

Optimization of Seed Dormancy Breaking Methods in *Euphorbia* Species Native to Khuzestan (*Helioscopia*, *Peplus*, and *Oblongata*) with Emphasis on Germination and Early Growth

Mahnaz Zahiri¹, Mohamadreza Salehi Salmi^{1*}, Kazem Negaresh¹, Kamran Almasieh²

Email: salehi@asnrukh.ac.ir; mrsalehisalmi@gmail.com

¹ Department of Horticultural Science, Agricultural Sciences and Natural Resource University of Khuzestan

² Department of Nature Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resource University of Khuzestan

ABSTRACT

This study investigated the effects of various seed pretreatment methods on dormancy breaking and germination improvement in three species of the genus *Euphorbia*. The research was conducted in the physiology laboratory of Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan in 2022. The experiment followed a completely randomized design with seven treatments: physical scarification, chemical scarification using 50% sulfuric acid, dry heat at 70°C, moist heat via boiling water, dry chilling, moist chilling at 4°C, and a control, with four replications. The results demonstrated that for *E. helioscopia*, physical scarification produced the highest germination rate (91%), while chemical treatment was the least effective (29%). For *E. peplus*, the boiling water treatment (79.5%) and physical scarification yielded the highest germination rates. Similarly, *E. oblongata* exhibited the greatest response to boiling water treatment (79%). Germination rate, germination index, and seed vigor significantly increased under the most effective treatments. Overall, the findings indicate that physical methods (particularly mechanical scarification) and thermal treatments (boiling water) are the most efficient approaches for overcoming seed dormancy in these species. These insights can support rangeland restoration, ornamental and medicinal plant production, and the management of natural ecosystems.

Keywords: Physical scarification, Seed dormancy, Sexual production, Thermal treatment

بهینه‌سازی روش‌های شکست خواب بذر در گونه‌های فرفیون (*oblongata* و *peplus helioscopia*) بومی خوزستان با تأکید بر جوانه‌زنی و رشد اولیه

مهناز ظهیری، محمدرضا صالحی سلمی*، کاظم نگارش و کامران الماسیه

دانشجو کارشناسی ارشد، دانشیار و دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه

علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

Email: salehi@asnrukh.ac.ir; mrsalehisalmi@gmail.com

چکیده

این مطالعه با هدف بررسی تأثیر پیش‌تیمارهای مختلف بذر بر شکست خواب و بهبود جوانه‌زنی سه گونه از جنس فرفیون (*oblongata* و *peplus helioscopia*) در آزمایشگاه فیزیولوژی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان در سال ۱۴۰۱ انجام شد. آزمایش به صورت طرح کاملاً تصادفی با هفت تیمار (خراش‌دهی فیزیکی، خراش‌دهی شیمیایی با اسید سولفوریک ۵۰ درصد، گرمای خشک ۷۰ درجه سانتی‌گراد، گرمای مرطوب با آب جوش، سرمادهی خشک و مرطوب ۴ درجه سانتی‌گراد و شاهد) در چهار تکرار اجرا گردید. نتایج نشان داد که در گونه *helioscopia* خراش‌دهی فیزیکی با ۹۱ درصد جوانه‌زنی بیشترین تأثیر را داشت، در حالی که تیمار شیمیایی کمترین اثر (۲۹ درصد) را نشان داد. در گونه *peplus* تیمار آب جوش (۷۹/۵ درصد) و خراش‌دهی فیزیکی بیشترین جوانه‌زنی را ایجاد کردند. گونه *oblongata* نیز بیشترین پاسخ را به تیمار آب جوش (۷۹ درصد) نشان داد. از نظر سرعت جوانه‌زنی، در تمام گونه‌ها تیمارهای خراش‌دهی فیزیکی و آب جوش بالاترین مقادیر را به خود اختصاص دادند. شاخص جوانه‌زنی و بنیه بذر نیز در تیمارهای مؤثر به طور معنی‌داری افزایش یافت. به طور کلی، یافته‌ها نشان داد که روش‌های فیزیکی (به ویژه خراش‌دهی مکانیکی) و تیمارهای حرارتی (آب جوش) مؤثرترین روش‌ها برای شکست خواب بذر در این گونه‌ها می‌باشند. این نتایج می‌تواند در برنامه‌های احیای مراتع، تولید گیاهان زینتی-دارویی و مدیریت اکوسیستم‌های طبیعی مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: ازدیاد جنسی، تیمار حرارتی، خراش‌دهی فیزیکی، رکود بذر

مقدمه

گیاهان جنس فرفیون از خانواده Euphorbiaceae، گروهی مهم از گیاهان گلدار هستند که به دلیل تنوع زیستی بالا و سازگاری با شرایط محیطی مختلف، در اکوسیستم‌های طبیعی نقش مهمی ایفا می‌کنند (Mabberley, 2017). این جنس شامل گونه‌های یک‌ساله و چندساله است که برخی از آن‌ها به‌عنوان گیاهان دارویی، زینتی و یا علف هرز شناخته می‌شوند (Radcliffe-Smith, 1982). در ایران، گونه‌های مختلف فرفیون در مناطق مختلف از جمله استان خوزستان پراکنش دارند و برخی از آن‌ها به دلیل خواص زینتی-دارویی و اکولوژیکی مورد توجه قرار گرفته‌اند (Zahiri et al., 2023). با این حال، یکی از چالش‌های مهم در کشت و احیای این گیاهان، مسئله خواب بذر است که جوانه‌زنی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Baskin and Baskin, 2014).

