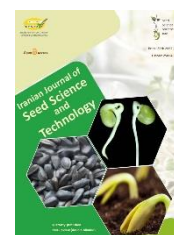




Iranian Journal of Seed Science and Technology



ISSN: 2588-4638

Research Article

The effect of different seed dormancy breaking treatments on optimizing seed germination of *Echinophora platyloba*

Behrooz Salehi-Eskandari^{1*} , Farzaneh Aslani² 

1. Assistant Professor, Department of Biology, Payame Noor University, Tehran, Iran.

2. MSc Graduate, Department of Biology, Faculty of Sciences, University of Shahid Behashti, Tehran, Iran.

Article Information

Received: 27 Feb. 2024

Revised: 26 May 2024

Accepted: 27 May 2024

Keywords:

Gibberellic Acid,

GA₃,

Moist chilling,

Scarification,

Seed germination

Corresponding Author:

behsalehi@pnu.ac.ir



Abstract

Echinophora platyloba is an aromatic perennial plant belonging to the family Apiaceae which is used as food seasoning and persevering in Iran and the shoots have medicinal properties. This study aimed to investigate treatments of moist chilling (0, 30, 45, 70, and 90 days), gibberellic acid (GA₃; 0, 500, 1000, and 2000 mg/L), and scarification alone or a combination of these treatments for breaking seed dormancy of *E. platyloba*. The dormancy of the seeds was broken only after 90 days of moist chilling. Pretreatment GA only at the highest level (2000 mg/L) could induce seed germination (GP; 33%). The highest GP (50%) and germination index (GR; 3 seeds per day) was recorded in moist chilling treatment 45 days with GA₃ treatment of 1000 mg/L. The lowest GR was related to moist chilling treatment for 90 days and moist chilling treatment for 30 and 70 days with GA₃ treatments of 500 and 2000 mg/L. The scarification treatment alone or combined with other treatments does not affect germination parameters.

How to cite this paper: Salehi-Eskandari, B., & Aslani, F. (2025). The effect of different seed dormancy breaking treatments on optimizing seed germination of *Echinophora platyloba*. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 14 (2), 55-66. <https://doi.org/10.22092/ijssst.2024.365118.1516>



© 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

Climate changes, soil erosion, drought periods, overexploitation as well as over-grazing have led to the degradation of many Iranian rangelands. Degradation rangeland amendment, including re-seeding, over-sowing, and planned rotational grazing can improve soil seed-bank and it is necessary to know the wants of seeds to breaking dormancy. *Echinophora platyloba* is an aromatic perennial plant belonging to the family Apiaceae which is used as food seasoning and persevering in Iran and the shoots have medicinal properties. This plant grown in some areas of the Zagros and Alborz Mountains. *E. platyloba* is used as an aromatic medicinal herb in Iranian traditional medicine as a food flavoring in dairy products such as yogurt and cheese. its main usage is as an antifungal preservative agent for preventing the fungal growth and antibacterial on some traditional made foods. This study aimed to investigate treatments of moist chilling (15, 30, 45, 70, and 90 days), gibberellic acid (GA₃; 0, 500, 1000, and 2000 mg/L), and scarification alone or a combination of these treatments for breaking seed dormancy of *E. platyloba*

Materials and Methods

Seeds of *E. platyloba* were collected from at least 40 plants growing in the western region of Isfahan. These seeds were then stored in paper bags and kept in a refrigerator. Seeds were disinfected using sodium hypochlorite (bleach with 1% active chlorine) for 15 min, washed three times in distilled water, and germinated in the Petri dishes with deionized water. To investigate seed germination factors, we tested various treatments, including moist chilling (15, 30, 45, 70, and 90 days), GA₃ (gibberellic acid) concentrations (0, 500, 1000, and 2000 mg/L), and scarification, both alone and in combined. Experiments were done in a factorial randomized complete block design with at least three replicates with 20 seeds each in Petri dishes.

Result and Dissuasion

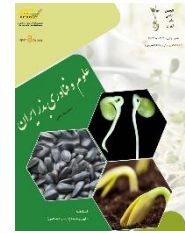
Since the scarification treatment alone or combined with other treatments does not affect germination parameters, we focused on reporting the results of moist chilling, GA₃, and their combined treatments. Seed dormancy was broken only after 90 days of moist chilling. Therefore, *E. platyloba* seeds have morphophysiological dormancy. Pretreatment with GA₃ only induced germination with germination percentage (GP: 33%) at the highest concentration (2000 mg/L). The relatively low rate of germination of non-cold stratification of *E. platyloba* seeds may be due to a high concentration of abscisic acid (ABA) and a low concentration of GAs within the seeds. The highest GP (50%) and germination index (GR; 3 seeds per day) was recorded in moist chilling treatment for 45 days with GA₃ treatment of 1000 mg/L. The lowest GR was related to moist chilling treatment for 90 days and moist chilling treatment for 30 and 70 days with GA₃ treatments of 500 and 2000 mg/L. Our results confirm that GA₃ could substitute cold stratification. It has been reported that moist chilling increases GA biosynthesis, and suppresses GA catabolism at the same time. Germination of the seeds inside the schizocarp fruit was inhibited. This result supports the hypothesis that the pericarp acts by providing both mechanical resistances to seed imbibition as well as chemical inhibitors. Then the pericarp has an important role in seed dispersal.

Conclusions

Our results show that *E. platyloba* seeds exhibit morphophysiological dormancy, with chemical inhibitors in the pericarp playing an important role in seed dispersal. Removal of the pericarp, followed by moist chilling at 4–5 °C for 45 days in the presence of GA₃ -1000 mg/L is an effective strategy to improve seed germination.

انجمن
علمی
بذر
ایرانسازمان نظارت، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات بذر و نهال

نشریه علوم و فناوری بذر ایران



ISSN: 2588-4638

مقاله پژوهشی

اثر تیمارهای مختلف خواب شکنی بر بهینه‌سازی جوانه‌زنی بذرهای خوشاریزه
(*Echinophora platyloba*)بهروز صالحی اسکندری^{۱*}، فرزانه اصلانی^۲

۱. استادیار، گروه زیست‌شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

۲. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۰۸

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۳/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۰۷

واژه‌های کلیدی:

جوانه‌زنی،

سرمادهی مرطوب،

جیبرلین،

خراش‌دهی

نویسنده مسئول:

behsalehi@pnu.ac.ir

چکیده

خوشاریزه، گیاهی علفی چند ساله و معطر از خانواده چتریان است که از برگ‌های آن به‌عنوان چاشنی و نگه‌دارنده مواد غذایی استفاده می‌کنند و اندام هوایی آن دارای خاصیت دارویی است. هدف از این تحقیق، بررسی تیمارهای سرمادهی مرطوب (۰، ۳۰، ۴۵، ۷۰ و ۹۰ روز)، اسید جیبرلیک (۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، خراش‌دهی به تنهایی و ترکیب هم‌زمان این تیمارها جهت شکست خواب بذرهای خوشاریزه است. خواب بذرها فقط پس از سرمادهی مرطوب ۹۰ روزه شکسته شد و پیش‌تیمار جیبرلین تنها در بالاترین غلظت توانست باعث جوانه‌زنی ۳۳ درصدی بذرها شود. بالاترین درصد (۵۰ درصد) و سرعت جوانه‌زنی (۳ دانه در روز) در تیمار سرمادهی مرطوب ۴۵ روزه به‌همراه تیمار جیبرلین ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر حاصل شد. کمترین سرعت جوانه‌زنی در تیمارهای سرمادهی ۹۰ روزه، جیبرلین ۵۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر به‌ترتیب توأم با سرمادهی مرطوب ۷۰ و ۳۰ روزه حاصل شد. تیمار خراش‌دهی به‌تنهایی یا توأم با دیگر تیمارها اثری بر جوانه‌زنی بذرها نداشت. بذرهای موجود در پوشش میوه شیزو کارب نتوانستند جوانه‌زنی نمایند. با توجه به نتایج حاصل، خواب بذرهای خوشاریزه ترکیبی از خواب فیزیولوژیکی و مرفولوژیکی است و پوشش میوه دارای ترکیبات بازدارنده شیمیایی است که پراکنش بذرها را تسهیل می‌نماید.

نحوه استناد به این مقاله:

Salehi-Eskandari, B., & Aslani, F. (2025). The effect of different seed dormancy breaking treatments on optimizing seed germination of *Echinophora platyloba*. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 14 (2), 55-66. <https://doi.org/10.22092/ijssst.2024.365118.1516>

مقدمه

وسعت مراتع ایران در سال ۱۳۴۴ حدود ۹۴ میلیون هکتار بوده که با تخریب و بهره برداری نادرست از آنها این عرصه در سال ۱۳۷۸ به حدود ۸۶ میلیون هکتار کاهش یافته است و امروزه این وسعت به حدود ۸۴ رسیده است (Esmaeili et al., 2021). احیای مراتع تخریب شده و جایگزین کردن جوامع گیاهی بومی آن با مشکلات و هزینه‌های فراوان همراه است که در این راستا آگاهی از زمان کشت و توجه به نیاز دمایی گیاهان و تغییرات دمایی منطقه می‌تواند منجر به افزایش در صد جوانه‌زنی بذرها شود و در نهایت بهره‌وری را ارتقاء دهد (Cerabolini et al., 2004). بنابراین کشت بذرهای نادر مختص مناطق محدود در شرایط آزمایشگاهی و سنجش نیازهای اولیه آنها برای جوانه‌زنی، تضمین‌کننده رشد بقاء آنها را در عرصه طبیعی است (Salehi-Eskandari et al., 2017).

خانواده چتریان (Apiaceae) در دنیا دارای ۴۲۳ جنس و ۳۰۰ گونه است (Baskin et al., 1992) که در ایران، ۳۶۰ گونه و ۱۲۱ جنس مختلف از این خانواده رویش می‌نمایند و با توجه تنوع اقلیمی منحصر به فرد ایران، ۱۲۲ گونه از آنها بومی این سرزمین است (Emami & Aghazari, 2010). خوشاریزه (*Echinophora platyloba*) گیاهی علفی چند ساله معطر از خانواده چتریان (Umbelliferae)، زیرخانواده Apoideae و قبیله Echinophoreae است (Avijgan et al., 2010). ارتفاع ساقه این گیاه ۲۰ تا ۵۵ سانتی‌متر، با برگ‌های خاردار که برگ‌های قاعده‌ای نسبت به برگ‌های بالایی بزرگ‌تر و تعداد لوب‌های بیشتری است (Mozaffarian, 2017). گل‌های زرد رنگ، حاوی یک یا دو میوه‌ی کشیده (سلیندری شکل) است که اغلب در خاک‌های شنی و در ارتفاع ۱۴۰۰ تا ۲۰۰۰ متر بالاتر از سطح دریا رویش کرده و دوره رویش آن از اوایل شهریور تا اوسط آبان ماه ادامه می‌یابد سپس دوره خواب آن شروع می‌شود. البته تغییرات دمایی و ارتفاع، دوره رویش آن

را تغییر می‌دهد. این گیاه در اغلب نقاط کوهستانی البرز و زاگرس رویت شده است (Avijgan & Mahboubi, 2015). این جنس در ایران دارای چهار گونه معطر است که دو گونه *E. cinerea* Boiss. و *E. platyloba* DC. بومی (اندمیک) ایران هستند و گونه‌های دیگر *E. orientalis* Hedge et Lamond و *E. sibthorpiana* Bzj ایران در کشورهای روسیه، ارمنستان، یونان، سوریه، جزیره بالکان، ترکمنستان، افغانستان و قبرس نیز می‌رویند (Mozaffarian, 1996) از دیگر نام‌های محلی خوشاریزه، می‌توان به خوشاروز، کشندر، تیغ توراغ (Delaram & Haeri, 2011)، فیاله (Mozaffarian, 1996)، تولوغ اوتی (علف مشک) و تنگ زند (Avijgan & Mahboubi, 2015) اشاره کرد.

خوشاریزه (*Echinophora platyloba*) به شکل سنتی جهت معطر کردن غذا استفاده می‌گردد. قسمت‌های هوایی این گیاه به صورت تازه و خشک به‌عنوان چاشنی به پنیر و ماست افزوده می‌شود. (Sadraei et al., 2003). همچنین خاصیت ضد قارچی (Avijgan & Mahboubi 2015; Majid et al., 2010) آنتی‌باکتریایی (Pilevar et al., 2017; Sharafati-chalesshtori et al., 2012) نیز از آن گزارش شده است. از عصاره این گیاه جهت کاهش شدت و علائم سندروم پیش از قاعدگی و استفاده می‌کنند (Delaram & Haeri, 2011).

