

پاسخ خصوصیات جوانه زنی جمعیت‌های مختلف علف هرز شیر پنیر (*Galium tricornutum*) 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.

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

۳. گروه تولید و ژنتیک گیاهی، پردیس دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

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

چکیده

علف هرز شیرپنیر (*Galium tricornutum*) از جمله علف‌های هرز خسارت‌زای مزارع گندم در اقصی نقاط جهان است. این گیاه از طریق بذر تکثیر می‌شود که بذور آن نیز دارای خواب است و ثابت شده است که میزان خواب در اکوتیپ‌های مختلف، متفاوت است. از جمله روش‌های رفع خواب بذر، استراتیفیکاسیون است. در این پژوهش، سطوح مختلف استراتیفیکاسیون سرد و گرم-سرد بر توده‌های مختلف بذر جمع‌آوری شده از استان‌های آذربایجان غربی، کردستان، کرمانشاه و ایلام آزمایش شد. این مطالعه در سال ۱۴۰۲ در آزمایشگاه علوم علف‌های هرز دانشگاه کردستان به صورت فاکتوریل و در قالب بلوک کامل تصادفی در ۳ تکرار انجام گرفت. درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، شاخص جوانه‌زنی و میانگین زمان جوانه‌زنی محاسبه شد. بالاترین درصد جوانه‌زنی (۸۳ درصد)، سرعت جوانه‌زنی (۲۰/۲۳)، شاخص جوانه‌زنی (۹/۳۸) در جمعیت گزنه با استراتیفیکاسیون گرم-سرد (۳ دقیقه دمای ۸۰ درجه سانتیگراد و ۷۲ ساعت دمای ۴ درجه سانتیگراد مشاهده شد کمترین میزان هریک از موارد مورد محاسبه (۰) نیز در تیمار شاهد جمعیت نجف‌آباد مشاهده شد. اگرچه هر دو منطقه در استان کردستان واقع شده است اما از ارتفاع از سطح دریا و میانگین دمای سال زراعی و میانگین بارندگی سال زراعی متفاوتی برخوردار بودند. با مقایسه سایر جمعیت‌های مورد بررسی در این مقاله می‌توان به تاثیر همزمان دما و بارندگی در تاثیر استراتیفیکاسیون بر جمعیت موردنظر پی برد. اگرچه تیمارهای موردنظر در مناطقی که بارندگی بیشتر و دمای بالاتری داشتند، بیشترین تاثیر را به همراه داشت باشد اما چون مناطق نمونه‌برداری نزدیک به هم بوده نمی‌توان طی این پژوهش به نتیجه قطعی رسید و نیازمند بررسی‌ها و نمونه‌برداری‌های بیشتری است. به طور کلی تمامی تیمارها سبب افزایش شاخص‌های جوانه‌زنی شد اما تیمارهای تناوب دمایی به ویژه ۳ دقیقه ۸۰ درجه سانتیگراد و بلافاصله ۴ درجه به مدت 48 ساعت بیشترین تاثیر را در درصد جوانه‌زنی (۴۲/۲۷ درصد) کمترین آن مربوط به تیمار شاهد ۶/۳۲ درصد بود. کلمات کلیدی: استراتیفیکاسیون، شاخص‌های جوانه‌زنی، اکوتیپ

مقدمه

علف هرز شیرپنیر با نام علمی (*Galium tricornutum*) که در ایران با نام بی‌تی‌راخ نیز شناخته می‌شود، علف هرزی از تیره روناس (Rubiaceae) است که به‌وسیله بذر تکثیر می‌شود (N. Malik, 1988). ارتفاع آن تا یک متر هم می‌رسد. ساقه‌ها باریک، منشعب، زیر، چسناک و بالا رونده هستند. میوه شیرپنیر، نوعی اسکیزوکارب با دو کپسول در هر گل است که دو مریکارپ کروی را تشکیل می‌دهد. میوه‌ها خاکستری یا قهوه‌ای متمایل به خاکستری و کروی شکل و طول آن‌ها ۲-۴ میلی‌متر است که با پوسته سخت پوشیده شده‌اند (CABI, 2022; Froud-Williams RJ, 1985; Abdel Khalik et al., 2008 a,b). بذورهای 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 بذره‌های شیرپنیر دارای خواب اولیه می‌باشند که ممکن است دمای پایین زمستان و رطوبت مطلوب در بهار منجر به رفع خواب و جوانه‌زنی گردد (Royo-Esnaola 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 ارائه‌ی شیوه‌های مؤثر در کشاورزی ضروری است. از طرفی وجود خواب در بذرها، 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 علف هرز شناخته شده است اما با وجود دارا بودن ترکیبات دارویی خاص از جمله استروئیدها، کومارین‌ها، ایریدوئیدها، ساپونین‌ها، ویتامین‌ها، اسیدهای فرمیک و اسکوربیک، آکالوئیدها، در برخی مناطق مانند اوکراین کشت می‌شود (Muzychukina, 2000) بنابراین با وجود آگاهی از نحوه شکستن خواب بذر این گیاه، کشت می‌تواند به صورت گلخانه‌ای نیز انجام گیرد 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 بهتری جهت بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی خواهد داشت. از این‌رو هدف از انجام این مطالعه یافتن روشی کم هزینه و در عین حال سریع و قابل اعتماد جهت رفع خواب بذر شیرپنیر می‌باشد.

