



Response of Germination Characteristics in Different Cleavers (*Galium tricornutum*) Populations to Stratification Methods

Pooran Fathi¹ | Iraj Tahmasebi² | Iraj Nosratti³ | Sirwan Babaei⁴

1. Department of Crop Production and Genetic, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran. Email: po.fathi@uok.ac.ir
2. Department of Crop Production and Genetic, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran. Email: i.tahmasebi@uok.ac.ir
3. Corresponding Author, Department of Plant Production & Genetics, Razi University, Kermanshah, Iran. Email: iraj.nosratti@razi.ac.ir
4. Department of Crop Production and Genetic, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:

Received: December 11, 2024
Revised: July 23, 2025
Accepted: July 25, 2025

Keywords:

Cold stratification,
ecotype,
germination indices,
hot-cold stratification.

Extended Abstract

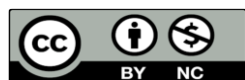
Introduction. *Galium tricornutum* is one of the most damaging weeds in wheat fields across the world. This plant reproduces through seeds, which are dormant and it has been proven that the degree of dormancy varies in different ecotypes collected from various environment. stratification is one of the common methods for overcoming seed dormancy in is *G. tricornutum*. Research has shown that *G. tricornutum* seeds have primary dormancy in which exposing seeds to low winter temperatures and favorable humidity in the spring may lead to breaking seed dormancy and germination. Hence, the aim of this study was to determine the efficacy stratification can be effective in removing the seed dormancy of *G. tricornutum* collected from western parts of Iran.

Materials and Methods. Seeds of *G. tricornutum* were collected from infested fields of some areas located in three provinces, including Western Azerbaijan (Heydarlu, Nazlu, Silvaneh), Kurdistan (Zafarabad, Saral, Gazneh, Sou, Kamyaran, Najafabad), Kermanshah (Kuzaran, Ravansar, Gilane-Gharb, Kermanshah), and Ilam (Abdanan, Sheshdar, Chovar, Ilam, Sarabeleh, Eyvan). After harvesting seeds, the presence of dormancy was confirmed in all ecotypes. The minimum and maximum time required for stratification to mitigate seed dormancy was also determined. Cold stratification treatments were applied at 4°C at 24, 48, and 72 hours. To apply hot-cold stratification, the same procedure was followed as for cold stratification, except that first, hot water at 80 degrees was used for three minutes. Finally, germination percentage, germination rate, germination index, and average germination time were measured.

Results and Discussion. The results of this study showed that the highest germination percentage was related to treatments of three minutes at 80 and immediately expose to 4 degrees Celsius for 72 hours in Gazneh from Kurdistan province (83%) and Abdanan from Ilam province (77%). Although Gazneh had the highest altitude among the studied areas, it was also one of the areas having the highest precipitation, and Abdanan was also one of the low-altitude areas with high temperature and rainfall, but its altitude was lower than other screened areas. Stratification had the greatest effect on the populations of Gilane-Gharb (60.48%), Gazneh (52.44%), and Abdanan (47.43%), respectively. Although the altitude of Gazneh is different from that of Gilane-Gharb and Abdanan, all three regions had an average rainfall of 320-530 mm and a temperature of 15-30 degrees Celsius higher than the other studied regions. The lowest germination percentage was observed in the Kuzran (9%) and Najafabad (11.71%) populations, which had the lowest average rainfall (160-220 mm) and average temperature (10-15°C). The populations of Kamyaran, Zafarabad, and Ivan did not differ significantly from each other. This is despite the fact that the altitude of Kamyaran and Ivan regions is close to each other, but Zafarabad is higher. These regions were also similar in terms of temperature and rainfall during the growing season. The highest germination rate was related to treatments of three minutes at 80 and immediately at 4 degrees Celsius for 72 hours in Gazneh from Kurdistan (20.23) and the lowest germination rate was achieved in the Najafabad seed population. There was significant difference in germination index among stratification treatments. The highest germination index was for Gazneh (9.38) and the lowest was for control treatment of Najafabad and Silvaneh (0). The highest means germination time was check of Silvaneh (non-treated) (12.86) and the lowest rate was related to treatments of three minutes at 80 and immediately at 4°C for 72 hours in Silvaneh (0.03) and control treatment in Njafabad (0.04).

Conclusion. Appropriate timing is necessary to control this weed without chemical methods. Chilling generally increased the germination of this species; therefore, the appropriate timing for controlling this plant species is early spring because natural chilling occurs in the fall and winter, and germination will occur in the spring with moisture. By stimulating seed germination using weed control methods, newly germinated *G. tricornutum* seeds can be removed from the field before they compete with the crop using low-cost methods such as shallow plowing. The success rate of this timing varies due to the different sensitivity of seeds in each region to chilling, but it will have a positive effect in all regions studied. Research on this species are usually time-consuming due to seed dormancy, and researchers may not be very interested in studying this species for this reason. Therefore, a low-cost method that can break seed dormancy in a short period of time would be of great help to researchers.

Cite this article: Fathi, P., Tahmasebi, I., Nosratti, I., & Babaei, S. (2025). Response of germination characteristics in different cleavers (*Galium tricornutum*) populations to stratification methods. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 56(4), 121-132. DOI: 10.22059/ijfcs.2025.384809.655110.





پاسخ خصوصیات جوانه زنی جمعیت های مختلف علف هرز شیرپنیر (*Galium tricoratum*) به روش های چینه سرمایی

پوران فتحی^۱ | ایرج طهماسبی^۲ | ایرج نصرتی^۳ | سیروان بابایی^۴

۱. گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. رایانامه: po.fathi@uok.ac.ir

۲. گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. رایانامه: i.tahmasebi@uok.ac.ir

۳. نویسنده مسئول، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: irajnosratti@gmail.com

۴. گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

چکیده

اطلاعات مقاله

علف هرز شیرپنیر (*Galium tricoratum*) از جمله علف های هرز خسارت زای مزارع گندم در اقصی نقاط جهان است. این گیاه از طریق بذر تکثیر می شود که بذور آن نیز دارای خواب است و ثابت شده است که میزان خواب در اکوتیپ های مختلف، متفاوت است. از جمله روش های رفع خواب بذر، استراتیفیکاسیون است. در این پژوهش، سطوح مختلف استراتیفیکاسیون سرد و گرم-سرد بر توده های مختلف بذر جمع آوری شده از استان های آذربایجان غربی، کردستان، کرمانشاه و ایلام آزمایش شد. این مطالعه در سال ۱۴۰۲ در آزمایشگاه علوم علف های هرز دانشگاه کردستان به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. درصد جوانه زنی، سرعت جوانه زنی، شاخص جوانه زنی و میانگین زمان جوانه زنی محاسبه شد. بالاترین درصد جوانه زنی (۸۳ درصد)، سرعت جوانه زنی (۲۰/۲۳)، شاخص جوانه زنی (۹/۳۸) در جمعیت گزنه با استراتیفیکاسیون گرم-سرد (سه دقیقه دمای ۸۰ درجه سانتیگراد و ۷۲ ساعت دمای چهار درجه سانتیگراد) مشاهده شد. کمترین میزان هریک از موارد مورد محاسبه (۰) نیز در تیمار شاهد جمعیت نجف آباد مشاهده شد. اگرچه هر دو منطقه در استان کردستان واقع شده است اما ارتفاع از سطح دریا و میانگین دما و میانگین بارندگی سال زراعی متفاوتی داشتند. با مقایسه سایر جمعیت های مورد بررسی در این مقاله می توان به تاثیر همزمان دما و بارندگی در تاثیر استراتیفیکاسیون بر جمعیت مورد نظر پی برد. اگرچه تیمارهای مورد نظر در مناطقی که بارندگی بیشتر و دمای بالاتری داشتند، بیشترین تاثیر را به همراه داشت اما چون مناطق نمونه برداری نزدیک به هم بوده نمی توان طی این پژوهش به نتیجه قطعی رسید و نیازمند بررسی ها و نمونه برداری های بیشتر است. به طور کلی، تمامی تیمارها سبب افزایش شاخص های جوانه زنی شدند، اما تیمارهای تناوب دمایی به ویژه سه دقیقه در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد و بلافاصله ۴۸ ساعت در دمای چهار درجه سانتیگراد بیشترین (۴۲/۲۷ درصد) و تیمار شاهد کمترین (۶/۳۲ درصد) تاثیر را بر درصد جوانه زنی داشتند.