خواب بذر به عنوان یک مکانیسم تکاملی مهم، از جوانه‌زنی بذر در شرایط نامناسب محیطی جلوگیری می‌کند (Finch-Savage and Leubner-Metzger, 2006). با این حال، این پدیده می‌تواند چالش‌هایی در تولید انبوه گیاهان و احیای مراتع ایجاد کند. در گونه‌های جنس فرفیون، خواب بذر ممکن است ناشی از عوامل فیزیکی (مانند پوسته سخت بذر) یا فیزیولوژیکی (مانند مهارکننده‌های شیمیایی) باشد (Adkins et al., 2002). بنابراین، یافتن روش‌های مؤثر برای شکستن خواب بذر این گیاهان، گامی ضروری در جهت بهبود جوانه‌زنی و کشت موفق آن‌ها محسوب می‌شود. پژوهش‌های گوناگونی در زمینه روش‌های شکستن خواب بذر در گونه‌های مختلف گیاهی انجام شده است. روش‌های متداول شامل تیمارهای فیزیکی (مانند خراش‌دهی با سمباده)، شیمیایی (مانند تیمار با اسید سولفوریک)، تیمارهای دمایی (گرمای خشک و مرطوب، سرمادهی خشک

و مرطوب) و تیمارهای هورمونی هستند (Bewley et al., 2013). به عنوان مثال، در مطالعه‌ای روی بذرهای افاقیا، خراش‌دهی فیزیکی و تیمار با اسید سولفوریک منجر به افزایش معنادار جوانه‌زنی شد (Arefi et al., 2017). همچنین، در برخی گونه‌های یونجه، سرمادهی مرطوب به مدت یک هفته در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد تأثیر مثبتی بر شکست خواب بذر داشت (Tavili et al., 2010). در مطالعه‌ای به شکستن خواب و بهبود جوانه‌زنی بذر دو گونه گل ماهور تحت تأثیر تیمارهای فیزیکی و شیمیایی پرداخته شد. نتایج نشان داد سرمادهی باعث افزایش جوانه‌زنی بذر *V. thapsus* شد. همچنین بذر *V. kochiiforme* با سرمادهی یک ماهه به همراه خراش‌دهی نسبت به دیگر تیمارها جوانه‌زنی بهتری داشت و سرمادهی بیشتر اثر چشم‌گیری در افزایش جوانه‌زنی این گونه نداشت بلکه در برخی موارد منجر به فعالیت قارچ‌ها شد که جوانه‌زنی را تحت تأثیر قرار داد و باعث کاهش آن شد (Shirali et al., 2022).

در مورد جنس فرفیون، تحقیقات محدودی در زمینه خواب بذر و روش‌های شکست آن انجام شده است. برخی مطالعات نشان داده‌اند که بذرهای این جنس به دلیل پوسته سخت، نیاز به تیمارهای خاصی برای جوانه‌زنی دارند (Parsa et al., 2018). برای مثال، در گونه *Euphorbia helioscopia*، تیمار با اسید سولفوریک به مدت ۵ دقیقه باعث افزایش جوانه‌زنی شد (Ghadirifar et al., 2014). همچنین، در گونه‌های دیگر مانند *Euphorbia peplus*، تیمارهای حرارتی خشک و مرطوب تأثیر قابل توجهی بر بهبود جوانه‌زنی داشته‌اند (Shidaye Karkaj, 2021).

با توجه به اهمیت اکولوژیکی و زینتی-دارویی گونه‌های جنس فرفیون و کمبود اطلاعات در مورد روش‌های بهینه شکست خواب بذر آن‌ها، این پژوهش با هدف ارزیابی تأثیر تیمارهای مختلف فیزیکی و شیمیایی بر جوانه‌زنی سه گونه رایج جنس فرفیون شامل: *peplus helioscopia* و *oblongata* از شهرهای استان خوزستان طراحی شد. اهداف این مطالعه عبارتند از:

- بررسی تأثیر خراش‌دهی فیزیکی و شیمیایی بر جوانه‌زنی بذرهای سه گونه فرفیون
- مقایسه تأثیر تیمارهای حرارتی و سرمایی بر شکست خواب بذر
- تعیین بهترین تیمار برای افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی در هر گونه
- محاسبه شاخص‌های جوانه‌زنی شامل درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، شاخص جوانه‌زنی و بنیه بذر

مواد و روش‌ها

مکان پژوهش و جمع‌آوری بذر: این پژوهش در سال ۱۴۰۱ در آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهان باغی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان انجام شد. جمع‌آوری بذر گونه‌های جنس فرفیون شامل: *peplus helioscopia* و *oblongata* از شهرهای استان خوزستان انجام شد. بذرهای آزمایشگاه انتقال و در پاکت‌های کاغذی در دمای اتاق (۲۰ درجه سانتی‌گراد) به مدت ۲۰ روز تا شروع آزمایش جوانه‌زنی نگهداری شدند. قبل از شروع آزمایش بذرهای سالم انتخاب و با الکل ۶۰ درصد به مدت ۴۰ ثانیه ضدعفونی شدند.

تیمارها: به منظور شکستن خفگی بذر ۳ گونه فرفیون، آزمایشی براساس طرح کاملاً تصادفی در هفت تیمار و چهار تکرار طراحی شد و هر تکرار یک پتری‌دیش ۹ سانتی‌متری حاوی ۱۰۰ عدد بذر بود. تیمارها شامل خراش‌دهی فیزیکی و شیمیایی، گرمای خشک و مرطوب، سرمادهی خشک و مرطوب به همراه شاهد بودند.

برای اعمال خراش‌دهی فیزیکی، بذرهای دو لایه کاغذ سمباده درجه P: 120 به مدت ۲ دقیقه مورد سایش قرار گرفتند (Aryaeefar et al., 2018). به منظور اعمال خراش‌دهی شیمیایی، از اسید سولفوریک با غلظت ۵۰٪ استفاده شد. در این تیمار ابتدا بذرهای به مدت ۵ دقیقه در بشر حاوی محلول اسید قرار داده شدند. سپس برای زدودن اسید، بذرهای ۳ بار با آب مقطر شستشو شدند (Ghadiri-Far et al., 2014). در تیمار گرمای خشک، بذرهای در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه قرار داده شدند (Shidaye Karkaj et al., 2021). برای اعمال تیمار گرمای مرطوب، بذرهای در بشر حاوی آب جوش ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ ثانیه قرار داده شدند، سپس بذرهای را از آب خارج کرده و با آب مقطر شستشو شدند (Hajebi and Soltanipoor, 2006). برای اجرای تیمار سرمادهی خشک، بذرهای در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت یک هفته در یخچال قرار داده شدند (Aryaeefar et al., 2018). جهت اعمال تیمار سرمادهی مرطوب، بذرهای خیس‌انده شده در پارچه مرطوب در

دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت یک هفته در یخچال قرار داده شدند (Aryaeefar et al., 2018) و در نهایت برای اعمال تیمار شاهد از آب مقطر استفاده شد.