پیشینه پژوهش

خواب بذر عبارت است از عدم موفقیت کوتاه مدت یک بذر در تکمیل جوانه‌زنی تحت شرایط مطلوب، که امکان گسترش و پراکنده شدن بذرها 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 پوشش دهنده جنین می‌باشند که سبب عدم توانایی در جوانه زنی می‌شوند. استراتیفیکاسیون گرم و سرد فرآیندهای حیاتی در جوانه‌زنی بذر هستند که بر زنده ماندن و زمان جوانه زدن تاثیر می‌گذارند. استراتیفیکاسیون گرم به طور 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 جوانه زنی اولیه در گونه‌های خاص تاکید می‌کنند (Mughal & Shoaib, 2010) این روش، به ویژه برای بذرهایی که نیاز به یک دوره گرما برای شکستن خواب دارند موثر است. به عنوان مثال، گونه‌های خاصی در معرض شرایط گرم 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 جوانه زدن ضروری است. استراتیفیکاسیون سرد فرایند حیاتی است که جوانه‌زنی بذر را با تقلید از شرایط طبیعی زمستان افزایش می‌دهد، که بسیاری از بذرها برای رفع خواب به آن نیاز دارند. تحقیقات نشان می‌دهد که استراتیفیکاسیون سرد می‌تواند به طور قابل توجهی میزان جوانه‌زنی و قدرت گیاهچه را در گونه‌های مختلف بهبود بخشد. مورگنسون تأکید می‌کند که این فرایند می‌تواند میزان جوانه‌زنی را برای گونه‌های سازگار با آب و هوای معتدل به طور قابل توجهی بهبود بخشد (Morgenson, 2000a). وانگ چیانگ 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 نشان دهنده نیاز به رویکردهای متناسب در مدیریت بذر است (Struve et al., 1999).

روش‌شناسی پژوهش

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار در سال ۱۴۰۱ در آزمایشگاه علوم علف‌هرز دانشگاه کردستان جهت ارزیابی اثر استراتیفیکاسیون (چینه سرمایی) بر شاخص‌های جوانه‌زنی جمعیت‌های مختلف شیرپنیر انجام گرفت. ابتدا بذور این علف هرز از مزارعی در غرب و شمال غرب ایران به عنوان عامل اول به شرح زیر جمع‌آوری شدند:

بذر ها به روش "W" از مزارع گندم استان های آذربایجان غربی (نازلو، حیدرلو و سیلوانه)، کردستان (گزنه، سو، کامیاران، سارال، نجف آباد، ظفرآباد)، کرمانشاه (کوزران، روانسر، گیلانغرب، کرمانشاه) و ایلام (آبدانان، ششدار، ایلام، چوار، سرابه، ایوان)، مطابق جدول ۱، در اردیبهشت و خرداد سال ۱۴۰۰ توسط پژوهشگر جمع آوری شد و سپس تا شروع مرحله بعدی داخل پاکت کاغذی و در دمای ۴ درجه بدون رطوبت نگهداری شدند. در طی غربالگری اولیه وجود خواب در تمامی نمونه ها تایید شد. همچنین حداقل و حداکثر زمان لازم برای استراتیفیکاسیون مشخص گردید. در مرحله بعد، پس از ضد عفونی کردن بذور با استفاده از هیپوکلریت سدیم ۵ درصد به مدت ۱۰ دقیقه و ۳ بار آبشویی جهت پاک شدن کامل بذر از محلول، سرمادهی به شرح زیر اعمال شد:

جهت اعمال سرمادهی در استراتیفیکاسیون سرد، بذور استریل شده را به تفکیک مناطق جمع آوری، داخل یورین باتل قرار داده و در ژرمیناتور با دمای ۴ درجه سانتیگراد قرار گرفت. تیمارهای استراتیفیکاسیون سرد شامل مدت زمان های ۷۲، ۴۸، ۲۴ ساعت بود. پس از مدت زمان های ذکر شده، یورین باتل ها از دستگاه خارج و تعداد ۲۵ بذر به تفکیک منطقه ی جمع آوری و تیمار زمان سرمادهی، به پتری دیش حاوی کاغذ صافی واتمن منتقل و تا ۱۴ روز آبیاری به صورت روزانه تعداد بذور جوانه زده 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 ۳ دقیقه (در صورت سرد بودن محیط استفاده از هیتر جهت ممانعت از تغییر دمای سریع آب الزامی است) استفاده شد.