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۲۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۵/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۰۳

کلیدواژه ها:

استراتیفیکاسیون سرد،

استراتیفیکاسیون گرم-سرد،

اکوتیپ،

شاخص های جوانه زنی.

استناد: فتحی، پ.، طهماسبی، ا.، نصرتی، ا.، و بابایی، س. (۱۴۰۴). پاسخ خصوصیات جوانه زنی جمعیت های مختلف علف هرز شیرپنیر (*Galium tricoratum*) به روش های چینه سرمایی. *علوم گیاهان زراعی ایران*، ۵۶(۴)، ۱۲۱-۱۳۲.

DOI: 10.22059/ijfcs.2025.384809.655110



۱. مقدمه

علف‌هرز شیرپنیر با نام علمی (*Galium tricornutum*) که در ایران با نام بی‌تی‌راخ نیز شناخته می‌شود، علف‌هرزی از تیره روناس (Rubiaceae) است که به‌وسیله بذر تکثیر می‌شود (Malik, 1988) و ارتفاع آن تا یک متر هم می‌رسد. ساقه‌ها باریک، منشعب، زبر، چسبناک و بالارونده هستند. میوه شیرپنیر، نوعی اسکیزوکارپ با دو کپسول در هر گل است که دو مریکارپ کروی را تشکیل می‌دهد. میوه‌ها خاکستری یا قهوه‌ای متمایل به خاکستری و کروی‌شکل و طول آن‌ها دو تا چهار میلی‌متر است که با پوسته سخت پوشیده شده‌اند (CABI, 2022; Froud-Williams, 1985; Abdel Khalik et al., 2008a,b). بذرهای این گیاه دارای خواب هستند (Wang et al., 2016) و ممکن است که میزان آن در اکوتیپ‌های مختلف، متفاوت باشد (Taylor, 1999; Moradi et al., 2025). تحقیقات نشان داده است که بذرهای شیرپنیر دارای خواب اولیه می‌باشند که ممکن است دمای پایین زمستان و رطوبت مطلوب در بهار منجر به رفع خواب و جوانه‌زنی شود (Royo-Esnal et al., 2010). به همین دلیل به نظر می‌رسد که استراتیفیکاسیون می‌تواند در شکستن خواب بذر این گیاه موثر واقع شود.

درک این پویایی برای ارائه شیوه‌های مؤثر در کشاورزی ضروری است. از طرفی وجود خواب در بذر، سبب افزایش زمان و هزینه در پژوهش خواهد شد که یافتن روش رفع خواب، سبب کاهش هزینه و پیشبرد سریع‌تر آزمایش‌ها در رابطه با این گونه خواهد شد. از طرفی بی‌تی‌راخ اگرچه به عنوان علف‌هرز شناخته شده است؛ اما با وجود دارا بودن ترکیبات دارویی خاص از جمله استروئیدها، کومارین‌ها، ایریدوئیدها، ساپونین‌ها، ویتامین‌ها، اسیدهای فرمیک و اسکوربیک، آلكالوئیدها، در برخی مناطق مانند اوکراین کشت می‌شود (Muzychkina, 2000). بنابراین با وجود آگاهی از نحوه شکستن خواب بذر این گیاه، کشت می‌تواند به‌صورت گلخانه‌ای نیز انجام شود و نیازی به تامین شرایط شکستن خواب توسط شرایط اکولوژیک نخواهد بود. همچنین آگاهی از مکانیسم تاثیر استراتیفیکاسیون بر جوانه‌زنی بذر بی‌تی‌راخ، کمک شایانی در ارائه راهکارهای بهتر جهت بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی خواهد داشت. از این‌رو، هدف از انجام این مطالعه یافتن روشی کم‌هزینه و در عین حال سریع و قابل‌اعتماد جهت رفع خواب بذر شیرپنیر می‌باشد.

خواب بذر عبارت است از عدم موفقیت کوتاه‌مدت یک بذر در تکمیل جوانه‌زنی تحت شرایط مطلوب که امکان گسترش و پراکنده‌شدن بذر را در مکان و در طول زمان فراهم می‌کند. انواع مختلفی از خواب بذر وجود دارند که شامل بازدارندگی فیزیکی، مکانیکی یا شیمیایی ناشی از لایه‌های پوشش‌دهنده جنین می‌باشند که سبب عدم توانایی در جوانه‌زنی می‌شوند. استراتیفیکاسیون گرم و سرد فرآیندهای حیاتی در جوانه‌زنی بذر هستند که بر زنده‌ماندن و زمان جوانه‌زدن تأثیر می‌گذارند. استراتیفیکاسیون گرم به‌طور معمول شامل قرار دادن دانه‌ها در شرایط مرطوب و گرم است که می‌تواند با تقلید از تغییرات طبیعی فصلی، میزان جوانه‌زنی را افزایش دهد. همانطور که موگال و شعیب بر نقش استراتیفیکاسیون در جوانه‌زنی اولیه در گونه‌های خاص تأکید می‌کنند (Mughal & Shoaib, 2010) این روش، به‌ویژه برای بذرهایی که نیاز به یک دوره گرما برای شکستن خواب دارند موثر است. به‌عنوان مثال، گونه‌های خاصی در معرض شرایط گرم و مرطوب درصد جوانه‌زنی بهبود یافته و ظهور سریع‌تری را نشان می‌دهند که می‌تواند برای بقا در محیط‌هایی با شرایط مشابه، حیاتی باشد (Yuan et al., 2023). برعکس، استراتیفیکاسیون سرد شامل قرار دادن دانه‌ها در شرایط سرد و مرطوب است که برای بذرهایی که بعد از زمستان تکامل یافته‌اند برای جوانه‌زدن ضروری است. استراتیفیکاسیون سرد یک فرآیند حیاتی است که جوانه‌زنی بذر را با تقلید از شرایط طبیعی زمستان افزایش می‌دهد که بسیاری از بذرهای رفع خواب به آن نیاز دارند. تحقیقات نشان می‌دهد که استراتیفیکاسیون سرد می‌تواند به‌طور قابل توجهی میزان جوانه‌زنی و قدرت گیاهچه را در گونه‌های مختلف بهبود بخشد. مورگنسون تأکید می‌کند که این فرآیند می‌تواند میزان جوانه‌زنی را برای گونه‌های سازگار با آب‌وهوای معتدل به‌طور قابل توجهی بهبود بخشد (Morgenson, 2000a). وانگ‌چیانگ نیز نشان داد استراتیفیکاسیون سرد می‌تواند منجر به افزایش قدرت و استقرار گیاهچه شود (Wang et al., 2016). با این حال، استراو و همکاران هشدار می‌دهند که اثربخشی این روش‌های استراتیفیکاسیون می‌تواند بر اساس گونه‌ها و شرایط محیطی متفاوت باشد که نشان‌دهنده نیاز به رویکردهای متناسب در مدیریت بذر است (Struve et al., 1999).