شرایط جوانه‌زنی: در این آزمایش از پتری‌دیش پلاستیکی به قطر ۹ سانتی‌متر استفاده شد. پتری‌دیش‌ها طی یک دوره ۱۰ روزه برای ارزیابی در اتاقک رشد (ژرمیناتور) با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، شرایط نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی و با رطوبت ۷۰ درصد قرار داده شدند. شمارش جوانه‌زنی بذرها از ۲۴ ساعت پس از کشت تا ۱۰ روز هر ۱۲ ساعت یک‌بار در ساعتی مشخص انجام شد (ISTA, 2017). معیار جوانه‌زنی بذرها خروج ریشه‌چه به طول ۲ میلی‌متر در نظر گرفته شد (Tavili et al., 2010). پس از اتمام دوره جوانه‌زنی شاخص‌های مورد نظر محاسبه گردید.

شاخص‌های مورد ارزیابی:

درصد جوانه‌زنی با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد (Parveen and Rao, 2014):

$$GP = \frac{ni}{N} \times 100 \quad (\text{رابطه ۱})$$

که در آن GP: درصد جوانه‌زنی بر حسب درصد، N: تعداد کل بذرها، ni: بذر جوانه‌زده در روز آخر شمارش می‌باشد.

سرعت جوانه‌زنی از رابطه (۲) محاسبه شد (Verma et al., 2005):

$$GR = \sum \frac{Ni}{Ti} \quad (\text{رابطه ۲})$$

که در آن GR: سرعت جوانه‌زنی بر حسب جوانه در روز، Ni: تعداد بذرها در هر شمارش، Ti: تعداد روز شمارش تا روز n می‌باشد.

شاخص جوانه‌زنی از رابطه (۳) محاسبه شد (Benech-Arnold et al., 1991):

$$GI = (10 \times n1) + (9 \times n2) + \dots + (1 \times n10) \quad (\text{رابطه ۳})$$

که در آن GI: شاخص جوانه‌زنی، به ترتیب n1, n2, n10...: تعداد بذرها در روز اول، دوم تا روز دهم، اعداد ۱۰، ۹، ... و ۱ بیانگر ارزش اختصاص داده شده به بذور جوانه‌زده در روزهای اول، دوم تا روز دهم می‌باشد.

شاخص بنیه بذر از رابطه (۴) محاسبه شد (Vashisth and Nagarajan, 2010):

$$Vi = GP \times (rl + sl) \quad (\text{رابطه ۴})$$

که در آن Vi: بنیه بذر، rl: طول ریشه‌چه بر حسب میلی‌متر و sl: طول ساقه‌چه بر حسب میلی‌متر می‌باشد.

میانگین روز جوانه‌زنی از رابطه (۵) محاسبه شد (Olmez et al., 2007):

$$MGT = \frac{(n1 \times t1) + (n2 \times t2) + \dots + (ni \times ti)}{T} \quad (\text{رابطه ۵})$$

که در آن MGT: میانگین روز جوانه‌زنی، n: تعداد روزها از ابتدای آزمایش برای هر شمارش بذور جوانه‌زده، t: تعداد بذور جوانه زده در هر روز شمارش، T: تعداد کلی بذور جوانه‌زده می‌باشد.

واکاوی داده‌ها: وضعیت نرمال بودن داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Minitab 18 بررسی شد. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح ۵ درصد انجام شد. رسم نمودارها با استفاده از Excel 2013 انجام شد.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای شکستن خفگی بر شاخص‌های جوانه‌زنی گونه‌های جنس فرفیون نشان داد که اثر این تیمارها بر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، شاخص جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر و میانگین روز جوانه‌زنی گونه‌های مورد مطالعه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است.

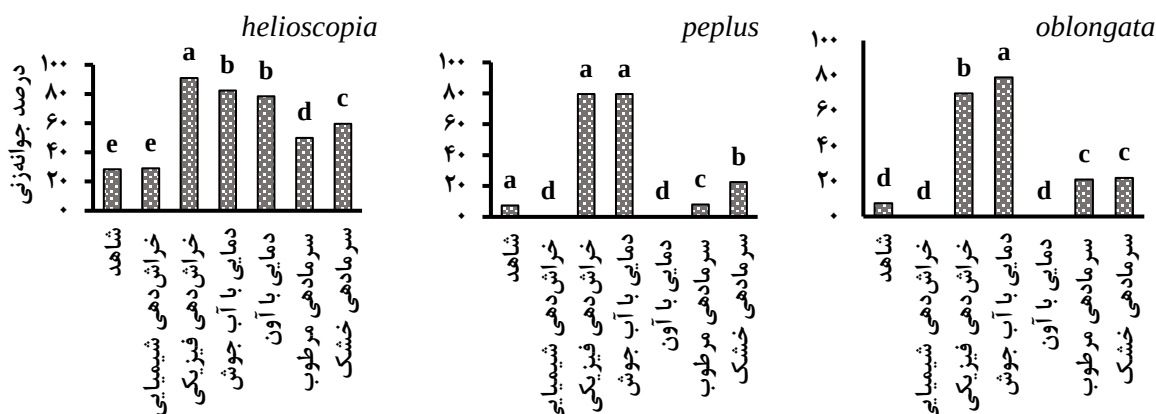
جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های جوانه زنی و رشد گیاهچه گونه‌های فرفیون تحت تیمارهای شکستن خفگی

گونه	منبع تغییرات	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	شاخص جوانه‌زنی	شاخص بذر	میانگین روز جوانه‌زنی
<i>E. helioscopia</i>	تیمار	۶	۲۵۷۵/۲۴**	۱۸۱/۲۷**	۱۷۳۰/۴۸**	۴۳۲۷۷۲۰**	۰/۷۹**
	خطا	۲۱	۲۵/۳۳	۱۰/۸۵	۲۵۰/۵	۳۳۳۷۲۰	۰/۰۶۷۳۸
	ضریب تغییرات (%)		۸/۴۰	۲۷/۶۷	۱۱/۱۸	۲۰/۳۷	۹/۹۶
<i>E. peplus</i>	تیمار	۶	۵۱۴۸۵۷**	۱۷۶/۱۰**	۲۷۴۱۷۳**	۱۵۰۷۴۸۱۰**	۱۷/۹۰**
	خطا	۲۱	۱۴/۶۷	۱/۵۳	۱۸۱/۹	۸۳۷۴۳	۰/۵۶
	ضریب تغییرات (%)		۱۳/۶۰	۲۵/۳۵	۲۱/۴۶	۲۲/۲۲	۲۶/۱۴
<i>E. oblongata</i>	تیمار	۶	۴۲۹۱**	۱۱۳/۴۵**	۲۱۱۹۴۷**	۱۲۴۷۶۱۸۲**	۲۴/۳۸**
	خطا	۲۱	۲۶/۰۵	۰/۸۵	۱۶۴/۷	۱۲۹۴۷۷	۰/۲۵
	ضریب تغییرات (%)		۱۷/۹۰	۲۲/۸۳	۲۲/۳۵	۲۶/۱۲	۱۴/۷۸