پس از جمع آوری داده ها با استفاده از معادلات زیر درصد جوانه زنی، سرعت جوانه زنی، شاخص جوانه زنی و میانگین زمان جوانه زنی محاسبه شد.

$$GP = \frac{n}{N} \times 100 \quad \text{رابطه (۱): (Maguire, 1962)}$$

GP = درصد جوانه زنی، n = تعداد بذور جوانه زده، N = تعداد کل بذور

$$GR = \frac{x_1}{t_1} + \frac{x_1 + x_2}{t_2} + \dots + \frac{x_{n-1} + x_n}{t_n} \quad \text{رابطه (۲): (Maguire, 1962)}$$

GR = سرعت جوانه زنی، x_1 = تعداد بذرهای جوانه زده در اولین شمارش، t_1 = تعداد روزها از زمان شروع آزمایش تا اولین شمارش

$$GI = \sum \left(\frac{x_i}{y_i} \right) \quad \text{رابطه (۳): (AOSOA, 1983)}$$

GI = شاخص جوانه زنی، n_i = تعداد بذرهای جوانه زده در روز i ام پس از شروع آزمایش،

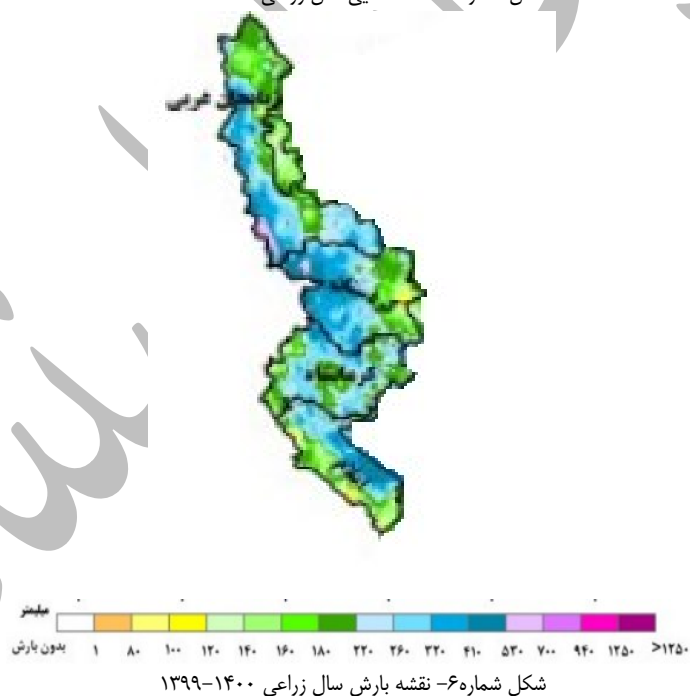
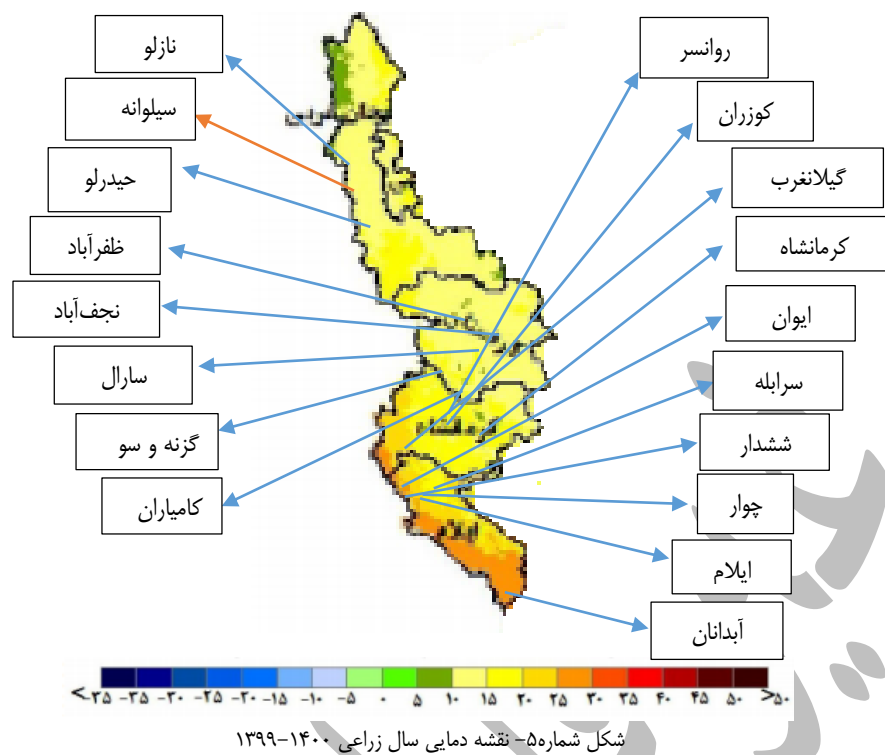
$$MGT = \frac{\sum (n_i \cdot t_i)}{\sum n} \quad \text{رابطه (۴): (Munns \& Termaat, 1986)}$$