۲. روش‌شناسی پژوهش

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در سال ۱۴۰۱ در آزمایشگاه علوم علف‌هرز دانشگاه کردستان جهت ارزیابی اثر استراتیفیکاسیون (چینه‌سرمایی) بر شاخص‌های جوانه‌زنی جمعیت‌های مختلف شیرپنیر انجام شد. ابتدا بذور این علف‌هرز از مزارعی در غرب و شمال غرب ایران به عنوان عامل اول به شرح زیر جمع‌آوری شدند:

بذرهای به روش "W" از مزارع گندم استان‌های آذربایجان غربی (نازلو، حیدرلو و سیلوانه)، کردستان (گزنه، سو، کامیاران، سارال، نجف‌آباد، ظفرآباد)، کرمانشاه (کوزران، روانسر، گیلانغرب، کرمانشاه) و ایلام (آبدانان، ششدار، ایلام، چوار، سرابله، ایوان)، مطابق جدول ۱، در اردیبهشت و خرداد سال ۱۴۰۰ توسط پژوهشگر جمع‌آوری و سپس تا شروع مرحله بعدی داخل پاکت کاغذی و در دمای چهار درجه سانتیگراد بدون رطوبت نگه‌داری شدند.

جدول ۱. موقعیت جغرافیایی مناطق جمع‌آوری بذور.

Table 1. Geographical location of seed collection areas.

استان	منطقه جمع‌آوری بذور	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا
آذربایجان غربی	نازلو	۰۹' ۵۸' ۴۴" شرقی	۴۶' ۴۰' ۳۷" شمالی	۱۳۵۷
	سیلوانه	۲۳' ۵۱' ۴۴"	۵۸' ۲۴' ۳۷"	۱۶۳۲
	حیدرلو	۳۸' ۰۲' ۴۴"	۳۲' ۲۸' ۳۷"	۱۵۸۴
	گزنه	۴۷' ۵۶' ۴۶"	۲۵' ۱۰' ۳۵"	۱۳۷۰
کردستان	سو	۲۹' ۵۴' ۴۶"	۳۵' ۰۹' ۳۵"	۱۴۳۸
	کامیاران	۲۳' ۵۳' ۴۶"	۰۷' ۴۹' ۳۴"	۱۴۷۶
	سارال	۳۰' ۰۳' ۴۷"	۵۱' ۴۸' ۳۵"	۱۷۷۱
	ظفرآباد	۲۰' ۵۸' ۴۶"	۳۴' ۰۱' ۳۶"	۲۰۹۱
کرمانشاه	نجف‌آباد	۰۸' ۱۴' ۴۷"	۴۷' ۴۷' ۳۵"	۱۸۵۰
	کوزران	۱۲' ۳۶' ۴۶"	۱۴' ۳۰' ۳۴"	۱۳۵۰
	روانسر	۱۲' ۳۸' ۴۶"	۰۳' ۴۲' ۳۴"	۱۳۸۳
	کرمانشاه	۵۸' ۰۰' ۴۷"	۳۸' ۲۷' ۳۴"	۱۳۰۲
ایلام	گیلانغرب	۳۳' ۵۳' ۴۵"	۰۱' ۱۰' ۳۴"	۷۶۵
	ششدار	۰۸' ۱۸' ۴۶"	۲۵' ۴۰' ۳۳"	۱۰۷۱
	آبدانان	۱۱' ۲۷' ۴۷"	۰۴' ۵۷' ۳۳"	۸۱۱
	چوار	۳۳' ۱۷' ۴۶"	۵۷' ۴۱' ۳۳"	۱۰۲۶
	ایلام	۵۲' ۲۰' ۴۶"	۴۸' ۳۷' ۳۳"	۱۲۷۸
	سرابله	۲۳' ۳۵' ۴۶"	۱۴' ۳۵' ۳۳"	۱۹۱۳
ایوان	۱۳' ۱۷' ۴۶"	۲۵' ۵۰' ۳۳"	۱۱۴۴	

در طی غربالگری اولیه وجود خواب در تمامی نمونه‌ها تایید شد. همچنین حداقل و حداکثر زمان لازم برای استراتیفیکاسیون مشخص شد. در مرحله بعد، پس از ضدعفونی کردن بذور با استفاده از هیپوکلریت سدیم پنج درصد به مدت ۱۰ دقیقه و سه بار آبشویی جهت پاک‌شدن کامل بذر از محلول، سرمادهی به شرح زیر اعمال شد:

جهت اعمال سرمادهی در استراتیفیکاسیون سرد، بذور استریل‌شده به تفکیک مناطق جمع‌آوری، داخل یورین باتل و سپس در ژرمیناتور با دمای چهار درجه سانتیگراد قرار گرفتند. تیمارهای استراتیفیکاسیون سرد شامل مدت زمان‌های ۷۲، ۴۸، ۲۴ ساعت بود. پس از مدت زمان‌های ذکر شده، یورین باتل‌ها از دستگاه خارج و تعداد ۲۵ بذر به تفکیک منطقه جمع‌آوری و تیمار زمان سرمادهی، به پتری‌دیش حاوی کاغذ صافی واتمن منتقل و تا ۱۴ روز به صورت روزانه آبیاری و تعداد بذور جوانه‌زده شمارش شد. برای اعمال استراتیفیکاسیون گرم-سرد نیز مشابه استراتیفیکاسیون سرد عمل شد با این تفاوت که ابتدا از آب گرم ۸۰ درجه به مدت سه دقیقه (در صورت سردبودن محیط استفاده از هیتر جهت ممانعت از تغییر دمای سریع آب الزامی است) استفاده شد.

پس از جمع‌آوری داده‌ها با استفاده از معادلات زیر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، شاخص جوانه‌زنی و میانگین زمان جوانه‌زنی محاسبه شد:

$$GP = \frac{n}{N} \times 100 \quad (\text{Maguire, 1962}) \quad (1)$$

GP = درصد جوانه‌زنی، n = تعداد بذر جوانه‌زده، N = تعداد کل بذر

$$GR = \frac{x_1}{t_1} + \frac{x_1 + x_2}{t_2} + \dots + \frac{x_{n-1} + x_n}{t_n} \quad (\text{Maguire, 1962}) \quad (2)$$

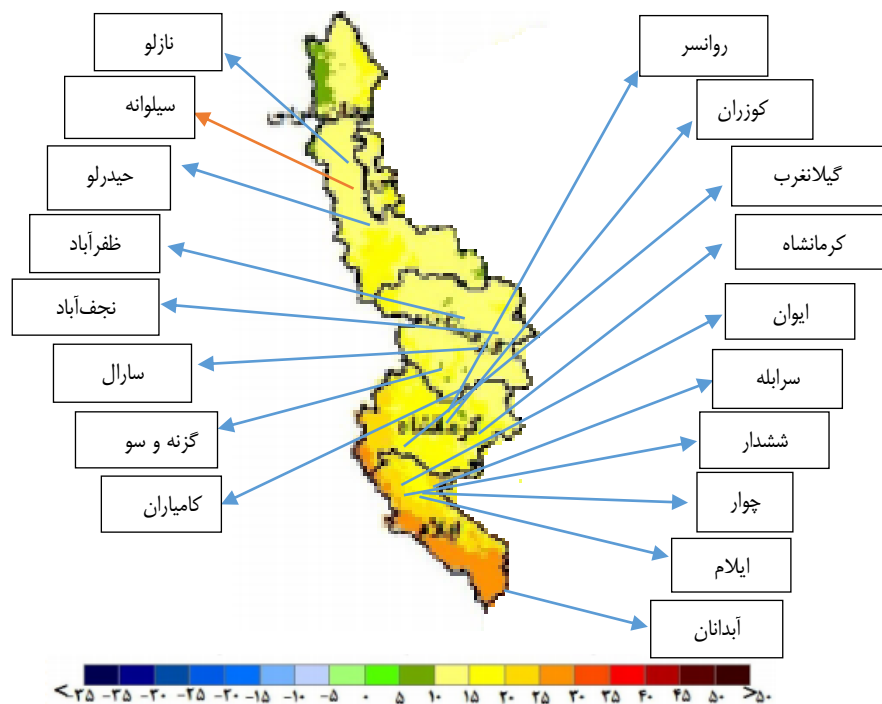
GR = سرعت جوانه‌زنی، x₁ = تعداد بذرهای جوانه‌زده در اولین شمارش، t₁ = تعداد روزها از زمان شروع آزمایش تا اولین شمارش.

$$GI = \sum \left(\frac{x_i}{y_i} \right) \quad (\text{AOSOA, 1983}) \quad (3)$$

GI = شاخص جوانه‌زنی، n_i = تعداد بذرهای جوانه‌زده در روز i پس از شروع آزمایش، میانگین زمان جوانه‌زنی = MGT:

$$MGT = \frac{\sum (n_i \cdot t_i)}{\sum n} \quad (\text{Munns \& Termaat, 1986}) \quad (4)$$

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون LSD در سطح احتمال یک و پنج درصد انجام شد. نمودارها نیز در فضای نرم‌افزار EXCEL رسم شدند.