بذرهای گونه‌های گیاهی که در شرایط مساعد محیطی نتوانند جوانه‌زنی کنند را بذرهای خواب یا خفته می‌نامند (Archana et al., 2023). انواع خواب بذرهای عبارتند از: فیزیولوژیک (PD)، مرفولوژیک یک (MD)^۱، مرفوفیزیولوژیک یک (MPD)^۲، فیزیکی (PY)^۳ و ترکیبی (PY + PD)^۴ (Baskin & Baskin, 2004). خواب فیزیولوژیک ناشی از جنین دانه است که اغلب به سه سطح عمیق، متوسط و غیرعمیق تقسیم شده (Archana et al., 2023) که خواب فیزیولوژیک عمیق معمولاً با سرمادهی مرطوب ۳۷ الی ۴ ماه بذرها برطرف می‌شود و جیرلین می‌تواند جوانه‌زنی بذرهای

¹ Dormant seed

² Physiological dormancy

³ Morphological dormancy

⁴ Morphophysiological dormancy

⁵ Physical dormancy

⁶ Combinational dormancy

⁷ Moist chilling or stratification

هفته‌ای به همراه هورمون‌های گیاهی GA_3 (جیبرلین)، BA (بنزیل آدنین)، IBA (ایندول بوتیریک اسید) و ترکیب هر سه آنها افزایش یافت که خواب فیزیولوژیک در بذرها کرفس کوهی را اثبات می‌نماید (Tabatabaeian & Kadkhodae, 2019). درصد جوانه‌زنی بذر زیره سیاه (*Bunium persicum*) نیز با سرمادهی مرطوب ۶۰ روزه و استفاده توام از هورمون‌های جیبرلین ($100 \mu\text{mol L}^{-1}$) BAP، ($10 \mu\text{mol L}^{-1}$) TDZ^۱ و ($6.3 \mu\text{mol L}^{-1}$) از ۱۱ به ۹۳ درصد افزایش یافت (Chauhan et al., 2023). محققین در یافتند، تیمار سرمادهی مرطوب به مدت ۴۵ روز را بهترین تیمار برای افزایش جوانه‌زنی (تا ۹۸ درصد) بذرها *Echinophora cinerea* معرفی کردند (Esmaeili et al., 2021). با توجه افزایش شخم بی‌رویه مراتع جهت کشت دیم، برداشت بی‌رویه گیاه از مراتع و تغییر الگوهای بارش که ممکن است منجر به خشکسالی و حذف گونه‌های نادر شود و نیز با در نظر گرفتن خواص درمانی و غذایی گیاه خوشاریزه ضروری است تا مطالعات گسترده‌ای در زمینه شکستن خواب بذر و زارعت آن انجام شود. در همین راستا در پژوهش حاضر تاثیر انواع تیمارها مختلف جهت رفع خواب و بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی در گیاه خوشاریزه مورد بررسی گرفت.

مواد و روش‌ها

بذرهای خوشاریزه (*Echinophora platyloba*) در آبان ماه سال ۱۴۰۱ از فریدن، واقع در غرب استان اصفهان با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۸۴ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۴۳ دقیقه شرقی با ارتفاع ۲۱۲۵ متر (از سطح دریا) از حداقل ۴۰ گیاه مادری جمع‌آوری شد. پس از جداسازی پوسته چوبی، بذرها شکسته شده و بذرها آسب دیده، بذرها سالم جهت انجام آزمایش‌ها در پاکت‌های کاغذی درون یخچال نگهداری شدند. قبل از استفاده از تیمارهای مختلف شکست خواب از آزمون ترازولیوم جهت اطمینان از زنده‌مانی بذرها استفاده شد. جهت شکست خواب بذرها (جددا شده از میوه) تیمارهای سرمادهی مرطوب، اسید جیبرلیک (GA_3) و ترکیب هم‌زمان این تیمارها

دارای خواب فیزیولوژیک متوسط و غیرعمیق را تحریک نماید (Baskin & Baskin, 2004). جنین نارس موجب ایجاد خواب مرفولوژیک شده که نمو بذرها در دوره خواب کامل می‌شوند (Archana et al., 2023; Baskin & Baskin 2004). خواب فیزیکی حاصل، پوشش دانه، میوه یا ترکیب آنهاست که جذب آب و تبادلات هوایی را محدود می‌نماید (Baskin & Baskin, 2005).

تیمارهای متعددی جهت جوانه‌زنی بذرها دارای خواب ارائه شده که شامل نگهداری آن‌ها در جای خشک (برطرف کردن خواب مرفولوژیک یا MD^2)، قرار دادن در نور یا تاریکی، سرمادهی، سرمادهی مرطوب^۲ (Salehi-Eskandari & Kaviani, 2021)، تیمار جیبرلین به تنهایی یا سرمادهی توام با جیبرلین (Barreto et al., 2016; Salehi-Eskandari et al., 2017) و با استفاده از قراردادن بذرها در آب جوش (۹۰ درجه سلسیوس)، روش‌های فیزیکی (خراش دهی)، شیمیایی (اسید سولفوریک، الکل و استن) و آنزیمی (سلولاز، پکتیناز) نفوذپذیری پوشش دانه افزایش می‌یابد (Archana et al., 2023).

بذرها بسیاری از گونه‌های گیاهی در خانواده چتریان دارای رویان (جنین) خطی هستند که نموشان کامل نشده و با طی دروه خفتگی، می‌توانند جوانه‌زده و رویش نمایند. بذرها گونه‌های گیاهی در این خانواده ممکن است دارای خواب MD (مرفولوژیک) یا MPD ترکیب از خواب (فیزیولوژیک با مرفولوژیک) باشند (Zhang et al., 2023). بذر گیاهان *Torilis Angelica glauca* (Baskin & Baskin, 1990) و *nodosa* (Rawnsley et al., 2006) دارای خواب MD و بذرها گیاهان *Chaerophyllum procumbens* (Baskin & Baskin, 2004)، *Bupleurum aureum* (Nikolaeva, 1985)، *Trepocarpus aethusae* (Baskin et al., 2003) و *Cenolophium denudatum* (Rosbakh et al., 2020) دارای خواب MPD می‌باشند.

جوانه‌زنی بذرها کرفس کوهی توده کوه‌رنگ (*Kelussia odoratissima* Mozaff) با سرمادهی مرطوب ۸

^۱ Scarification

^۲ تیدیاورن (نوع هورمون سیتوکینین)

$$GP = \frac{\sum ni}{D_i} \times 100 \quad \text{رابطه ۲}$$

ni در این رابطه، تعداد بذر جوانه زده در هر روز و Di شماره روز پس از شروع انتقال پتری‌ها به ژرminatور است. زمان متوسط جوانه‌زنی (MGT) از رابطه ۳ تعیین شد (Salehi-Eskandari et al., 2024).

$$MGT = \frac{\sum Dn}{\sum n} \times 100 \quad \text{رابطه ۳}$$

که در این رابطه D تعداد روز پس از شروع جوانه‌زنی و n تعداد بذر جوانه‌زده در روز D است (Ellis & Roberts, 1981).

