط با پوشش دربرگیرنده این بذرها است. با توجه به اینکه این پوشش به شدت لیگنینی است شکاف پوشش اطراف بذر با اسکالپل برای تحریک جوانه‌زنی و رشد بعدی دانه‌رست موثرتر از خراش با تیغ یا سنباده‌زنی بود. انواع اسیدها و هیپوکلریت سدیم و پراکسید هیدروژن هم با هضم مواد لیگنینی تا حدودی جوانه‌زنی را تحریک کرد اما اغلب آنها خصوصا با اسید کلریدریک و سولفوریک در مدت زمان‌های طولانی تیمار، اثر منفی بر رشد دانه‌رست داشت و بنابراین، استفاده از این تیمارها توصیه نمی‌شود. تیمارهای ترکیبی آب جوش و فریز کردن هم تاثیر مطلوبی بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد دانه‌رست داشت اما اثر آن کمتر از خراش‌دهی با اسکالپل بود. به هر حال قابل توجه است که حتی با شکاف پوشش اطراف بذر با اسکالپل، جوانه‌زنی در نهایت به ۶۰ درصد رسید. بنابراین، بسیار محتمل است که بخش دیگری از خواب بذرهای کنگر از نوع فیزیولوژیکی باشد. به هر حال لازمه موفقیت برای کشت و زرع این گیاه ارزشمند در مزرعه آن است که بتوان درصد جوانه‌زنی را به بالاتر از ۹۰ درصد رساند. بنابراین، در مطالعات آینده باید اثر تیمارهای دیگری مانند جبرلین یا سرمادهی در رفع خواب فیزیولوژیکی بذرهای کنگر خراش‌دهی شده مورد بررسی قرار گیرد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از دانشگاه شهرکرد برای پشتیبانی مالی این پژوهش در قالب پایان‌نامه کارشناسی ارشد سپاسگزاری می‌شود.

تعارض منافع

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ گونه تعارض منافعی در رابطه با نگارش و یا انتشار این مقاله ندارند.

References

Abu-Qaoud, H., & Alkoni, R. (1995). The effect of different seed treatments on seed germination of *Gundelia tournefortii* L. seeds. *An-Najah Journal Research, 3*(9), 58–72.

Ali, V. D., & Aziz, F. H. (2021). Seed germination of *Gundelia tournefortii* L. under dormancy-breaking treatments. *Plant Archives, 21*(1), 1064–1079. http://doi.org/10.51470/PLANTARCHIVES.2021.v21.no1.141

Amooaghaie, R., & Rafiei, A. (2024). The effect of various scarification methods, He-Ne laser, and sodium nitroprusside on seed dormancy breaking and the growth of myrtle (*Myrtus communis* L.) seedlings. *Iranian Journal of Seed Science Research, 10*(2), 81–93. [In Persian]

Asadi-Samani, M., Rafieian-Kopaei, M., & Azimi, N. (2013). Gundelia: A systematic review of medicinal and molecular perspectives. *Pakistan Journal of Biological Sciences, 16*(21), 1238–1247. https://doi.org/10.3923/pjbs.2013.1238.1247

Basiri, M. (1984). *A brief overview of pasture and grazing issues*. Isfahan Industrial University Publisher. [In Persian]

Baskin, C. C., & Baskin, J. M. (2014). *Seeds: Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination* (2nd ed.). Academic Press.

Bewley, J. D., Bradford, K. J., Hillhorst, H. W. M., & Nonogaki, H. (2013). *Seeds: Physiology of development, germination and dormancy*. Springer-Verlag.

Casas, R., Willis, C. G., Pearse, W. D., Baskin, C. C., Baskin, J. M., & Cavender-Bares, J. (2017). Global biogeography of seed dormancy is determined by seasonality and seed size: A case study in legumes. *New Phytologist, 214*, 1527–1536. https://doi.org/10.1111/nph.14498

Erickson, T. E., Merritt, D. J., & Shane, R. T. (2016). Overcoming physical seed dormancy in priority native species for use in arid-zone restoration programs. *Australian Journal of Botany, 64*(5), 401–416. https://doi.org/10.1071/BT16059

Gahreman, A. (1983). *Flora of Iran in natural colors*. Research Institute of Forests and Rangelands Publications. [In Persian]

Ghanbari, M., Modarres-Sanavy, S. A. M., & Mokhtassi-Bidgoli, A. (2018). Germination characteristics and seed activity of enzymes of different landraces of Indian cheese maker (*Withania coagulans*) in response to sodium hypochlorite and pre-chilling. *Iranian Journal of Seed Research, 5*(1), 119–135. https://doi.org/10.29252/yujs.5.1.119 [In Persian]

Hind, N. (2013). *Gundelia tournefortii*. *Curtis's Botanical Magazine, 30*, 114–138. https://doi.org/10.1111/curt.12027

Hu, D., Baskin, J. M., Baskin, C. C., Yang, X., & Huang, Z. (2018). Ecological role of physical dormancy in seeds of *Oxytropis racemosa* in a semiarid sandland with unpredictable rainfall. *Journal of Plant Ecology, 11*(4), 542–552. https://doi.org/10.1093/jpe/rtx063