MGT = میانگین زمان جوانه زنی
تجزیه واریانس داده ها با استفاده از نرم افزار SAS انجام و مقایسه میانگین ها از طریق آزمون LSD در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ انجام گردید. نمودار ها نیز در فضای نرم افزار EXCEL رسم شد.

استان	منطقه جمع آوری بذور	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا
آذربایجان غربی	نازلو	۵۸° ۰۹' شرقی	۳۷° ۴۰' ۴۶" شمالی	۱۳۵۷
	سیلوانه	۵۱° ۲۳' شرقی	۳۷° ۲۴' ۵۸" شمالی	۱۶۳۲
	حیدرلو	۵۰° ۲۸' شرقی	۳۷° ۲۸' ۳۲" شمالی	۱۵۸۴
	گزنه	۵۶° ۴۷' شرقی	۳۵° ۱۰' ۲۵" شمالی	۱۳۷۰
کردستان	سو	۵۴° ۲۹' شرقی	۳۵° ۰۹' ۳۵" شمالی	۱۴۳۸
	کامیاران	۵۳° ۲۳' شرقی	۳۴° ۴۹' ۰۷" شمالی	۱۴۷۶

۱۷۷۱	۳۵° ۴۸' ۵۱"	۴۷° ۰۳' ۳۰"	سارال	کرمانشاه
۲۰۹۱	۳۶° ۰۱' ۳۴"	۴۶° ۵۸' ۲۰"	ظفرآباد	
۱۸۵۰	۳۵° ۴۷' ۴۷"	۴۷° ۱۴' ۰۸"	نجفآباد	
۱۳۵۰	۳۴° ۳۰' ۱۴"	۴۶° ۳۶' ۱۲"	کوزران	
۱۳۸۳	۳۴° ۴۲' ۰۳"	۴۶° ۳۸' ۱۲"	روانسر	ایلام
۱۳۰۲	۳۴° ۳۷' ۳۸"	۴۷° ۰۰' ۵۸"	کرمانشاه	
۷۶۵	۳۴° ۱۰' ۰۱"	۴۵° ۵۳' ۳۲"	گیلانغرب	
۱۰۷۱	۳۳° ۴۰' ۲۵"	۴۶° ۱۸' ۰۸"	ششدار	
۸۱۱	۳۳° ۵۷' ۰۴"	۴۷° ۲۷' ۱۱"	آبدانان	ایلام
۱۰۲۶	۳۳° ۴۱' ۵۷"	۴۶° ۱۷' ۳۲"	چوار	
۱۲۷۸	۳۳° ۳۷' ۴۸"	۴۶° ۲۰' ۵۲"	ایلام	
۱۹۱۳	۳۳° ۳۵' ۱۴"	۴۶° ۳۵' ۲۳"	سرابله	
۱۱۴۴	۳۳° ۵۰' ۲۵"	۴۶° ۱۷' ۱۲"	ایوان	

موقعیت جغرافیایی مناطق جمع‌آوری بذور



یافته‌ها

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تاثیر استراتیغیکاسیون 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). درصد جوانه‌زنی: بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی مربوط به تیمارهای ۳ دقیقه تحت دمای ۸۰ درجه و بلافاصله ۴ درجه به مدت ۷۲ ساعت، در توده‌های گزنه از کردستان (۸۳٪) و آبدانان از ایلام (۷۷٪) بود. گزنه اگرچه جزو نقاط مرتفع در میان مناطق مورد بررسی

بود اما از مناطق پرباران نیز بود و آبدانان نیز جزو نقاط کم ارتفاع همراه با دما و میزان بارندگی بالا بود اما ارتفاع آن به نسبت 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 ۱۴۰۰-۱۳۹۹ و همچنین از نقاط سردسیر استان است (نمودار ۱).

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) به ترتیب بیشترین تأثیر را داشت. اگرچه ارتفاع گزنه با ارتفاع گیلانغرب و آبدانان متفاوت است اما هر ۳ منطقه نسبت به سایر مناطق مورد بررسی دارای میانگین بارندگی (۳۲۰-۵۳۰ میلیمتر) و دمای (۱۵-۳۰) بالاتری بودند (جدول ۱، شکل ۵ و ۶). کمترین درصد جوانه‌زنی در توده‌های کوزران (۹ درصد) و نجف‌آباد (۱۱/۷۱) مشاهده شد که کمترین میانگین بارندگی (۲۲۰-۱۶۰ میلیمتر) و میانگین دمای (۱۵-۱۰ درجه سانتیگراد) را داشتند. توده‌های کامیاران، ظفرآباد و ایوان، اختلاف معنی‌داری باهم نداشتند این در حالیست 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 ۲و۱).