شکل ۱. نقشه دمایی سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹.

Figure 1. Temperature map during study in 2020.

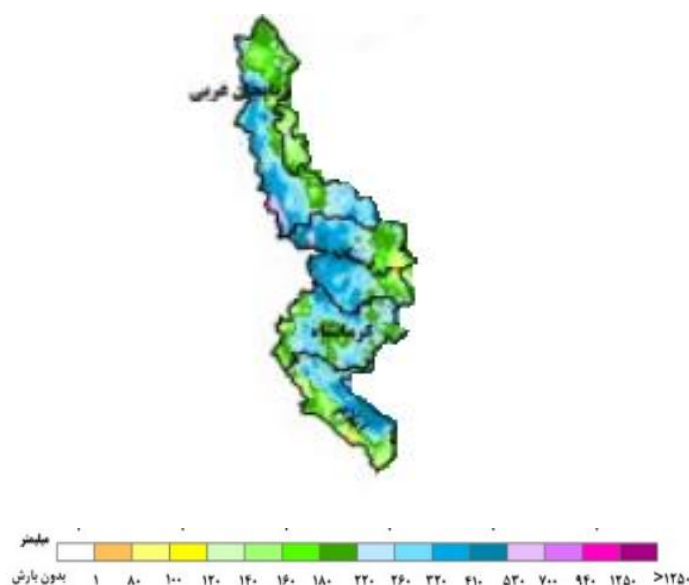
۳. یافته‌های پژوهش و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر استراتیجیکاسیون بر شاخص‌های جوانه‌زنی توده‌های جمع‌آوری شده از مناطق شمال غربی و غرب ایران (استان‌های آذربایجان غربی، کردستان، کرمانشاه و ایلام) در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

۳-۱. درصد جوانه‌زنی

بیشترین درصد جوانه‌زنی مربوط به تیمارهای سه دقیقه تحت دمای ۸۰ و بلافاصله چهار درجه سانتیگراد به مدت ۷۲ ساعت، در توده‌های گزنه از کردستان (۸۳٪) و آبدانان از ایلام (۷۷٪) بود. اگرچه گزنه جزو نقاط مرتفع در میان مناطق مورد بررسی بود؛ اما از مناطق پرباران نیز بود و آبدانان نیز جزو نقاط کم‌ارتفاع همراه با دما و میزان بارندگی بالا بود اما ارتفاع آن نسبت به سایر

مناطق کمتر بود. کمترین درصد جوانه‌زنی در توده بذر نجف‌آباد از کردستان (۰٪) مشاهده شد که از مناطق مرتفع همراه با کمترین میزان بارش در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ و همچنین از نقاط سردسیر استان است (شکل ۳).
تأثیر سطوح مختلف استراتیفیکاسیون بر درصد جوانه‌زنی جمعیت‌های مختلف متفاوت بود. استراتیفیکاسیون بر توده‌های گیلانغرب (۴۸/۶۰ درصد)، گزنه (۴۴/۵۲) و آبدانان (۴۳/۴۷) به‌ترتیب بیشترین تأثیر را داشت. اگرچه ارتفاع گزنه با ارتفاع گیلانغرب و آبدانان متفاوت است؛ اما هر سه منطقه نسبت به سایر مناطق مورد بررسی دارای میانگین بارندگی (۳۲۰-۵۳۰ میلی‌متر) و دمای (۱۵-۳۰) بالاتری بودند (جدول ۱، شکل ۱ و ۲). کمترین درصد جوانه‌زنی در توده‌های کوزران (نه درصد) و نجف‌آباد (۱۱/۷۱) مشاهده شد که کمترین میانگین بارندگی (۱۶۰-۲۲۰ میلی‌متر) و میانگین دمای (۱۵-۱۰) درجه سانتیگراد) را داشتند. توده‌های کامیاران، ظفرآباد و ایوان، اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. این در حالی است که ارتفاع مناطق کامیاران و ایوان به هم نزدیک اما ظفرآباد مرتفع‌تر است، اما این مناطق از نظر دما و بارش سال زراعی مشابه هم بودند (جدول ۱، شکل ۳ و ۴).



شکل ۲. نقشه بارش سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰.
Figure 2. Rainfall map during study in 2020.

۳-۲. سرعت جوانه‌زنی

محاسبه سرعت جوانه‌زنی و تجزیه واریانس آن، نشانگر تفاوت معنی‌دار بین توده‌های مختلف بذر تحت تیمارهای استراتیفیکاسیون در سطح احتمال یک درصد بود (شکل ۶). توده گزنه با ۲۰/۲۳ و سپس آبدانان با ۲۰/۰۵ در تناوب دمایی ۷۲ ساعت بالاترین سرعت جوانه‌زنی را داشتند و کمترین سرعت جوانه‌زنی مربوط به شاهد نجف‌آباد (۰) و کوزران (۰/۰۵) بود (شکل ۴). در میان سطوح استراتیفیکاسیون، بیشترین سرعت جوانه‌زنی مربوط به تناوب دمایی ۴۸ ساعت (۹/۷۳) و ۷۲ ساعت (۹/۶۷) و کمترین سرعت جوانه‌زنی نیز به شاهد (۰) مربوط بود.

۳-۳. شاخص جوانه‌زنی

تجزیه واریانس شاخص جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد در میان توده‌های بذری تحت تیمار استراتیفیکاسیون تفاوت معنی‌داری نشان داد (جدول ۲). بالاترین میزان شاخص جوانه‌زنی به‌ترتیب مربوط به گزنه (۹/۳۸) و آبدانان (۹/۱۴) بود که میانگین بارش در این مناطق ۳۲۰-۵۳۰ میلی‌متر و میانگین دمایی ۱۵-۳۰ درجه سانتی‌گراد بوده است. پایین‌ترین شاخص جوانه‌زنی مربوط به تیمار شاهد نجف‌آباد و سیلوانه با مقدار (۰) و کوزران با مقدار ۰/۰۳ بود (شکل ۵).