** و ns: بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و غیر معنی‌دار.

درصد جوانه‌زنی

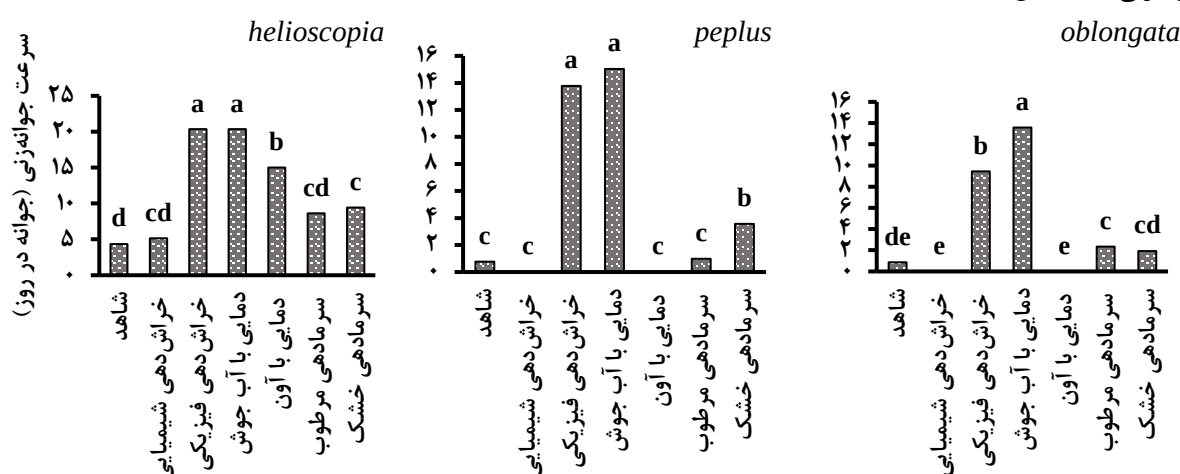
بر اساس نتایج مقایسه میانگین در گونه *E. helioscopia* تیمار خراش‌دهی فیزیکی بیشترین (۹۱ درصد) و تیمار خراش‌دهی شیمیایی (۲۹ درصد) کمترین تأثیر را بر درصد جوانه‌زنی داشتند. این تیمار درصد جوانه‌زنی را نسبت به شاهد (۲۸/۵ درصد) بدون اختلاف معنی‌دار افزایش داد. در گونه *E. peplus* تیمارهای دمایی با آب جوش و خراش‌دهی فیزیکی با ۷۹/۵ درصد بدون اختلاف معنی‌دار بیشترین و تیمار سرمادهی مرطوب با ۸ درصد کمترین تأثیر را بر جوانه‌زنی این گونه داشتند. تیمار سرمادهی مرطوب نسبت به شاهد (۷/۵ درصد) بدون اختلاف معنی‌دار باعث افزایش درصد جوانه‌زنی شد. این گونه به تیمارهای خراش‌دهی شیمیایی و دمایی با آون پاسخی نشان نداد. همچنین نتایج نشان داد در گونه *E. oblongata* درصد جوانه‌زنی در تیمار دمایی با آب جوش با ۷۹ درصد بیشترین و تیمار سرمادهی مرطوب با ۲۱ درصد، کمترین مقدار بود. قابل بیان است تیمار سرمادهی مرطوب بدون اختلاف معنی‌دار با تیمار سرمادهی خشک نسبت به شاهد باعث افزایش درصد جوانه‌زنی شد. این گونه به تیمارهای خراش‌دهی شیمیایی و تیمار دمایی با آون پاسخی نشان نداد (شکل ۱).



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف شکستن خفگی بر شاخص درصد جوانه‌زنی در سه گونه فرفیون استان خوزستان در هر نمودار، ستون‌های با حروف مشابه در سطح ۵ درصد آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند.

سرعت جوانه‌زنی

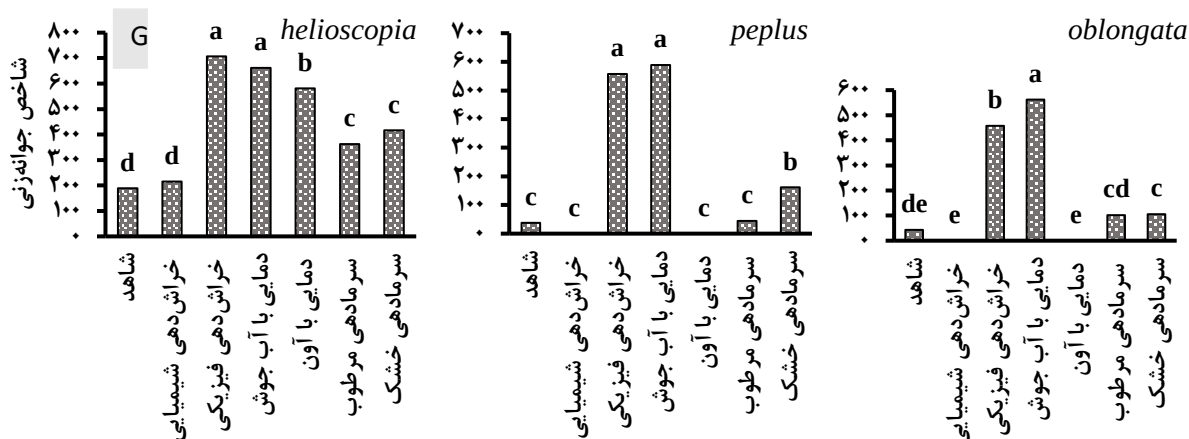
براساس نتایج در گونه *helioscopia* بیشترین سرعت جوانه‌زنی در تیمارهای خراش‌دهی فیزیکی (۲۰/۳۶ جوانه در روز) و آب جوش (۲۰/۳۵ جوانه در روز) بدون اختلاف معنی‌دار حاصل گردید. کمترین اثر در تیمارهای خراش‌دهی شیمیایی (۵/۱ جوانه در روز) و سرمادهی مرطوب (۸/۶۴ جوانه در روز) بدون اختلاف معنی‌دار حاصل شد. با این وجود این تیمارها نسبت به شاهد (۴/۳۶ جوانه در روز) سبب افزایش سرعت جوانه‌زنی شدند. در گونه *peplus* بیشترین اثر بر سرعت جوانه‌زنی در تیمار دمایی با آب جوش (۱۵/۰۴ جوانه در روز) مشاهده شد که با تیمار خراش‌دهی فیزیکی (۱۳/۷۹ جوانه در روز) اختلاف معنی‌داری نداشت و کمترین اثر در تیمار سرمادهی مرطوب (۰/۹۹ جوانه در روز) بود. گرچه این تیمار با تیمار شاهد (۰/۷۶ جوانه در روز) اختلاف معنی‌داری نداشت، اما نسبت به شاهد باعث افزایش سرعت جوانه‌زنی شد. در گونه *oblongata* بیشترین اثر بر سرعت جوانه‌زنی مربوط به تیمار دمایی با آب جوش (۱۳/۵۷ جوانه در روز) می‌باشد. در حالی که کمترین اثر بر سرعت جوانه‌زنی مربوط به تیمار سرمادهی خشک (۱/۹۲ جوانه در روز) بود. این تیمار نسبت به شاهد (۰/۸۵ جوانه در روز) باعث افزایش سرعت جوانه‌زنی شد (شکل ۲).