تحلیل آماری

آزمایش‌ها با حداقل سه تکرار انجام شد و با سه عامل سرمادهی مرطوب، جیبرلین (GA₃) و خراش دهی با استفاده از نرم افزار SPSS 26 و با آزمون Two-way ANOVA و three-way ANOVA تحلیل شدند. تجزیه و تحلیل و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال کمتر از پنج درصد مقایسه شدند جهت رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

اثر مدت زمان سرمادهی مرطوب، غلظت جیبرلین و همچنین برهکنش آنها بر درصد جوانه‌زنی در سطح احتمال کمتر از یک دهم درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). اثر تیمارهای مختلف سرمادهی مرطوب بر درصد جوانی بذرهای خوش‌شاریزه در شکل ۱، نشان داد که فقط سرمادهی مرطوب ۹۰ روزه می‌تواند موجب جوانه‌زنی ۲۲ درصدی بذرها شود و تیمارهای سرمادهی مرطوب کمتر از ۹۰ روز تاثیری در جوانه‌زنی آنها نداشت. غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلین نیز اثری بر شکست خواب بذرها نداشت اما غلظت‌های بالاتر موجب افزایش معنی‌دار جوانی‌زنی بذرها شد ($P < 0.05$). به‌طوری‌که میزان جوانه‌زنی بذر در غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلین (۳۳/۳ درصدی) دو برابر غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلین (۱۶/۸ درصدی) بود. سرمادهی مرطوب ۳۰ روزه فقط در غلظت‌های ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلین باعث جوانه بذرها شد که این دو غلظت از لحاظ آماری

اعمال شد. تیمارهای سرمادهی مرطوب به مدت ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۷۰ و ۹۰ روز در دمای ۴ درجه سلسیوس و GA₃ در سه سطح (۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بود.

جهت برطرف کردن خواب دانه‌ها از تیمار خراش‌دهی به تنهایی و ترکیب آن با همان تیمارهای سرمادهی مرطوب و GA₃ استفاده شد. در آزمایش دیگر، اثر پوشش میوه شیزوکارپ بر جوانه‌زنی دانه با همان تیمارهای سرما بررسی شد. اما با توجه به این که هیچ کدام از دانه‌های درون میوه شیزوکارپ و دانه‌های با تیمارهای مختلف دارای خراش‌دهی نتوانستند جوانه‌زنی کنند صرفاً نتایج تیمارهای سرمادهی مرطوب، اسید جیبرلیک (GA₃) و ترکیب آنها بررسی شد.

جهت انجام آزمایش‌ها، بذرها با هیپوکلریت سدیم ۵ درصد به مدت ۲۰ دقیقه عفونی شده و پس از آن با آب مقطر چندین بار شستشو گردیدند. در این آزمایش‌ها برای هر تیمار ۳ تکرار در نظر گرفته شد و تعداد بذرها در هر پتری ۲۰ عدد بذر بود. به‌منظور اعمال تیمارهای جیبرلین بذرها به مدت ۲۴ ساعت در تیمارهای مختلف GA₃ و در شرایط تاریکی قرار گرفتند (Abbasi sourki et al., 2019). پس از آن بذرها به پتری‌های حاوی آب مقطر منتقل شدند و به مدت 20 روز در اتاق رشد تحت دمای دمای 25 ± 2 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۸۰ درصد در دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی قرار داده شدند.

برای محاسبه شاخص‌های جوانه‌زنی بذرها پس از اعمال تیمارها ذکر شده به مدت ۲۰ روز در اتاق رشد با دمای 25 ± 2 سلسیوس قرار گرفتند و میزان جوانه‌زنی دانه‌ها در هر تیمار روزانه ثبت شده تا بتوان با آن‌ها شاخص‌های جوانه‌زنی محاسبه کرد. معیار جوانه‌زنی خروج ریشه‌چه حداقل به اندازه ۲ میلی‌متر از بذر در نظر گرفته شد. از رابطه ۱ درصد جوانه‌زنی (FGP) محاسبه شد (Salehi-Eskandari & Kaviani, 2021).

$$GP = \frac{n}{N} \times 100 \quad \text{رابطه ۱}$$

n در این رابطه، تعداد بذر جوانه‌زده و N، تعداد کل بذرها است. سرعت جوانه‌زنی نیز از رابطه ۲ حاصل شد (Maguire, 1962; Salehi-Eskandari et al., 2024).

¹ Final Germination Percentage

سرمادهی مرطوب ۹۰ روزه به همراه جیبرلین فقط در پایین ترین غلظت جیبرلین (۵۰۰ میلی گرم در لیتر) توانست موجب جوانه زنی ۴۱/۶ درصد بذرهاى خوشاريزه شود. برطبق این یافته خواب بذرهاى خوشاريزه نوعی خواب فیزیولوژیکی نیمه عمیق است که توسط سرمادهی طولانی مدت (۹۰ روزه) یا جیبرلین برطرف می گردد (Rouhi et al., 2010).

اختلاف معنی داری نداشتند ($P>0.05$). سرمادهی مرطوب ۴۵ روز توام با جیبرلین ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر جیبرلین به ترتیب موجب جوانه زنی ۴۰/۷، ۵۰ و ۲۴ درصدی بذرهاى خوشاريزه شد که از لحاظ آماری با هم اختلاف معنی دار داشتند ($P<0.05$) و بالاترین درصد جوانه زنی در این آزمایش ها متعلق به تیمار سرمادهی مرطوب ۴۵ روزه توام با جیبرلین ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر (۵۰ درصد) بود.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بر صفات جوانه زنی خوشاريزه (*Echinophora platyloba*)

Table 1- Analysis of variance of the effect of different treatments and their interaction on germination parameters in *Echinophora platyloba*.

منابع تغییرات Source of variance	متوسط مربعات Mean square			
	درجه آزادی df	درصد جوانه زنی GP	سرعت جوانه زنی GI	متوسط زمان جوانه زنی MGT
جیبرلین GA ₃	3	866.98***	3.297***	20.11***
سرمادهی مرطوب Moist chilling	4	758.9***	2.99***	2.83***
جیبرلین × سرمادهی مرطوب GA ₃ × Moist chilling	12	821.39***	2.02***	24.52***
خطای آزمایش Error	80	15.58	0.05	0.182