۳-۴. میانگین زمان جوانه‌زنی

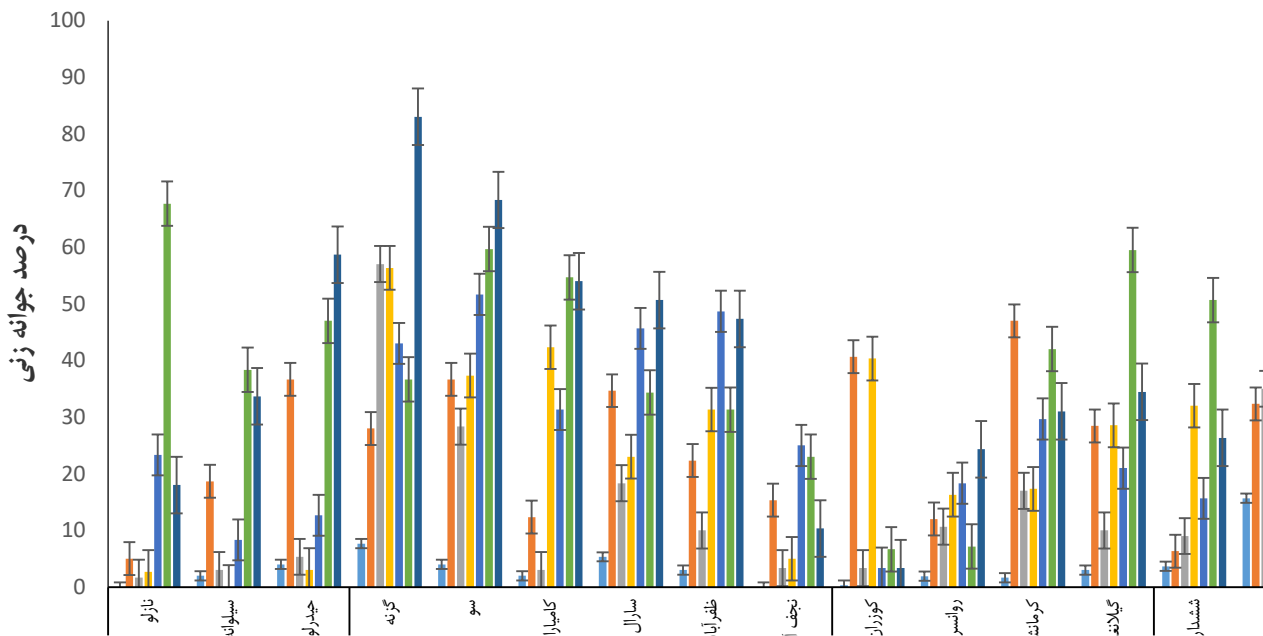
تجزیه واریانس میانگین زمان جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد در میان تیمارهای استراتیغیکاسیون معنی‌دار بود (جدول ۲) و بالاترین آن مربوط به تیمار شاهد در توده سیلوانه (۱۲/۸۶) و کمترین میزان نیز در تیمار ۷۲ ساعت سرمادهی توده سیلوانه (۰/۰۳) و همچنین تیمار شاهد نجف‌آباد (۰/۰۴) بود (شکل ۶).

جدول ۲. تجزیه واریانس شاخص‌های جوانه‌زنی توده‌های مختلف بذر شیرینیر تحت شرایط استراتیغیکاسیون.

Table 2. Analysis of variance of seed germination indices of *Galium tricorutum* under stratification conditions.

منبع تغییرات	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی ^۱	شاخص جوانه‌زنی ^۲	سرعت جوانه‌زنی ^۳	متوسط زمان جوانه‌زنی ^۴
منطقه جمع‌آوری بذر	۱۸	۱۳۱۲/۹۴۳۲**	۲۹/۲۴۶۹**	۳۱۴/۱۶۸۲**	۲۵۲۱/۲۳**
استراتیغیکاسیون	۶	۵۳۲۸/۴۴۵۵**	۱۲۳/۲۳۶۹**	۵۵۷/۵۰۶۰**	۱۰۷۳۱/۳۶**
منطقه جمع‌آوری × استراتیغیکاسیون	۱۰۸	۲۸۴/۶۰۲۵**	۱۳/۱۵۷۳**	۵۸/۵۶۲۱**	۴۱۲/۱۰**
خطا	۲۹۴	۲۸/۵۳۶۱	۱/۰۳۵۲	۱/۷۷۰۵	۸۳۹۷/۵۵
ضریب تغییرات		۱۶/۱۴	۳۵/۸۵	۱۹/۸۵	۱۹/۸۵

critical value of t: 2.5891



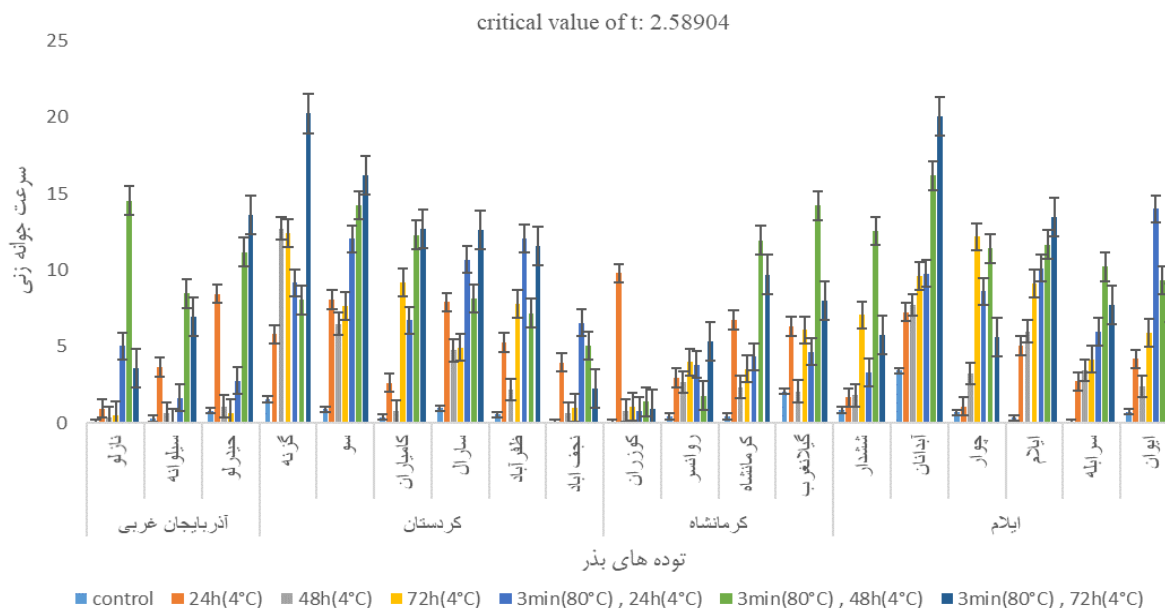
شکل ۳. مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف استراتیغیکاسیون و جمعیت‌های مختلف بذر بر درصد جوانه‌زنی بذر شیرینیر.

Figure 3. Comparison average of the different stratification levels and seed collected location on germination percentage of cleavers seeds *Galium tricorutum*.

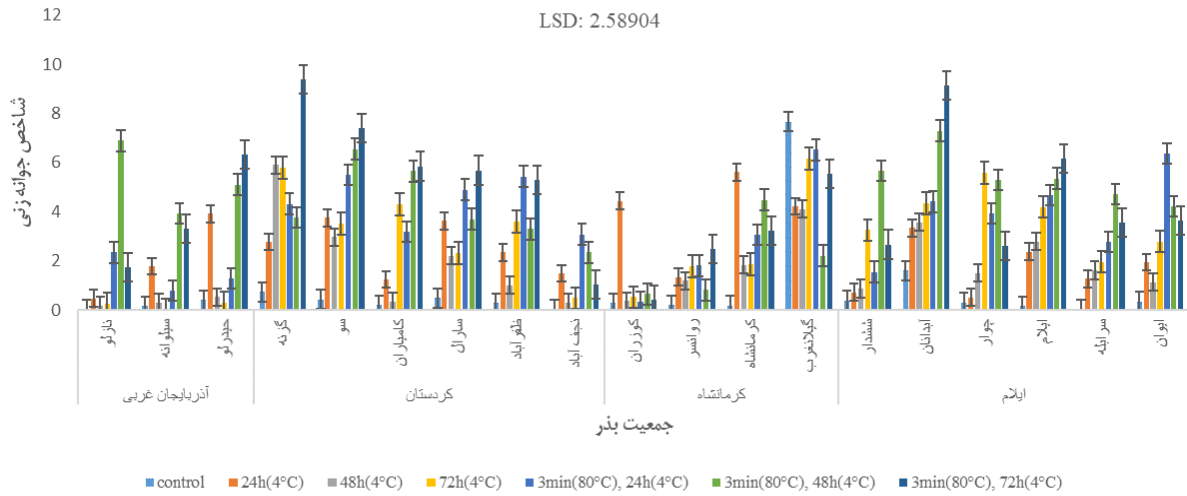
این تحقیق نتیجه مشابهی با بسیاری تحقیقات در رابطه با تاثیر استراتیغیکاسیون بر جوانه‌زنی بذر داشت؛ برای مثال پانیا و همکاران دریافتند که بذر تحت استراتیغیکاسیون سرد درصد جوانه‌زنی بالاتری نسبت به آن‌هایی که تیمار نشده‌اند نشان می‌دهند، همچنین نشان داد که این روش به‌طور موثر بذر را برای شرایط رشد بهینه آماده می‌کند (Punia et al., 2024). به همین ترتیب، مارفوا و همکارانش تاکید کردند که استراتیغیکاسیون سرد نه تنها میزان جوانه‌زنی را افزایش می‌دهد بلکه بر زمان جوانه زنی نیز تأثیر می‌گذارد (Marfoua et al., 2023). علاوه بر این، همانطور که در این آزمایش در میان زمان‌های استراتیغیکاسیون و دمای اعمال شده تفاوت معنی‌دار مشاهده شد، ون گالن و همکاران نشان دادند که بسته به گونه‌ی بذر، مدت زمان و دمای