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف شکستن خفگی بر شاخص سرعت جوانه‌زنی در سه گونه فریون استان خوزستان در هر نمودار، ستون‌های با حروف مشابه در سطح ۵ درصد آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند.

شاخص جوانه‌زنی

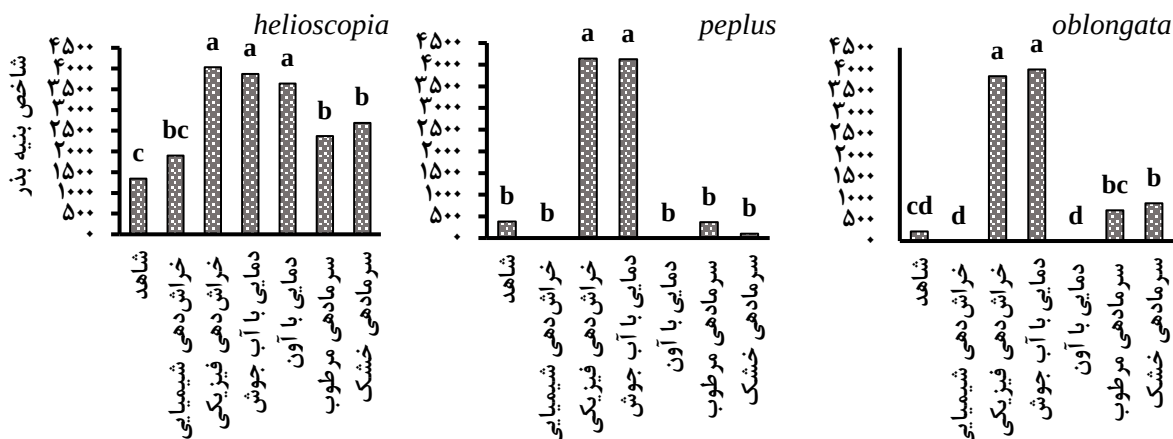
در گونه *E. helioscopia* بیشترین مقدار شاخص جوانه‌زنی (۷۰۶/۷۵) در تیمار خراش‌دهی فیزیکی بود که با تیمار دمایی با آب جوش (۶۶۱/۲۵) اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. همچنین کمترین مقدار (۲۱۵/۵) در تیمار خراش‌دهی شیمیایی بود که نسبت به تیمار شاهد (۱۸۹/۲۵) بدون اختلاف معنی‌دار سبب افزایش این شاخص شد. در گونه *E. peplus* بیشترین مقدار شاخص جوانه‌زنی (۵۸۹) در تیمار دمایی با آب جوش بود که با تیمار خراش‌دهی فیزیکی (۵۵۷/۷۵) اختلاف معنی‌داری نداشت و کمترین شاخص (۴۴/۲۵) در تیمار سرمادهی مرطوب بدون اختلاف معنی‌دار با تیمار شاهد (۳۸) بود. در گونه *E. oblongata* بیشترین مقدار شاخص جوانه‌زنی (۵۶۱/۷۵) در تیمار دمایی با آب جوش و کمترین مقدار (۱۰۲/۲۵) در تیمار سرمادهی مرطوب مشاهده گردید. این تیمار نسبت به تیمار شاهد (۴۳/۲۵) سبب افزایش شاخص جوانه‌زنی شد (شکل ۳).



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف شکستن خفگی بر شاخص جوانه‌زنی در سه گونه فرفیون استان خوزستان در هر نمودار، ستون‌های با حروف مشابه در سطح ۵ درصد آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند.

شاخص بنیه بذر

براساس نتایج در گونه *E. helioscopia* بیشترین شاخص بنیه بذر (۴۰۳۴) در تیمار خراش‌دهی فیزیکی بود که با تیمارهای دمایی با آون و دمایی با آب جوش اختلاف معنی‌داری نداشت و کمترین مقدار (۱۸۹۷/۹۸) در تیمار خراش‌دهی شیمیایی مشاهده شد. این تیمار نسبت به تیمار شاهد (۱۳۴۳/۹۸) سبب افزایش شاخص بنیه بذر شد. در گونه *E. peplus* بیشترین شاخص بنیه بذر (۴۱۴۰) در تیمار خراش‌دهی فیزیکی بدون اختلاف معنی‌دار با تیمار دمایی با آب جوش (۴۱۲۹/۵) بود و کمترین شاخص بنیه بذر (۹۹/۲۹) در تیمار سرمادهی خشک مشاهده شد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری نداشت. در گونه *E. oblongata* بیشترین شاخص بنیه بذر (۳۹۹۱/۵) در تیمار دمایی با آب جوش مشاهده شد که با تیمار خراش‌دهی فیزیکی (۳۸۳۸/۵) بدون اختلاف معنی‌دار بود. کمترین شاخص بنیه بذر (۷۱۴/۱۱۵) در تیمار سرمادهی مرطوب بود که نسبت به شاهد (۲۲۰/۸۱) سبب افزایش این شاخص شد (شکل ۴).