سرعت جوانه‌زنی: محاسبه سرعت جوانه‌زنی و تجزیه واریانس آن، تفاوت معنی‌دار را در سطح احتمال ۱ درصد در میان توده‌های مختلف بذر تحت تیمارهای استراتیفیکاسیون نشان داد (شکل ۲). 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 ۲). در میان سطوح استراتیفیکاسیون، بیشترین سرعت جوانه‌زنی مربوط به تناوب دمایی ۴۸ ساعت (۹/۷۳) و ۷۲ ساعت (۹/۶۷) بود و کمترین سرعت جوانه‌زنی نیز به شاهد (۰) مربوط بود.

جدول ۲- تجزیه واریانس شاخص‌های جوانه‌زنی توده‌های مختلف بذر شیرپنیر تحت شرایط استراتیفیکاسیون

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**
استراتیفیکاسیون	۶	۵۳۲۸/۴۴۵۵**	۱۲۳/۲۳۶۹**	۵۵۷/۵۰۶**	۱۰۷۳۱/۳۶**
منطقه جمع‌آوری × استراتیفیکاسیون	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

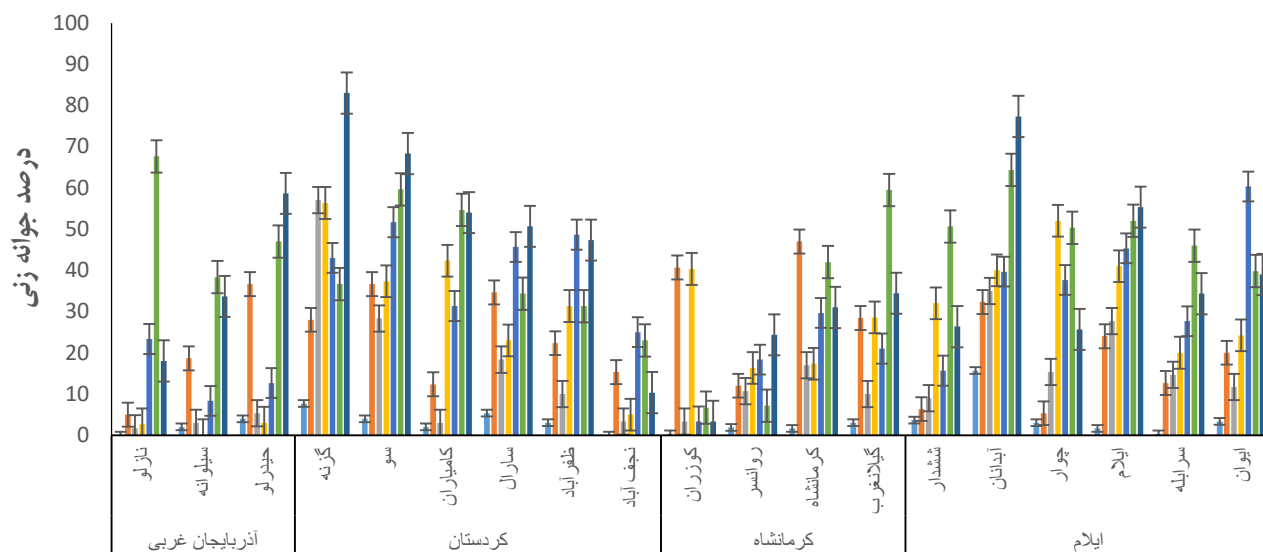
^۱ Germination Percentage .

^۲ Germination Index .

^۳ Germination Rate .

^۴ Mean Germination Time .