*** نشان دهنده معنی دار بودن در سطح احتمال کمتر از ۰/۱ درصد

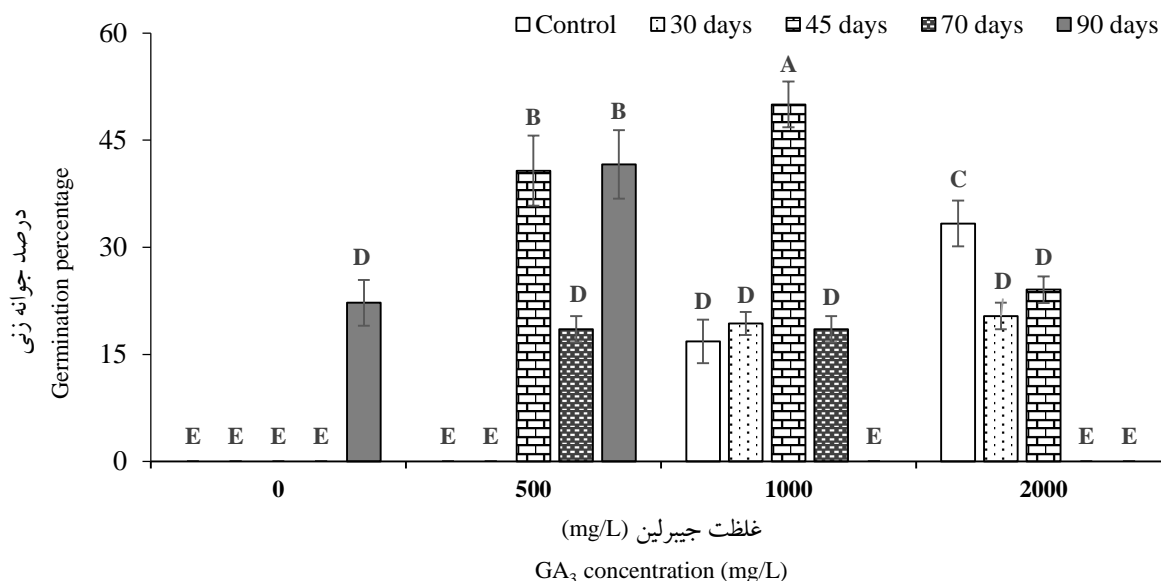
*** showed significant at $p<0.001$.

سلسیوس) سپس انتقال بذرها به دمای محیطی با حداقل ۱۵ و حداکثر ۲۵ درجه سلسیوس باعث جوانه زنی آنها شد. قابل ذکر است در این دوره اندازه جنین افزایش قابل توجه داشت که نشان دهنده نارس بودن رویان و خواب مرفولوژیک (MD) است که در دیگر جنس های این خانواده هم گزارش شده است (Ahmad et al., 2009; Khan et al., 2023) البته چون بذرها را قبل از بلوغ می توان با تیمار جیبرلین وادار به جوانه زنی کرد خواب پیشنهاد شده را ترکیبی از خواب (MPD) فیزیولوژیک با مرفولوژیک) معرفی کرده اند (Zhang et al., 2023).

خواب بذرهاى *Echinophora cinerea* نیز ترکیبی از خواب فیزیولوژیک با مرفولوژیک است چون جوانه زنی بذرهاى تحت تیمار سرمادهی مرطوب در دمای ۴ درجه سلسیوس به مدت ۴۵ روز به میزان ۹۷/۸ درصد افزایش داشت (Esmaili et al., 2021). نتایج گزارش های ذکر شده موافق با نتایج این تحقیق

از طرفی احتمالاً طی این دوره (۹۰ روزه) باعث بلوغ جنین می شود که این موضوع در مقالات متعدد در مورد جنس های خانواده چتریان ذکر شده و بیانگر این است که خواب بذرهاى خوشاريزه ترکیب از خواب فیزیولوژیک با مرفولوژیک (MPD) است (Baskin & Baskin, 2004; Nikolaeva, 1985; Rosbakh, 2020, Zhang et al., 2023). سرمادهی مرطوب تولید جیبرلین را تحریک و از شکست آن جلوگیری می نماید (Güleryüz et al., 2011, Yamauchi et al., 2004). از طرفی سرمادهی مرطوب حساسیت دانه ها را به جیبرلین افزایش می دهد (Rouhi et al., 2010; Salehi-Eskandari et al., 2017). البته جیبرلین نیز با افزایش متابولیسم سلولی، درصد جوانه زنی را افزایش می دهد (Khan et al., 2023). نتایج مشابهی در مورد جوانه زنی بذرهاى *Torilis scabra* (Apiaceae) حاصل شد. قرار گرفتن بذرها در دمای سرمادهی مرطوب (دمای ۴ درجه

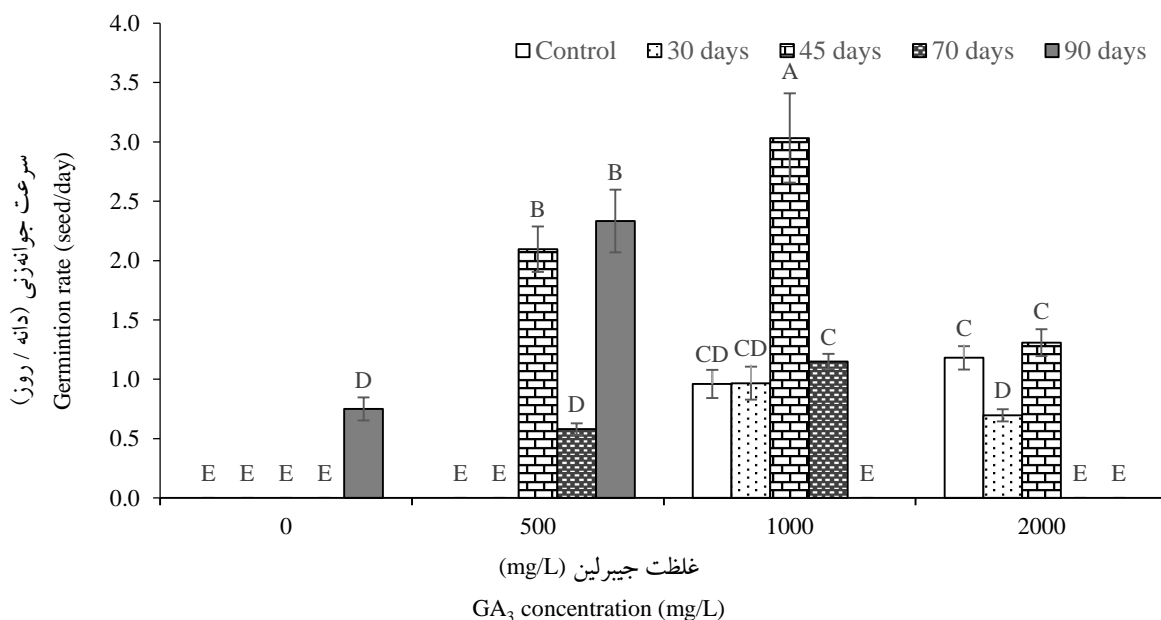
است اما نتایج تحقیق سورکی و همکاران (Abbasi Sourki et al., 2019) برخلاف نتایج این پژوهش خواب خوشاریزه بودند. را فقط فیزیولوژیکی عنوان کرده



شکل ۱- اثر غلظت‌های مختلف جیبرلین و سرمادهی مرطوب بر درصد جوانه‌زنی گیاه خوشاریزه (*Echinophora platyloba*).

هر عدد میانگین سه تکرار ± خطای استاندارد است و حروف غیرمشابه، بیان‌گر اختلاف معنی‌دار بین داده‌ها بر اساس آزمون دانکن ($P < 0.05$) است.

Fig. 1- Effect of GA₃ and moist chilling and their interaction on germination percentage in *Echinophora platyloba* (mean ± SE, n = 3). Different letters indicate statistically significant differences based on Duncan's test (p < 0.05).