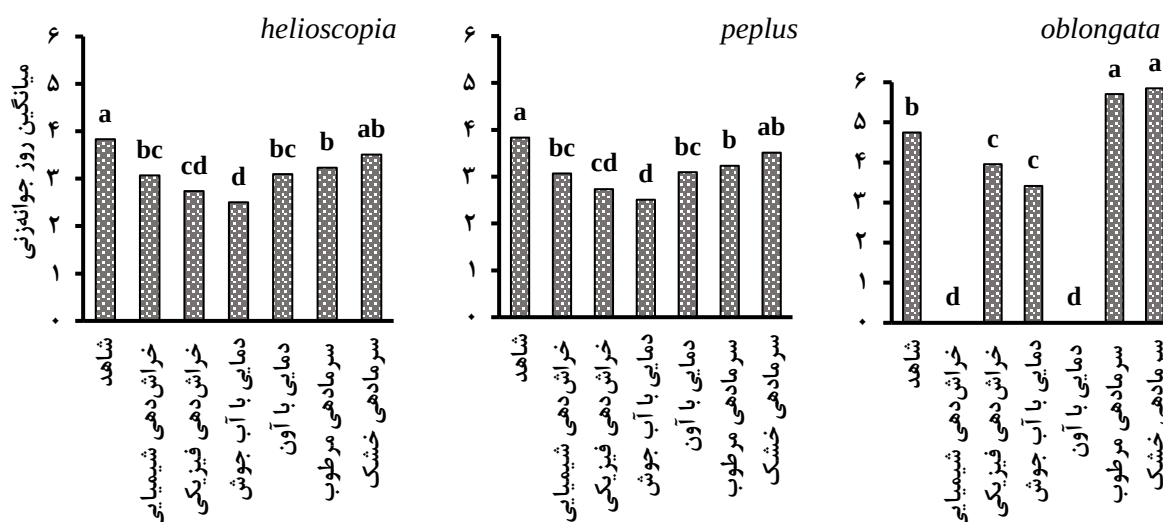


شکل ۴- مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف شکستن خفگی بر شاخص بنیه بذر در سه گونه فرفیون استان خوزستان در هر نمودار، ستون‌های با حروف مشابه در سطح ۵ درصد آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند.

میانگین روز جوانه‌زنی

در گونه *E. helioscopia* بیشترین میانگین روز جوانه‌زنی در تیمار سرمادهی خشک (۳/۵۱ روز) بود که نسبت به تیمار شاهد (۳/۸۳ روز) باعث کاهش این شاخص شد. کمترین میانگین در تیمار دمایی با آب جوش (۲/۵۰ روز) مشاهده شد. در گونه *E. peplus* تیمار سرمادهی مرطوب بیشترین میانگین روز جوانه‌زنی (۴/۸۱ روز) را نشان داد که نسبت به تیمار شاهد (۵/۳۱ روز)

روز) بدون اختلاف معنی‌دار باعث کاهش این شاخص شد. تیمار دمایی با آب جوش (۳/۱ روز) کمترین میانگین روز جوانه‌زنی را به خود اختصاص داد که با تیمارهای خراش‌دهی فیزیکی و سرمادهی خشک بدون اختلاف معنی‌دار بود. در گونه *E. oblongata* بیشترین میانگین روز جوانه‌زنی در تیمار سرمادهی خشک (۵/۸۵ روز) مشاهده گردید که با تیمار سرمادهی مرطوب (۵/۷۰ روز) اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین میانگین روز جوانه‌زنی در تیمار دمایی با آب جوش (۳/۴۱ روز) اندازه‌گیری شد که با تیمار خراش‌دهی فیزیکی بدون اختلاف معنی‌دار بود. تیمار شاهد (۴/۷۵ روز) نسبت به تیمار دمایی با آب جوش باعث افزایش این شاخص شد (شکل ۵).



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف شکستن خفگی بر شاخص میانگین روز جوانه‌زنی در سه گونه فرفیون استان خوزستان

در هر نمودار، ستون‌های با حروف مشابه در سطح ۵ درصد آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند.

بحث

نتایج این مطالعه نشان داد که تیمارهای مختلف تأثیر معناداری بر شاخص‌های جوانه‌زنی سه گونه فرفیون داشته است. این یافته‌ها با تحقیقات پیشین در مورد مکانیسم‌های خواب بذر و روش‌های شکست آن در گیاهان مختلف همخوانی دارد (Baskin and Baskin, 2014). به‌طور کلی، خواب بذر در گونه‌های فرفیون می‌تواند ناشی از عوامل فیزیکی (مانند پوسته سخت بذر) و فیزیولوژیکی (مانند وجود مهارکننده‌های شیمیایی باشد (Finch-Savage and Leubner-Metzger, 2006). گیاهان از نظر شرایط جوانه‌زنی و پاسخ به تیمارهای مختلف به‌دلیل سازگاری خاص آن‌ها با عوامل محیط زیست بومی بسیار متفاوت می‌باشند. علاوه بر این نتایج نشان می‌دهد که گونه‌های *Euphorbia* صفات جوانه‌زنی مشابهی ندارند و ممکن است واکنش متفاوتی را در برابر تیمارهای شیمیایی و فیزیکی از خود نشان دهند که این به‌دلیل صفات ژنتیکی و شرایط محیطی گونه‌ها می‌باشد (Cristaudo et al., 2019). با بررسی نتایج تأثیر تیمارهای مختلف بر خفگی گونه *E. helioscopia* نشان داد که این گونه عملکرد خوبی نسبت به کلیه تیمارها داشت. مؤثرترین تیمار در این گونه تیمار خراش‌دهی فیزیکی بود که بر پوسته بذر اثر گذاشته و باعث افزایش درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، شاخص جوانه‌زنی و شاخص بنبه بذر شده است. تیمار خراش‌دهی برای برطرف کردن رکود مکانیکی که ناشی از پوسته سفت می‌باشد، انجام می‌گیرد. تیمار خراش‌دهی سبب کاهش ضخامت پوسته بذر، افزایش جذب آب، اکسیژن و آماس بذر، رهایی از محدودیت فیزیکی پوشش بذر و یا کاهش بازدارنده‌های جوانه‌زنی موجود در بذر می‌شود (Ebrahimi and Eslami, 2012).