1. Germination Percentage
2. Germination Index
3. Germination Rate
4. Mean Germination Time

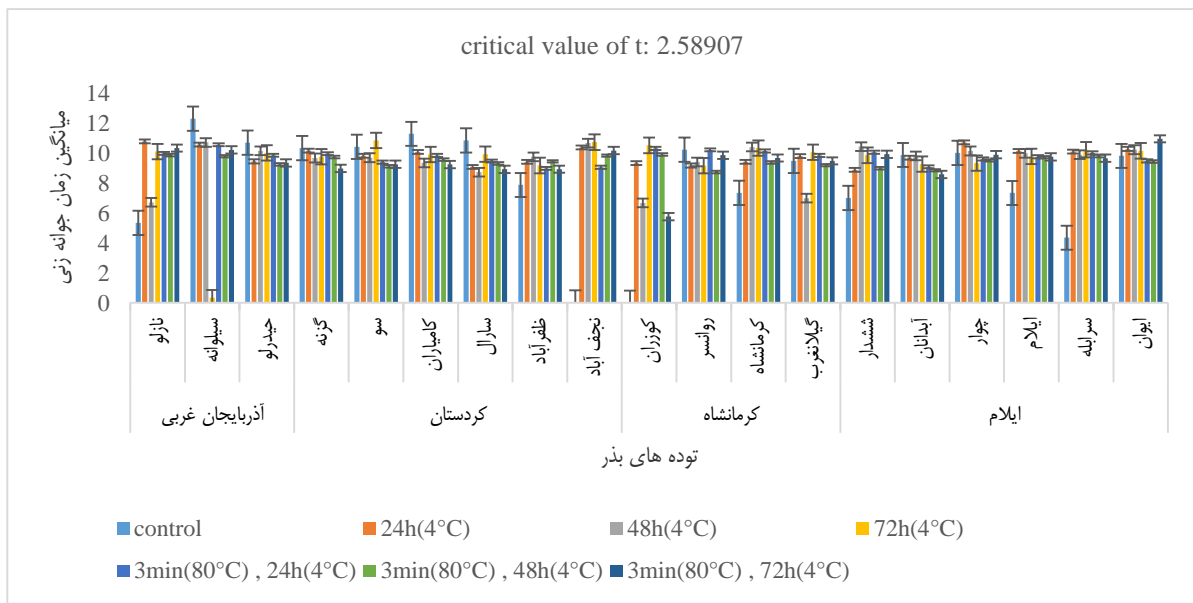
استراتیفیکاسیون نقش مهمی در تعیین موفقیت جوانه‌زنی ایفا می‌کند (Galen et al., 2023). به‌طور کلی، استراتیفیکاسیون سرد یک روش ارزشمند در جوانه‌زنی بذر است، اما اثربخشی آن بستگی به پارامترهای دقیق محیطی دارد. با توجه به نتایج حاصل از مشاهدات، تمامی تیمارها، استراتیفیکاسیون سرد و تناوب دمایی گرم-سرد، هر دو سبب افزایش شاخص‌های جوانه‌زنی نسبت به شاهد شدند. هر چند میزان این افزایش در توده‌های مختلف متفاوت بود. این مقدار به‌ترتیب از بیشترین به کمترین در توده‌های گیلانغرب، گزنه، آبدانان، سو ۴۰-۵۰ درصد، ایلام و سارال ۳۰-۴۰ درصد، ایوان، کامپاران، ظفرآباد، چوار، کرمانشاه، حیدرلو، سرابله و ششدار ۲۰-۳۰ درصد، نازلو و نجف‌آباد ۱۰-۲۰ درصد و کوزران نه درصد بود. در پژوهشی در رابطه با جوانه‌زنی *Galium tricorutum* نتایج مشابهی به‌دست آمد، استراتیفیکاسیون سرد سبب جوانه‌زنی صد درصد بذور شد (Chauhan et al., 2006). استراتیفیکاسیون سرد همچنین در *Bunium persicum* که یک گیاه دارویی بوده و درصد جوانه‌زنی بسیار پایین دارد، سبب افزایش میزان جوانه‌زنی شد؛ درحالی‌که در استراتیفیکاسیون گرم درصد جوانه‌زنی صفر بود (Mondani et al., 2018). در این آزمایش اگرچه استراتیفیکاسیون سرد سبب بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی شد؛ اما استراتیفیکاسیون گرم-سرد بیشترین تاثیر مثبت را بر شاخص‌های جوانه‌زنی داشت (شکل ۶) که با نتایج برخی پژوهشگران مطابقت داشت. برای مثال مورگنسون ثابت کرد برای جوانه‌زنی *Crataegus mollisscheele* و *C. chrysoarpa* استراتیفیکاسیون گرم و سپس سرد برای جوانه‌زنی قابل توجه نیاز است (Morgenson, 2000b). استراتیفیکاسیون گرم و سپس سرد در *Stewartia pseudocamellia* با ۷۰ درصد جوانه‌زنی در گیاه همراه بود. این درحالی اتفاق افتاد که استراتیفیکاسیون سرد و سپس گرم تنها یک درصد جوانه‌زنی را نشان داد (Struve et al., 1999). گیاه *Cardamine concatenate* نیز با استراتیفیکاسیون سرد تا ۹۸ درصد جوانه‌زنی داشت؛ اما در استراتیفیکاسیون گرم و سپس سرد ۱۰۰ درصد جوانه‌زنی را به همراه داشت (Baskin & Baskin, 2011).



شکل ۴. مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف استراتیفیکاسیون و محل جمع‌آوری بذور بر سرعت جوانه‌زنی بذر شیرپنیر.
Figure 4. Mean comparison of the effect of different stratification duration and seed collection site on on germination rate of *Galium tricorutum*.



شکل ۵. مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف استراتیفیکاسیون و جمعیت‌های مختلف بذر بر شاخص جوانه‌زنی بذر شیرینیر.
Figure 5. Mean comparison of the effect of different stratification duration and seed collection site on germination index of *Galium tricornutum*.



شکل ۶. مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف استراتیفیکاسیون و محل جمع‌آوری بذر بر میانگین زمان جوانه‌زنی بذر شیرینیر.
Figure 6. Mean comparison of the effect of different stratification duration and seed collection site on mean time of seed germination of *Galium tricornutum*.