شکل ۲- اثر غلظت‌های مختلف جیبرلین و سرمادهی مرطوب بر سرعت جوانه‌زنی (دانه / روز) گیاه خوشاریزه (*Echinophora platyloba*).

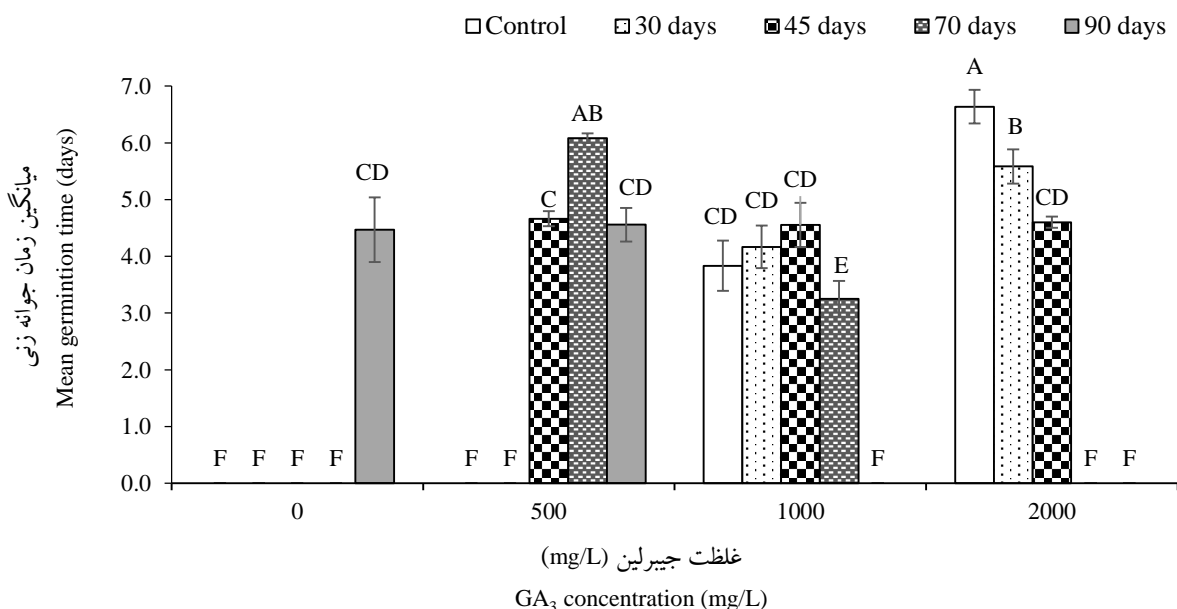
هر عدد میانگین سه تکرار ± خطای استاندارد است و حروف غیرمشابه، بیان‌گر اختلاف معنی‌دار بین داده‌ها بر اساس آزمون دانکن ($P < 0.05$) است.

Fig. 2- Effect of GA₃ and moist chilling and their interaction on germination rate in *Echinophora platyloba* (mean ± SE, n = 3). Different letters indicate statistically significant differences based on Duncan's test (p < 0.05).

می شود (Khan et al., 2023; Sharifi & Pouresmael, 2006). پیش تیمار جیبرلین از طریق افزایش درونزای اکسین و ترکیبات مشابه جیبرلین در جنین دانه موجب افزایش درصد جوانه زنی می شود (Rout et al., 2017) که با نتایج این تحقیق مطابقت داشته و موجب معنی دار شدن ($P < 0.01$) برهمکنش جیبرلین با تیمار سرمادهی برصفت جوانه زنی شد (جدول ۱).

مطابق شکل ۳، بالاترین میانگین زمان جوانه زنی (۶/۱ روز) مربوط به بالاترین غلظت جیبرلین (۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر) بود که نسبت به سطوح پایین تر جیبرلین، اثر کمتری بر صفات اندازه گیری شده جوانه زنی داشت. این ممانعت با افزایش دوره سرمادهی مرطوب تشدید شد. ممانعت ذکر شده احتمالاً ناشی از افزایش غلظت اکسین در جنین است که با افزایش دوره سرمادهی و سطح جیبرلین تشدید شده و از رشد ریشه و جوانه زنی بذرها جلوگیری به عمل می آورد (Rout et al., 2017). کاهش میانگین جوانه زنی در تیمار ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر جیبرلین با سرمادهی ۷۰ روزه (۳/۳ روز) نشان از مهار خواب توسط غلظت مناسبی از جیبرلین به همراه سرمادهی مرطوب است (Hilhorst and Karssen, 1992, Koyuncu 2005).

همانطور که شکل ۲ مشاهده می شود، سرعت جوانه زنی در تیمار ۹۰ روز سرمادهی مرطوب توام با پایین ترین غلظت جیبرلین (۵۰۰ میلی گرم در لیتر)، ۳/۱ برابر سرعت جوانه زنی در همان تیمار فاقد جیبرلین است. بالاترین سرعت جوانه زنی در این تیمارها (۳/۰۳ دانه در روز) مربوط به تیمار سرمادهی ۴۵ روز به همراه تیمار ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر جیبرلین حاصل شد که تیمار مشابه با غلظت ۲۰۰۰ و ۵۰۰ میلی گرم در لیتر جیبرلین نسبت به آن به ترتیب کاهش ۶۹/۸ و ۴۸/۸ درصدی داشتند ($P < 0.05$). پایین ترین سرعت جوانه زنی مربوط به تیمارهای سرمادهی مرطوب ۹۰ روزه فاقد جیبرلین، سرمادهی مرطوب ۷۰ روزه با جیبرلین ۵۰۰ میلی گرم در لیتر، سرمادهی مرطوب ۳۰ روزه با جیبرلین ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر و استفاده از جیبرلین ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر بدون دریافت سرمادهی بود. تیمار سرمادهی از طریق برطرف نمودن موانع فیزیولوژیکی جوانه زنی از جمله تجزیه اسیدآبسیسیک (ABA) و کاهش غلظت آن نسبت به اسید جیبرلیک منجر به افزایش درصد و سرعت جوانه زنی در بذرها می گردد (Eisvand et al., 2005). تیمار سرمادهی به کمک آنزیم های تنفسی منجر به حفظ ساختار غشاء سلولی



شکل ۳- اثر غلظت های مختلف جیبرلین و سرمادهی مرطوب بر میانگین زمان جوانه زنی (روز) گیاه خوشاریزه (*Echinophora platyloba*). هر عدد میانگین سه تکرار \pm خطای استاندارد است و حروف غیر مشابه، بیانگر اختلاف معنی دار بین داده ها بر اساس آزمون دانکن ($P < 0.05$) است.

Fig. 3- Effect of GA₃ and moist chilling and their interaction on mean germination time in *Echinophora platyloba* (mean \pm SE, n = 3). Different letters indicate statistically significant differences based on Duncan's test ($p < 0.05$).