درصد جوانه‌زنی: در گونه *helioscopia* خراش‌دهی فیزیکی جوانه‌زنی بیشترین تأثیر را بر درصد جوانه‌زنی داشت، در حالی که خراش‌دهی شیمیایی کمترین تأثیر را نشان داد. این نتایج نشان می‌دهد که پوسته سخت بذر این گونه مانع اصلی جوانه‌زنی

است و خراش‌دهی مکانیکی می‌تواند با ایجاد آسیب فیزیکی به پوسته، نفوذپذیری آب و اکسیژن را افزایش دهد (Adkins et al., 2002). مطالعه‌ای روی بذرهای *Acacia* نیز نشان داد که خراش‌دهی فیزیکی در مقایسه با تیمارهای شیمیایی تأثیر بیشتری بر جوانه‌زنی دارد (Arefi et al., 2017). در گونه *peplus* تیمار آب جوش و خراش‌دهی فیزیکی به ترتیب بیشترین تأثیر را داشتند، در حالی که سرمادهی مرطوب کمترین تأثیر را نشان داد. این نتایج حاکی از آن است که این گونه به تیمارهای حرارتی پاسخ بهتری می‌دهد، که احتمالاً به دلیل نفوذپذیری بیشتر پوسته بذر در اثر شوک حرارتی است (Shidaye Karkaj, 2021). در مقابل، سرمادهی مرطوب تأثیر کمی داشت، که ممکن است به دلیل نیاز به دوره‌های طولانی‌تر سرمادهی برای شکست خواب فیزیولوژیکی باشد (Bewley et al., 2013). در گونه *E. oblongata*، تیمار آب جوش بیشترین تأثیر را بر جوانه‌زنی داشت، در حالی که سرمادهی مرطوب کمترین تأثیر را نشان داد. این یافته‌ها نشان می‌دهد که این گونه نیز مانند *E. peplus* تیمارهای حرارتی پاسخ مثبت می‌دهد، اما نسبت به تیمارهای سرمایی حساسیت کمتری دارد. مطالعه روی گونه‌های فرعیون نیز نشان داد که تیمارهای حرارتی می‌توانند در مقایسه با تیمارهای شیمیایی تأثیر بیشتری بر جوانه‌زنی داشته باشند (Ghadirifar et al., 2014).

سرعت جوانه‌زنی: در گونه *E. helioscopia*، خراش‌دهی فیزیکی و تیمار آب جوش بیشترین سرعت جوانه‌زنی را داشتند. این نتایج تأیید می‌کند که کاهش مقاومت مکانیکی پوسته بذر می‌تواند سرعت جذب آب و متعاقباً سرعت جوانه‌زنی را افزایش دهد (Tavili et al., 2010). در مقابل، خراش‌دهی شیمیایی کمترین تأثیر را داشت، که احتمالاً به دلیل آسیب رساندن به جنین بذر در اثر تماس طولانی‌مدت با اسید سولفوریک است (Parsa et al., 2018). در گونه *E. peplus*، تیمار آب جوش بیشترین سرعت جوانه‌زنی را نشان داد. این نتیجه با مطالعه‌ای که گزارش کردند تیمارهای حرارتی می‌توانند با افزایش نفوذپذیری پوسته بذر، سرعت جوانه‌زنی را بهبود بخشند، همسو است (Horn et al., 2012). در گونه *E. oblongata* نیز تیمار آب جوش بیشترین سرعت جوانه‌زنی را داشت. این یافته نشان می‌دهد که شوک حرارتی می‌تواند به‌عنوان یک روش مؤثر برای افزایش سرعت جوانه‌زنی در این گونه استفاده شود.

شاخص جوانه‌زنی: در گونه *E. helioscopia*، خراش‌دهی فیزیکی بیشترین تأثیر را داشت. این نتیجه نشان می‌دهد که این تیمار نه تنها درصد جوانه‌زنی، بلکه یکنواختی جوانه‌زنی را نیز بهبود می‌بخشد (Benech-Arnold et al., 1991). در گونه *E. oblongata* و *peplus* نیز تیمار آب جوش بالاترین شاخص جوانه‌زنی را داشت که نشان‌دهنده تأثیر مثبت تیمارهای حرارتی بر یکنواختی جوانه‌زنی است.

شاخص بنیه بذر: در تمام گونه‌ها، تیمارهایی که بیشترین تأثیر را بر درصد جوانه‌زنی داشتند (مانند خراش‌دهی فیزیکی و تیمار آب جوش)، بالاترین شاخص بنیه بذر را نیز نشان دادند. این نتایج با مطالعه‌ای (Vashisth and Nagarajan, 2010) که گزارش کردند بین درصد جوانه‌زنی و بنیه بذر رابطه مستقیمی وجود دارد، همخوانی دارد.

میانگین روز جوانه‌زنی: کاهش میانگین روز جوانه‌زنی در تیمارهای مؤثر (مانند تیمار آب جوش) نشان‌دهنده تسریع فرآیند جوانه‌زنی است. این یافته‌ها با پژوهشی (Olmez et al., 2007) که گزارش کردند تیمارهای حرارتی می‌توانند زمان مورد نیاز برای جوانه‌زنی را کاهش دهند، همسو است.

نتیجه‌گیری کلی و پیشنهادات

به‌طور کلی، نتایج این مطالعه نشان داد که خراش‌دهی فیزیکی و تیمار آب جوش مؤثرترین روش‌ها برای بهبود جوانه‌زنی در گونه‌های مورد مطالعه هستند. همچنین با توجه به نتایج بدست آمده در تحقیق حاضر مشخص گردید که تیمار سرمادهی خشک باعث افزایش میانگین روز جوانه‌زنی و تیمار سرمادهی مرطوب سبب کاهش درصد جوانه‌زنی (بدون اختلاف معنی‌دار با سرمادهی خشک)، شاخص جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر شد. همان‌طور که گفته شد تیمار سرمادهی عملکرد ضعیفی را در جوانه‌زنی این گونه داشته است. ساز و کار سرما در شکستن خواب بذر به‌طور کامل مشخص نشده است، زیرا سرما تمام فرآیندهای متابولیکی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بعضی از محققان معتقدند که سرما با تأثیر بر روی تمام فرآیندهای متوقف‌کننده ساز و کار جوانه‌زنی بذر، باعث حذف موانع جوانه‌زنی شده و در نتیجه مراحل معینی از فرآیند جوانه‌زنی به آرامی ادامه خواهد یافت.