Hudson, A. R., Ayre, D. J., & Ooi, M. K. J. (2015). Physical dormancy in a changing climate. *Seed Science Research, 25*, Special Issue 2: Seed Dormancy, 66–81. https://doi.org/10.1017/S0960258514000403

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), S256-S265. https://doi.org/10.1111/rec.13140

Karis, P. O., Eldenäs, P., & Källersjö, M. (2001). New evidence for the systematic position of *Gundelia* L. with notes on delimitation of Arctoteae (Asteraceae). *Taxon*, *50*, 105–114. https://doi.org/10.2307/1224514

Khajeh-Hosseini, M., Alinaghizadeh, M., Hosseini, S. A., & Rashed Mohasel, M. H. (2017). Study of seed germination and dormancy of *Prosopis farcta*, *Launaea acanthodes*, and *Cressa cretica* in pistachio orchards of Rafsanjan. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, *5*(2), 199–213. [In Persian]

Mahmoodzadeh, A., Nojvan, M., & Bagheri, Z. (2005). Effects of different treatments on breaking of dormancy and seed germination of *Datura stramonium* L. *Journal of Plant Research*, *18*, 341–349. [In Persian]

Mattana, E., Gómez Barreiro, P., Hani, N. Y., Khaled Abulaila, K. H., & Ulian, T. (2022). Physiological and environmental control of seed germination timing in Mediterranean mountain populations of *Gundelia tournefortii*. *Plant Growth Regulation*, *97*, 175–184. https://doi.org/10.1007/s10725-021-00717-5

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

Mirzadeh Vaghefi, S., Jamzad, Z., Jalili, A., & Nasiri, M. (2010). Study on dormancy breakage and germination in three species of hawthorn (*Crataegus aminii*, *C. persica*, and *C. babakhanloui*). *Forest and Poplar Research*, *17*(4), 559–544. [In Persian]

Mohammad, S., & Amusa, N.A. (2003). Effects of sulfuric acid and hot water treatments on seed germination of tamarind. *African Journal of Biotechnology*, *2*(9), 276–279.

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. https://doi.org/10.22034/ijsst.2017.113247 [In Persian]

Mondani, F., Jalilian, A., & Olfati, A. (2018). Efficiency of chemical and mechanical priming in breaking seed dormancy and germination traits of *Malva* (*Malva neglecta*). *Iranian Journal of Seed Research*, *5*(1), 55–70. https://doi.org/10.29252/yujs.5.1.55 [In Persian]

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

Kildisheva, O. A., Kasten Dumroese, R., & Davis, A. S. (2011). Overcoming dormancy and enhancing germination of *Sphaeralcea munroana* seeds. *Horticultural Science*, *46*, 1672–1676. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.46.12.1672

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. https://doi.org/10.29252/yujs.7.1.181 [In Persian]

Sepehrfar, D. (2021). Comparison of the dormancy effects of *Albizia julibrissin* by hot water, bleach, and sulfuric acid. *Iranian Journal of Seed Research*, *11*(2), 54–61. https://doi.org/10.30495/JSR.2022.1942717.1225 [In Persian]

Shamsodinn, F., Moshki, A., Ravanbakhsh, H., & Mollashahi, M. (2020). Effect of seed breaking dormancy treatments on *Prosopis farcta* L. seed collected from desert and plantation ecosystems of Semnan. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, *8*(2), 189–198. https://doi.org/10.22034/ijsst.2018.122430.1212 [In Persian]

Sheidai Karkaj, E., Amani, M., Younessi-Hamzekhanlu, M., & Jahantab, E. (2021). Effect of different treatments on breaking seed dormancy and germination indices in medicinal species of *Glycyrrhiza glabra* L. *Journal of Plant Research* (Iranian Journal of Biology), 34(4), 967–980. [In Persian]

Tiwari, A. K., Tiwari, T. N., & Prasad, S. R. (2016). Seed dormancy in ornamental plants: A review. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, *86*(5), 580–592. https://doi.org/10.56093/ijas.v86i5.58245

Xue, T., Shen, Y., Liu, J., & Shi, F. (2016). Advances in research of seed physical dormancy. *Chinese Bulletin of Botany*, *51*(6), 863–871. https://doi.org/10.11983/CBB15161

Yazdanshenas, H. , Tavili, A., & Nasiri, M.(2016). Effects of physicochemical treatments on the germination properties of seeds of the ornamental-medicinal plant (*Amaranthus cruentus*). *Journal of Plant Research* (Iranian Journal of Biology), 28(5), 1129–1136. [In Persian]

Zare, A., & Lotfi Jalalabadi, A. (2017). Evaluation of different mechanical, chemical, and physical treatments on breaking dormancy of prickly scorpions (*Scorpiurus muricatus* L.). *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, *6*(1), 89–100. https://doi.org/10.22034/ijsst.2017.113247 [In Persian]