میوه رها شوند، جوانه‌زنی و رویش خواهند کرد.

تشکر و قدردانی

از معاونت پژوهشی دانشگاه اصفهان، جهت حمایت مالی از این پژوهش تقدیر و تشکر می‌شود.

تعارض منافع

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

References

- Abbasi Sourki, A., Hosseini, Z., & Fallah, S. (2019). Effect of stratification and its combination with gibberellic acid on seed dormancy breaking of *Echinophora platyloba* [Research]. *Iranian Journal of Seed Research*, 5(2), 91–104. [In Persian] <https://doi.org/10.29252/yujs.5.2.91>
- Archana, H., Akash, A., Kushwah, A., & Sanjay, M. (2023). *Recent advances in seed science and technology*. Stella International Publication.
- Avijgan, M., & Mahboubi, M. (2015). *Echinophora platyloba* DC. as a new natural antifungal agent. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 5(3), 169–174. [https://doi.org/10.1016/S2222-1808\(14\)60647-2](https://doi.org/10.1016/S2222-1808(14)60647-2)
- Barreto, L. C., Santos, F. M., & Garcia, Q. S. (2016). Seed dormancy in *Stachytarpheta* species (Verbenaceae) from high-altitude sites in southeastern Brazil. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 225, 37–44. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2016.09.009>
- Baskin, C. C., & Baskin, J. M. (2005). Seed dormancy in trees of climax tropical vegetation types. *Tropical Ecology*, 46(1), 17–28. <https://www.jstor.org/stable/4034156>
- Baskin, C. C., Baskin, J. M., & Chester, E. W. (2003). Ecological life cycle of *Trepocarpus aethusae* (Nutt.) ex DC. and comparisons with two other winter annual *Apiaceae* native to Eastern United States. *Castanea*, 43–55. <https://www.jstor.org/stable/4034156>
- Baskin, C. C., Chester, E. W., & Baskin, J. M. (1992). Deep complex morphophysiological dormancy in seeds of *Thaspium pinnatifidum* (Apiaceae). *International Journal of Plant Sciences*, 153(4), 565–571. <https://doi.org/10.1086/297080>

همانطور که در آزمایش‌های اولیه در مواد و روش‌ها ذکر شد خراش‌دهی به‌همراه تیمارهای مختلف سرمادهی مرطوب و جیبرلین تأثیری بر جوانه‌زنی بذرهای خوشاریزه نداشت. احتمالاً خراش‌دهی بذر از طریق ورود میکروارگانیسم‌ها باعث فساد بذر شده که عامل بازدارنده جوانه‌زنی است (Salehi-Eskandari & Kaviani, 2021) البته ممکن است در حین خراش‌دهی مرستم‌های انتهایی جنین دچار آسیب شده که مانع از رشد نمو جنین و جوانه‌زنی آنها می‌شود.

همانطور که در آزمایش‌های اولیه ذکر شده و در مواد و روش‌ها نیز مشخص گردید پوشش میوه شیزوکارپ مانع از جوانه‌زنی بذرهای موجود در هر مریکارپ‌اشد. پوشش میوه یا بافت‌های احاطه‌کننده جنین بواسطه، اختلال در جذب آب و تبادلات هوایی (اکسیژن و دی‌اکسید کربن)، مهار مکانیکی برای خروج ریشه، عرضه بازدارنده به جنین، جلوگیری از نشت بازدارنده‌ها از جنین و فیلتراسیون نور باعث خواب دانه می‌شود (Bradford & Nonogaki, 2007). بسیاری از مطالعات ترکیبات فنلی، به ویژه فلاونوئیدها را عامل عدم جوانه‌زنی بذرهای ذکر کرده‌اند (Kelly et al., 1992). عدم جوانه‌زنی دانه‌ها در پوشش میوه تضمین‌کننده بقاء گونه در شرایط نامساعد و افزایش‌دهنده پراکنش بذرهاست (Salehi-Eskandari et al., 2017).

نتیجه‌گیری

با توجه به این که جوانه‌زنی بذرهای خوشاریزه فقط در تیمار سرمادهی مرطوب ۹۰ روزه رخ داد و بالاترین درصد جوانه در این تیمارها متعلق به تیمار سرمادهی مرطوب ۴۵ روزه، توأم با جیبرلین ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر (۵۰ درصد) بود. بنابراین، خواب بذرهای خوشاریزه ترکیبی از فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی است. نظر به این که تیمارهای مختلف خراش‌دهی اثری بر جوانه‌زنی بذرها نداشت، آنها فاقد خواب فیزیکی می‌باشند. پوشش میوه شیزوکارپ مانع از جوانه‌زنی بذرهای تیمارهای مختلف شد. در نتیجه پوشش میوه در بازدارنده بذرها تضمین‌کننده بقاء آنها در شرایط نامساعد و افزایش‌دهنده پراکنش بذرهاست و هنگامی که آنها توسط عوامل محیطی چون باد و نزولات آسمانی از پوشش