این یافته‌ها می‌توانند در برنامه‌های احیای مراتع و تولید گیاهان دارویی-زینتی مورد استفاده قرار گیرند. برای تحقیقات آینده، بررسی تأثیر ترکیب تیمارهای مختلف (مانند خراش‌دهی فیزیکی + تیمار حرارتی) پیشنهاد می‌شود.

تشکر

بدین وسیله از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان جهت تأمین هزینه‌های پژوهش حاضر، تقدیر و تشکر می‌گردد.

References

- Adkins, S. W., Bellairs, S. M. and Loch, D. S. 2002. Seed dormancy mechanisms in warm-season grass species. *Euphytica*. 126(1), 13-20.
- Arefi, H., Tavakoli, M. and Khosravi, A. 2017. Effect of mechanical scarification and sulfuric acid on seed germination of *Acacia nilotica*. *Journal of Forest Science*. 63(8), 345-351. [In Persian with English summary].
- Aryaeefar, S., Tahmasebi, A., Mohammad-Esmaeili, M. and Rahemi-Karizaki, A. 2018. Effect of different treatments on sleep failure and stimulation of seed germination (*Atriplex leuococlada* Boiss) species. *Journal of Range and Watershed Management (Iranian Journal of Natural Resources)*. 71(2): 297-305. [In Persian with English summary].
- Baskin, C. C. and Baskin, J. M. 2014. *Seeds: Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination* (2nd ed.). Academic Press.
- Benech-Arnold, R. L., Sánchez, R. A., Forcella, F., Kruk, B. C. and Ghersa, C. M. 1991. Environmental control of dormancy in weed seed banks in soil. *Field Crops Research*. 67(2), 105-122.
- Bewley, J. D., Bradford, K. J., Hilhorst, H. W. and Nonogaki, H. 2013. *Seeds: Physiology of development, germination and dormancy* (3rd ed.). Springer.
- Cristaudo, A., Catara, S., Mingo, A., Restuccia, A. and Onofri, A. 2019. Temperature and storage time strongly affect the germination success of perennial *Euphorbia* species in Mediterranean regions. *Ecology and Evolution*. 9(19), 10984–10999.
- Ebrahimi, E. and Eslami, S.V. 2012. Effect of different treatments on dormancy breaking and seed germination of Eastern dodder (*Cuscuta monogyna* vahl.) and African rocket (*Malcolmia africana* L.). *Iranian Plant Protection Research (Journal of Plant Protection)*. 26(2): 191-198. [In Persian with English summary].
- Finch-Savage, W. E. and Leubner-Metzger, G. 2006. Seed dormancy and the control of germination. *New Phytologist*. 171(3), 501-523.
- Ghaderi-Far, F., Soltani, A. and Sadeghipour, H. R. 2014. Biochemical changes during ageing in medicinal pumpkin: lipid peroxidation and membrane damage. *Journal of Plant Biological Sciences*. 6(20): 97-112. [In Persian with English summary].
- Ghadirifar, M., Soltanipour, M. A. and Hajebi, A. 2014. Effect of sulfuric acid on seed germination of *Euphorbia helioscopia*. *Journal of Plant Research*. 27(3), 45-52. [In Persian with English summary].
- Horn, J. W., Van, E. B. W., Morawetz, J. J., Riina, R. and Steinmann, V. W. 2012. Phylogenetics and the evolution of major structural characters in the giant genus *Euphorbia* L. (Euphorbiaceae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 63, 305–326.
- ISTA. 2017. *International rules for seed testing*. International Seeds Testing Association.
- Hajebi, A. and Soltanipoor, M. 2006. Influence of Location and Pre-Treatments on Seed Germination of *Salvia mirzayanii* Rech. f. and Esfand. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*. 22(3): 231-241. [In Persian with English summary].
- Mabberley, D. J. 2017. *A portable dictionary of plants, their classification and uses* (4th ed.). Cambridge University Press.
- Olmez, Z., Gokturk, A. and Temel, F. 2007. Effects of cold stratification and sulphuric acid pre-treatments on germination of three *Pistacia* species seeds. *Seed Science and Technology*. 35(3), 571-580.
- Parsa, A., Karimian, N. and Kafi, M. 2018. Seed dormancy and germination traits of *Euphorbia* species in Iran. *Seed Science Research*. 28(2), 123-130. [In Persian with English summary].
- Parveen, A. and Rao, S. 2014. Effect of nano-silver on seed germination and seedling growth in *Pennisetum glaucum*. *Journal Cluster Science*. 26(3): 693-701.

- Radcliffe-Smith, A. 1982. *Euphorbia*. In: Davis, P.H. (edited). Flora of Turkey and the East Aegean Islands. 7: 571-630 p.
- Shidaye Karkaj, E. 2021. Effect of dry heat treatment on seed germination of *Euphorbia peplus*. Journal of Seed Science and Technology, 12(1), 34-40. [In Persian with English summary].
- Shirali, Z., Salehi Salmi, M. R. and Negaresh, K. 2022. Dormancy breaking and seed germination improvement of two types of verbascum (*Verbascum* L.) under physical and chemical treatments. Journal of Seed Research. 12 (3), 17-36. [In Persian with English summary].
- Tavili, A., Zare, S., Moosavi, S. A. and Enayati, A. 2010. Effects of seed treatments on germination characteristics of *Medicago sativa* under salinity conditions. African Journal of Biotechnology. 9(34), 5527-5533. [In Persian with English summary].
- Vashisth, A. and Nagarajan, S. 2010. Effect on germination and early growth characteristics in sunflower (*Helianthus annuus*) seeds exposed to static magnetic field. Journal of Plant Physiology, 167(2), 149-156.
- Verma, S.K., Bjpai, G.C., Tewari, S.K. and Singh, J. 2005. Seedling index and yield as influenced by seed size in pigeonpea. Legume Research. 28(2): 143-145.
- Zahiri, M., Salehi Salmi, M. R., Negaresh, K. and Almasieh, K. 2023. Evaluation of the aesthetic attributes and germination parameters of *Euphorbia hypericifolia*, a native species, for incorporation into the landscape of Ahwaz city. Flower and Ornamental Plants Journal, 8 (2) :353-370. . [In Persian with English summary].