ثابت شده است که فرآیند جوانه‌زنی به دما حساس است؛ با شرایط بهینه حدود ۱۰ درجه سانتیگراد و تحت تأثیر پتانسیل آب *G. aparine* در برابر کاهش سطح رطوبت انعطاف پذیری نشان می‌دهد (Wang *et al.*, 2016; Anna, 2000). علاوه بر این، دانه‌های خفته سرعت تنفسی بالاتری نسبت به دانه‌های غیرخفته نشان می‌دهند که نشان‌دهنده تغییرات متابولیک هنگام شکستن خواب است (Hilton & Thomas, 1987). به‌طور کلی، تعامل دما و رطوبت به‌طور قابل توجهی بر دینامیک خواب و جوانه‌زنی دانه‌های جنس *Galium* تأثیر می‌گذارد (Wang *et al.*, 2016). از طرفی تحقیقات نشان می‌دهد که دمای بالاتر می‌تواند سرعت جوانه‌زنی بذر را بیشتر کند، زیرا گرما اغلب باعث فعالیت‌های متابولیک ضروری برای شکستن خواب و شروع رشد می‌شود.

(Just et al., 2023). علاوه بر این، دمای بالا می‌تواند فعالیت آنزیمی درگیر در متابولیسم بذر را افزایش دهد و منجر به افزایش جذب مواد مغذی و در دسترس بودن انرژی برای گیاهچه در حال رشد شود (Dwyer & Erickson, 2016). استراتیفیکاسیون از روش‌های تاثیرگذار بر جوانه‌زنی بذور بسیاری از گونه‌ها است. همانطور که بذر گیاه *Euphorbia maculata* در دماهای زیر ۳۰ درجه سانتیگراد جوانه نمی‌زند و علت آن را خواب ذاتی دانستند، اما در استراتیفیکاسیون با دماهای بالاتر از ۳۰ درجه سانتیگراد به دلیل شکستن پوسته بذر جوانه‌زنی افزایش می‌یابد (Park et al., 2023). استراتیفیکاسیون سرد همچنین در *Fritillaria taipaiensis* با تنظیمات ژنی درگیر در بیوسنتز جیبرلیک‌اسید، اکسین و آبسزیک‌اسید سبب افزایش جوانه‌زنی شد (Yang et al., 2022). شاید دلیل تاثیر استراتیفیکاسیون‌های گرم-سرد را بتوان پاسخ‌های فیزیولوژیک بذر به دما نیز دانست همانطور که افزایش جوانه‌زنی با استفاده از استراتیفیکاسیون گرم-سرد در دانه انار *Punica granatum* را به تغییر اکسیداتیو فعال از طریق NO و H₂O₂ و پرولین، کربونیل‌اسیون پروتئین و آنزیم‌های مهارکننده نسبت دادند (Shalimu et al., 2016). در برخی مطالعات نیز به تغییر در میزان تنظیم‌کننده‌های رشد اشاره شده است از جمله اینکه استراتیفیکاسیون سرد در بذر *Radix glehniae* سبب کاهش آبسزیک‌اسید و افزایش اتیلن و جیبرلیک‌اسید شده که در نهایت تحریک جوانه‌زنی را به دنبال داشت (Yang et al., 2024). درحالی‌که استراتیفیکاسیون گرم به‌طور کلی باعث جوانه‌زنی می‌شود، محدوده دمای خاص برای به‌حد اکثر رساندن نتایج مثبت بدون القای تنش بسیار مهم است و باید توجه داشت که دمای بیش از حد بالا ممکن است اثرات مضر داشته باشد و به‌طور بالقوه منجر به کاهش میزان جوانه‌زنی یا زنده‌مانی بذر شود (Zhou & He, 2020).

۴. نتیجه‌گیری

باتوجه به مشاهدات، استراتیفیکاسیون در شکستن خواب این گونه تاثیر بسزایی داشت که میزان آن در توده‌های مختلف متفاوت بود. توده‌های گیلانغرب، گزنه و آبدانان با ۴۵ تا ۵۰ درصد افزایش تعداد جوانه همراه بودند که در رابطه با هر سه منطقه، میانگین دمایی و بارندگی بالایی در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ نسبت به سایر مناطق مورد بررسی ثبت شده است. انتظار می‌رفت ارتفاع از سطح دریا مناطق جمع‌آوری نیز بر میزان تاثیرگذاری استراتیفیکاسیون دخیل باشد؛ اما در میان توده‌هایی که بیشترین درصد جوانه‌زنی را داشتند گیلانغرب ۷۶۵، آبدانان ۸۱۱ و گزنه ۱۳۷۰ متر از سطح دریا ارتفاع داشتند. بر همین اساس می‌توان گفت در میان شرایط محیطی مورد بررسی ارتفاع محل جمع‌آوری بذر تاثیر در شکست خواب بذر شیرپنیر با استفاده از روش استراتیفیکاسیون نداشته است. توده کوزران، کمترین افزایش جوانه‌زنی (نه درصد) را داشت؛ این منطقه در ارتفاع ۱۳۵۰ متر از سطح دریا واقع شده که نسبت به سایر مناطق جمع‌آوری بذر، جزو مناطق مرتفع است. از نظر دما در بازه دمایی ۱۵-۱۰ درجه سانتیگراد (جزو مناطق سردسیر)، و بارندگی در بازه ۲۲۰-۱۸۰ میلی‌متر (بارندگی کم نسبت به سایر مناطق) قرار دارد. باتوجه به این نتایج می‌توان گفت دما و بارندگی مطلوب منطقه جمع‌آوری بذر بر میزان تاثیرگذاری استراتیفیکاسیون بر شکستن خواب بذر شیرپنیر اثر داشته؛ اما در رابطه با ارتفاع و موقعیت جغرافیایی مناطق، از آنجایی که مناطق جمع‌آوری در این بررسی نزدیک به هم بوده، برای نتیجه قطعی نیاز به نمونه‌برداری بیشتر از سایر مناطق با موقعیت جغرافیایی متفاوت است. از آنجایی که با مصرف علف‌کش‌ها، اکوسیستم‌های زراعی با بحران‌هایی از جمله کاهش تنوع، بروز مقاومت نسبت به علف‌کش‌ها در برخی گونه‌های علف‌هرز و در نهایت عدم موفقیت در کنترل این گونه‌ها مواجه هستند؛ بنابراین آگاهی از زمان‌بندی مناسب جهت کنترل این گونه گیاهی بدون روش‌های شیمیایی لازم و ضروری است (Boinot et al., 2024). سرمادهی به‌طور کلی سبب افزایش جوانه‌زنی این گونه شد؛ لذا زمان‌بندی مناسب برای کنترل این گونه گیاهی، اوایل فصل بهار است چرا که در فصل پاییز و زمستان سرمادهی طبیعی انجام شده و در فصل بهار با دریافت رطوبت، جوانه‌زنی رخ خواهد داد. با تحریک جوانه‌زنی بذرها با استفاده از روش‌های مبارزه با علف‌های هرز می‌توان بذرها را شیرپنیر تازه جوانه‌زده را قبل از رقابت با گیاه زراعی با روش‌هایی کم‌هزینه از جمله شخم سطحی از مزرعه حذف کرد. میزان موفقیت این زمان‌بندی به دلیل تاثیرپذیری متفاوت بذور هر منطقه نسبت به سرمادهی، متفاوت بوده؛ اما در رابطه با تمامی مناطق مورد بررسی تاثیر مثبت خواهد داشت. همچنین مطالعات روی

این گونه به دلیل خواب بذر معمولاً زمان‌بر می‌باشد و ممکن است پژوهشگران به همین دلیل به مطالعه روی این گونه چندان رغبتی نشان ندهند. بنابراین روشی کم‌هزینه که بتواند در مدت زمان کوتاهی سبب رفع خواب بذر شود کمک شایانی به این پژوهشگران خواهد داشت. استراتیجیکاسیون روشی کم‌هزینه است که سبب رفع خواب بذر در مدت زمان کوتاهی می‌شود.