¹ Mericarps

- Baskin, J. M., & Baskin, C. C. (2004).** A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research*, 14(1), 1–16. <https://doi.org/10.1079/SSR2003150>
- Baskin, J. M., & Baskin, C. C. (1990).** Seed germination ecology of poison hemlock, *Conium maculatum*. *Canadian Journal of Botany*, 68(9), 2018–2024. <https://doi.org/10.1139/b90-264>
- Bradford, K. J. Y., & Nonogaki, H. (2007).** *Seed development, dormancy and germination*. Blackwell Publishing.
- Cerabolini, B., De Andreis, R., Ceriani, R. M., Pierce, S., & Raimondi, B. (2004).** Seed germination and conservation of endangered species from the Italian Alps: *Physoplexis comosa* and *Primula glaucescens*. *Biological Conservation*, 117(3), 351–356. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2003.12.011>
- Chauhan, R., Singh, S., Pandey, S. S., Kumar, A., Kumari, M., Kumar, A., Thakur, A., & Singh, S. (2023).** Alleviation of seed dormancy in kala zeera (*Bunium persicum*) through chilling and phytohormones. *Seed Science and Technology*, 51(2), 181–187. <https://doi.org/10.15258/sst.2023.51.2.03>
- Delaram, M., & Haeri, A. (2011).** The effect of *Echinophora platyloba* on the premenstrual syndrome [Original]. *Pejouhesh dar Pezeshki (Research in Medicine)*, 34(4), 219–224. [In Persian] <http://pejouhesh.sbmu.ac.ir/article-1-806-en.html>
- Eisvand, H. R., Maddah Arefi, H., & Tvakol-Afshari, R. (2005).** Study of dormancy breakage and germination in seeds of *Astragalus siliquosus*. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*, 13(1), 67–84. [In Persian] <https://doi.org/10.22092/ijrfpbgr.2005.115217>
- Ellis, R., & Roberts, E. (1981).** The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. *Seed Science and Technology*, 9(2).
- Emami, S., & Aghazari, F. (2010).** Iranian endemic phanerogams. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research (Supplement 2)*, 62–63.
- Esmaceli, G., Ghani, A., Jabbarifar, S. M., & Hemmati, N. (2021).** Germination enhancement and primary establishment of three medicinal plants. *Journal of Rangeland Science*, 11(2), 182–195.
- Güleryüz, G., Kırmızı, S., Arslan, H., & Sakar, F. S. (2011).** Dormancy and germination in *Stachys germanica* L. subsp. *bithynica* (Boiss.) Bhattacharjee seeds: Effects of short-time moist chilling and plant growth regulators. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 206(11), 943–948. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2011.07.003>
- Hilhorst, H., & Karssen, C. (1992).** Seed dormancy and germination: The role of abscisic acid and gibberellins and the importance of hormone mutants. *Plant Growth Regulation*, 11, 225–238. <https://doi.org/10.1007/BF00024561>
- Kelly, K., Van Staden, J., & Bell, W. (1992).** Seed coat structure and dormancy. *Plant Growth Regulation*, 11, 201–209. <https://doi.org/10.1007/BF00024559>
- Khan, M. H., Dar, N. A., Alie, B. A., Mir, G. H., Fayaz, U., Khan, A., & Chung, Y. S. (2023).** Plant growth hormones and micro-tuberization in breaking the seed dormancy of *Bunium persicum* (Boiss.) Fedts. *Plants*, 12(17), 3163. <https://doi.org/10.3390/plants12173163>
- Koyuncu, F. (2005).** Breaking seed dormancy in black mulberry (*Morus nigra* L.) by cold stratification and exogenous application of gibberellic acid. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*, 47(2), 23–26.
- Majid, A., Mohaddesse, M., Mahdi, D., Mahdi, S., Sanaz, S., & Kassaiyan, N. (2010).** Overview on *Echinophora platyloba*, a synergistic anti-fungal agent candidate. *Journal of Yeast and Fungal Research*, 1(5), 88–94. <https://doi.org/10.5897/JYFR.9000040>
- Mozafarian, V. (1998).** *The culture of the names of Iranian plants* (2nd ed.). Farhang Moasser. [In Persian]
- Maguire, J. D. (1962). Speed of germination: Aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2(1), 25–30. <https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>
- Nikolaeva, M. G. (1985).** *Reference book on dormant seed germination*. Izd-vo "Nauka," Leningradskoe otdelenie.
- Pilevar, Z., Hosseini, H., Hajimehdipoor, H., Shahraz, F., Alizadeh, L., Khaneghah, A. M., & Mahmoudzadeh, M. (2017).** The anti-*Staphylococcus aureus* effect of combined *Echinophora platyloba* essential oil and liquid smoke in beef. *Food Technology and Biotechnology*, 55(1), 117. <https://doi.org/10.17113/ftb.55.01.17.4633>
- Rawnsley, R., Lane, P., Brown, P., & Groom, T. (2006).** Occurrence and severity of the weeds *Anthriscus caucalis* and *Torilis nodosa* in pyrethrum. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 46(5), 711–716. <https://doi.org/10.1071/EA04240>
- Rosbakh, S., Phartyal, S. S., & Poschlod, P. (2020).** Seed germination traits shape community assembly along a hydroperiod gradient. *Annals of Botany*, 125(1), 67–78. <https://doi.org/10.1093/aob/mcz139>
- Rouhi, H., Shakarami, K., & Afshari, R. T. (2010).** Seed treatments to overcome dormancy of waterlily tulip (*Tulipa kaufmanniana* Regel). *Australian Journal of Crop Science*, 4(9), 718–721.

- Rout, S., Beura, S., Khare, N., Patra, S. S., & Nayak, S. (2017). Effect of seed pre-treatment with different concentrations of gibberellic acid (GA3) on seed germination and seedling growth of *Cassia fistula* L. *Journal of Medicinal Plants Studies*, 5(6), 135–138.
- Sadraei, H., Asghari, G., & Yaghobei, K. (2003). Study of the effect of hydro-alcoholic and essential oil of *Echinophora platyloba* on rat isolated ileum contractions in vitro.
- Salehi-Eskandari, B., Hesami, R., Salimi, A., & Schat, H. (2024). Adaptation to lead in a Pb/Zn-mine population of *Marrubium cuneatum*. *Flora*, 152460. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2024.152460>
- Salehi-Eskandari, B., Ghaderian, S. M., Ghasemi, R., & Schat, H. (2017). Optimization of seed germination in an Iranian serpentine endemic, *Fortuynia garcinii*. *Flora*, 231, 38–42. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2017.04.005>
- Salehi-Eskandari, B., & Kaviani, M. (2021). The evaluation of methods on dormancy breaking and some characters of germination in four species of *Astragalus* sp. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 9(4), 99–110. [In Persian] <https://doi.org/10.22092/ijssst.2020.127475.1287>
- Sharafati-Chaleshtori, R., Rafieian-Kopaei, M., Mortezaei, S., Sharafati-Chaleshtori, A., & Amini, E. (2012). Antioxidant and antibacterial activity of the extracts of *Echinophora platyloba* DC. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 6(37), 2692–2695. <https://doi.org/10.5897/AJPP12.931>
- Sharifi, M., & Pouresmael, M. (2006). Breaking seed dormancy in *Bunium persicum* by stratification and chemical substances. *Asian Journal of Plant Sciences*. <http://www.ansinet.org/ajps>
- Sofi, P. A., Zeerak, N. A., & Singh, P. (2009). Kala zeera (*Bunium persicum* Bioss.): A Kashmirian high-value crop. *Turkish Journal of Biology*, 33(3), 249–258. <https://doi.org/10.3906/biy-0803-18>
- Tabatabaeian Javad, & Kadkhodae Azam. (2019). The effect of dormancy breaking treatments on seed germination of *Kelussia odoratissima* Mozaff (Kohrang). *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 8(1), 201–212. [In Persian] <https://doi.org/10.22034/ijssst.2018.116895.1156>
- Yamauchi, Y., Ogawa, M., Kuwahara, A., Hanada, A., Kamiya, Y., & Yamaguchi, S. (2004). Activation of gibberellin biosynthesis and response pathways by low temperature during imbibition of *Arabidopsis thaliana* seeds. *The Plant Cell*, 16(2), 367–378. <https://doi.org/10.1105/tpc.018143>
- Zhang, L., Xu, C., Liu, H., Tao, J., & Zhang, K. (2023). Seed dormancy and germination requirements of *Torilis scabra* (Apiaceae). *Agronomy*, 13(5), 1250. <https://doi.org/10.3390/agronomy13051250>