critical value of t: 2.5891

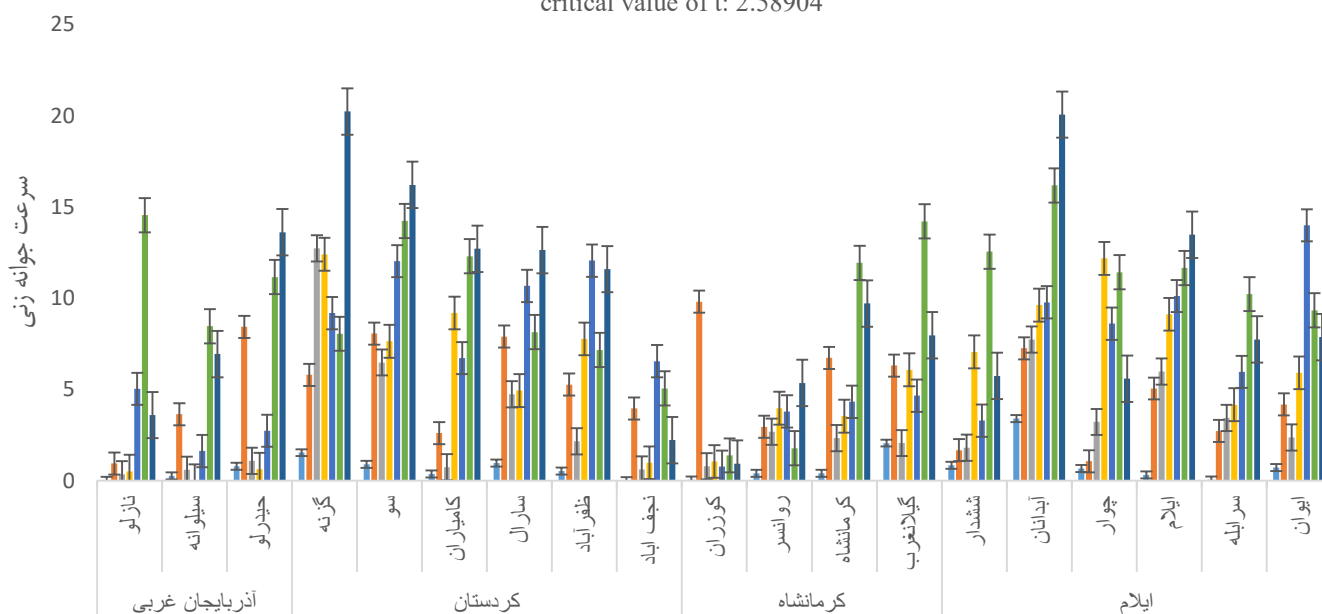


جمعیت بذر

■ control ■ 24h(4°C) ■ 48h(4°C) ■ 72h(4°C) ■ 3min(80°C) , 24h(4°C) ■ 3min(80°C) , 48h(4°C) ■ 3min(80°C) , 72h(4°C)

شکل ۱- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف استراتیفیکاسیون و جمعیت‌های مختلف بذور بر درصد جوانه‌زنی بذر شیرپنیر