۵. سپاسگزاری

از جناب آقایان مهندس فرخ عبودی و علی کریمی بابت همراهی و همکاری در جمع‌آوری نمونه‌های بذر سپاسگزاری می‌گردد.

۶. منابع

- Abdel Kalik, K., Abd Elghani, M., & El Kordi, A. (2008b). Anatomical findings of the genus *Galium* sp. (L.) (*Rubiaceae*) in Egypt and their systematic implications. *Turkish Journal of Botany*, 32, 353-359.
- Anna, C. (2000). *Intraspecific variation in seed dormancy and germination among populations of *Stellaria media* and *Galium aparine*: A modelling approach to investigate the effects of environmental and management factors*.
- AOSOA. (1983). *Seed vigor testing handbook*.
- Baskin, C., & Baskin, J. (2011). Warm plus cold stratification requirement for dormancy break in seeds of the woodland herb *Cardamine concatenata* (Brassicaceae), and evolutionary implications. *Canadian Journal of Botany*, 73, 608–612. <https://doi.org/10.1139/b95-064>.
- Boinot, S., Alignier, A., & Storkey, J. (2024). Landscape perspectives for agroecological weed management: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 44(1), 1–29. <https://doi.org/10.1007/s13593-023-00941-5>.
- CABI. (2022). *Galium aparine* (cleavers). *CABI Compendium*. <https://doi.org/10.1079/cabicompendium.24772>.
- Chauhan, B., Gill, G., & Preston, C. (2006). Factors affecting seed germination of threehorn bedstraw (*Galium tricornutum*) in Australia. *Weed Science*, 54, 471–477. <https://doi.org/10.1614/WS-05-176R1.1>.
- Dwyer, J.M., & Erickson, T.E. (2016). Warmer seed environments increase germination fractions in Australian winter annual plant species. *Ecosphere*, 7(10). <https://doi.org/10.1002/ecs2.1497>.
- Froud-Williams, R.J. (1985). The biology of cleavers (*Galium aparine*). *Aspects of Applied Biology*, 9, 189–195.
- Galen, L.G., van Lord, J.M., Orlovich, D.A., & Larcombe, M.J. (2023). The effect of stratification and shade on germination of *Nothofagus cliffortioides* (Hook.f.) Oerst seeds. *New Zealand Journal of Botany*, 1–10.
- Hilton, J., & Thomas, J. (1987). Changes in respiratory potential of dormant and non-dormant *Galium aparine* (L.) (cleavers) seeds during dry storage. *Journal of Experimental Botany*, 38, 1484–1490. <https://doi.org/10.1093/jxb/38.9.1484>.
- Just, M., Cross, A.T., Lewandrowski, W., Turner, S.R., Merritt, D.J., & Dixon, K. (2023). Seed dormancy alleviation by warm stratification progressively widens the germination window in Mediterranean climate Rutaceae. *Australian Journal of Botany*, 71(2), 55–66. <https://doi.org/10.1071/BT22076>.
- Maguire, J.D. (1962). Speed of germination - aid in selection and avaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2, 176–177.
- Marfoua, M., Buisson, E., Bissati-Bouafia, S., Eddoud, A., & Benchettouh, A. (2023). Improving seed germination of native species for camel rangeland restoration: Effects of cold stratification and temperature. *Botany Letters*, 170(2), 303–317. <https://doi.org/10.1080/23818107.2023.2176356>.
- 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>.
- Moradi, M., Babaei, S., Nosratti, I., & Tahmasebi, I. (2025). Evaluation of the resistance of *Galium aparine* to common herbicides in wheat fields of Western and Southwestern Iran. *Journal of Applied Research in Plant Protection*, 13(4), 373-385.
- Morgenson, G. (2000a). Effects of cold stratification, warm-cold stratification, and acid scarification on seed germination of 3 *Crataegus* species. *Tree Planters*, 49(3), 72–75.
- Morgenson, G. (2000b). *Effects of cold stratification, warm-cold stratification, and acid scarification on seed germination of 3 Crataegus sp.* 49, 72–74.
- Mughal, A.H., & Shoab, R. (2010). Effect of moist stratification (warm, cold & warm+cold) on seed germination parameters of ash (*Fraxinus floribunda* Wallich.) tree. *The Indian Forester*, 136(3), 359–364.
- Munns, R., & Termaat, A. (1986). Whol-plant responses to salinity. *Australian Journal of Plant Physiology*, 13, 143–160.
- Muzychkina, R.A. (2000). Certain Kazakhstan *Galium* sp. *Chemistry of Natural Compounds*, 36, 321–322. <https://doi.org/10.1007/BF02238347>.

- Malik, W.H.V.B. (1988). The biology of Canadian weeds: 86. *Galium aparine* (L.) and *Galium spurium* (L.). *Canadian Journal of Plant Science*, 68(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.4141/cjps88-059>.
- Park, K., Lee, H., Jang, B.K., & Cho, J.S. (2023). Dormancy characteristics of *Euphorbia maculata* (L.) seeds and strategies for their effective germination. *Horticulturae*, 9(9), 1–12. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9090990>.
- Punia, A., Kumari, M., Chouhan, M., Saini, V., & Joshi, R. (2024). Proteomic and metabolomic insights into seed germination of *Ferula assa-foetida*. *Journal of Proteomics*, 105176–105176.
- Royo-Esnal, A., Torra, J., Conesa, J.A., & Recasens, J. (2010). Characterisation of emergence of autumn and spring cohorts of *Galium* spp. in winter cereals. *Weed Research*, 50(6). <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2010.00803.x>.
- Shalimu, D., Sun, J., Baskin, C., Baskin, J., Liu, Y., & Sun, L. (2016). Changes in oxidative patterns during dormancy break by warm and cold stratification in seeds of an edible fruit tree. *AoB Plants*, 8. <https://doi.org/10.1093/aobpla/plw024>.
- Struve, D., Oleksak, B., Kawahara, T., & Kanazashi, A. (1999). Germination of Japanese stewartia seeds: The effects of warm and cold stratification. *Journal of Environmental Horticulture*, 17, 197–202. <https://doi.org/10.24266/0738-2898-17.4.197>.
- Taylor, K. (1999). *Galium aparine* (L.). *Journal of Ecology*, 87(4), 713–730. <http://www.jstor.org/stable/2648513>.
- Wang, H., Zhang, B., Dong, L., & Lou, Y. (2016). Seed germination ecology of catchweed bedstraw (*Galium aparine*). *Weed Science*, 64(4), 634–641. <https://doi.org/10.1614/ws-d-15-00129.1>.
- Yang, L., Hu, H., Zhang, S., Wang, D., Ren, Y., Fu, M., & Xin, Y. (2024). Response of endogenous hormones in radix glehniae seeds to stratification and their relationship with seed germination. *Research Square*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3981418/v1>.
- Yang, Q.X., Chen, D., Zhao, Y., Zhang, X.Y., Zhao, M., Peng, R., Sun, N.X., Baldwin, T.C., Yang, S.C., & Liang, Y.L. (2022). RNA-seq analysis reveals key genes associated with seed germination of *Fritillaria taipaiensis* P.Y.Li by cold stratification. *Frontiers in Plant Science*, 13(September), 1–15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1021572>.
- Yuan, J., Yan, Q., Xie, J., Wang, J., & Zhang, T. (2023). Effects of warming on seed germination of woody species in temperate secondary forests. *Plant Biology*, 25(4), 579–592.
- Zhou, X.H., & He, W.M. (2020). Climate warming facilitates seed germination in native but not invasive *Solidago canadensis* populations. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 8, 1–8. <https://doi.org/10.3389/fevo.2020.595214>.