critical value of t: 2.58904



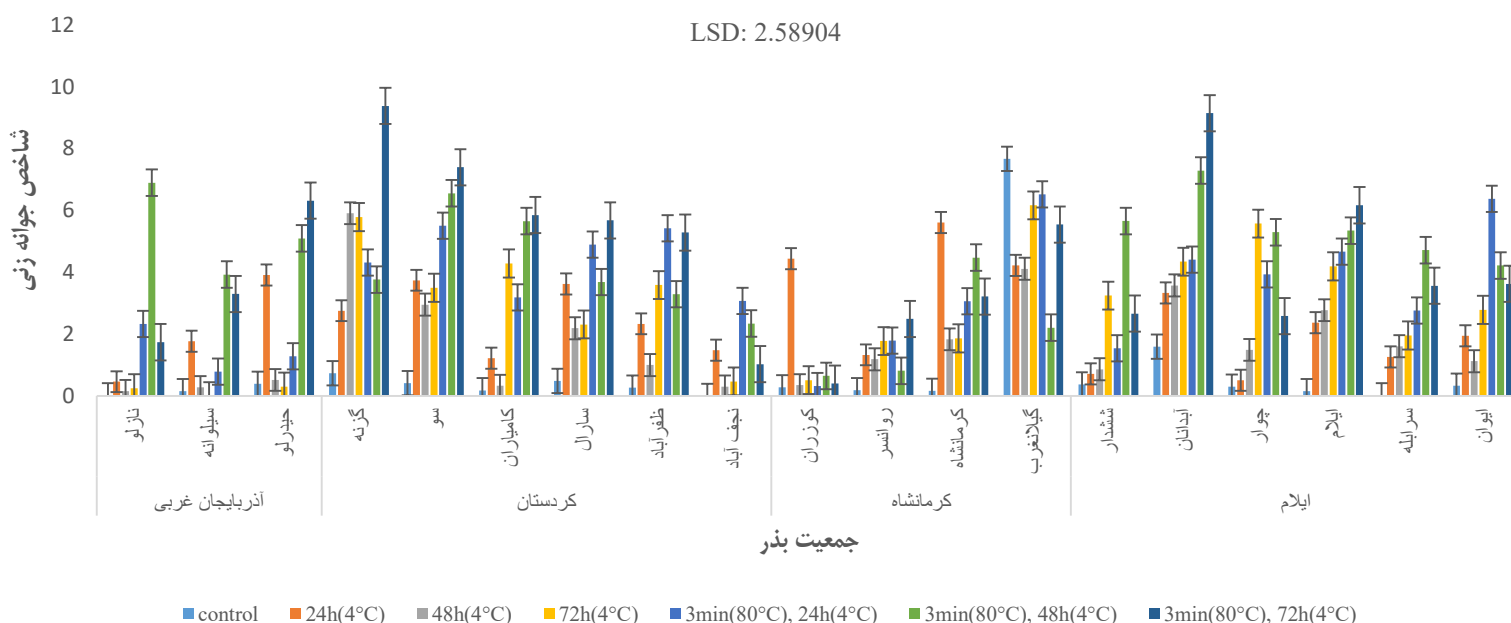
توده های بذر

■ control ■ 24h(4°C) ■ 48h(4°C) ■ 72h(4°C) ■ 3min(80°C) , 24h(4°C) ■ 3min(80°C) , 48h(4°C) ■ 3min(80°C) , 72h(4°C)

شکل ۲- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف استراتیفیکاسیون و محل جمع‌آوری بذور بر سرعت جوانه‌زنی بذر شیرپنیر

شاخص جوانه‌زنی: تجزیه واریانس شاخص جوانه‌زنی در سطح احتمال ۱٪ در میان توده‌های بذری تحت تیمار استراتیفیکاسیون تفاوت معنی‌داری نشان داد (جدول ۲). بالاترین میزان شاخص جوانه‌زنی به ترتیب 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 ۳).

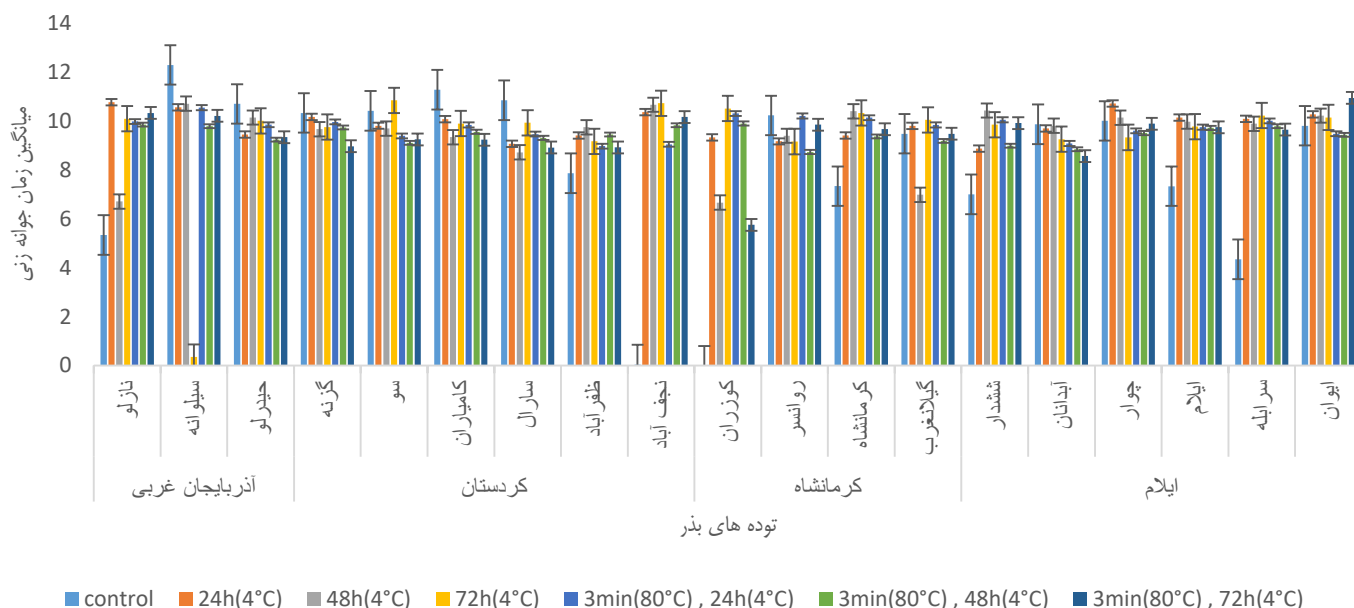
میانگین زمان جوانه‌زنی: تجزیه واریانس میانگین زمان جوانه‌زنی در سطح احتمال ۱ درصد در میان تیمارهای استراتیفیکاسیون معنی‌دار بود (جدول ۲) و بالاترین آن مربوط به تیمار شاهد در توده سیلوانه (۱۲/۸۶) و کمترین میزان نیز در تیمار ۷۲ ساعت سرمادهی توده سیلوانه (۰/۰۳) و همچنین تیمار شاهد نجف‌آباد (۰/۰۴) بود (شکل ۴).



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف استراتیفیکاسیون و جمعیت‌های مختلف بذر بر سرعت جوانه‌زنی بذر شیرپنیر

این تحقیق نتیجه مشابهی با بسیاری تحقیقات در رابطه با تاثیر استراتیفیکاسیون بر جوانه‌زنی بذور داشت؛ برای مثال پانیا و همکاران دریافتند که بذور تحت استراتیفیکاسیون سرد درصد جوانه‌زنی بالاتری نسبت به آن‌هایی که تیمار نشده‌اند نشان می‌دهند، همچنین نشان داد که این روش به طور موثر بذرها را برای شرایط رشد بهینه آماده می‌کند (Punia et al., 2024). به همین ترتیب، مارفوا و همکارانش تاکید کردند که استراتیفیکاسیون سرد نه تنها میزان جوانه‌زنی را افزایش می‌دهد بلکه بر زمان جوانه‌زنی نیز تاثیر می‌گذارد (Marfoua et al., 2023). علاوه بر این، همانطور که در این آزمایش در میان زمان‌های استراتیفیکاسیون و دمای اعمال شده تفاوت معنی‌دار مشاهده شد، ون گالن و همکاران نشان دادند که بسته به گونه‌ی بذر، مدت زمان و دمای استراتیفیکاسیون نقش مهمی در تعیین موفقیت جوانه‌زنی ایفا می‌کند (Galen et al., 2023). به طور کلی، استراتیفیکاسیون سرد یک روش ارزشمند در جوانه‌زنی بذر است، اما اثربخشی آن بستگی به پارامترهای دقیق محیطی دارد.

critical value of t: 2.58907



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف استراتیفیکاسیون و محل جمع‌آوری بذور بر میانگین زمان جوانه‌زنی بذر شیرینیر

بحث

با توجه به نتایج حاصل از مشاهدات، تمامی تیمارها، استراتیفیکاسیون سرد و تناوب دمایی گرم - سرد، هر دو سبب افزایش شاخص - های جوانه‌زنی نسبت به شاهد شدند. هر چند میزان این افزایش در توده‌های مختلف، متفاوت بود. این مقدار به ترتیب از بیشترین به کمترین در توده‌های گیلانغرب، گزنه، آبدانان، سو ۴۰-۵۰ درصد، ایلان و سارال ۳۰-۴۰ درصد، ایوان، کامیاران، ظفرآباد، چوار، کرمانشاه، حیدرلو، سرابله و ششدار ۲۰-۳۰ درصد، نازلو و نجف‌آباد ۱۰-۲۰ درصد و کوزران ۹ درصد بود. در پژوهشی در رابطه با جوانه - زنی *Galium tricornutum* نتایج مشابهی به دست 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، در حالی که 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 ۷) که با نتایج برخی پژوهشگران مطابقت داشت. برای مثال مورگنسون ثابت کرد برای جوانه‌زنی *Crataegus mollisscheele* و *C. chrysocarpa* 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 ۱ 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).

ثابت شده است که فرآیند جوانه زنی به دما حساس است، با شرایط بهینه حدود ۱۰ درجه سانتیگراد، و تحت تأثیر پتانسیل آب قرار می‌گیرد، جایی که *G. aparine* انعطاف پذیری در برابر کاهش سطح رطوبت را نشان می‌دهد (Anna, 2000; Wang et al., 2016). علاوه بر این، دانه‌های خفته سرعت تنفسی بالاتری نسبت به دانه‌های غیر خفته نشان می‌دهند، که نشان دهنده تغییرات متابولیک در هنگام شکستن خواب است (HILTON & THOMAS, 1987). به طور کلی، تعامل دما و رطوبت به طور 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 تأثیرگذار بر جوانه‌زنی بذور بسیاری از گونه‌هاست 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 جیبرلیک اسید، اکسین و آبسیزیک اسید سبب افزایش جوانه‌زنی شد (Q. X. Yang et al., 2022). شاید دلیل تأثیر 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 بذور *Radix Glehniae* سبب کاهش آبسیزیک اسید و افزایش اتیلن و جیبرلیک اسید شده که در نهایت تحریک جوانه‌زنی را به دنبال داشت (L. Yang et al., 2024).

در حالی که استراتیفیکاسیون گرم به طور کلی باعث جوانه‌زنی می‌شود، محدوده دما خاص برای به حداکثر 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 به طور بالقوه منجر به کاهش میزان جوانه‌زنی یا زنده مانی بذر شود (Zhou & He, 2020).

نتیجه‌گیری

با توجه به مشاهدات، استراتیفیکاسیون در شکستن خواب این گونه تأثیر 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 ۳ 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 تأثیرگذاری 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 در شکست خواب بذر شیرپنیر با استفاده از روش استراتیفیکاسیون نداشته است. توده‌ی کوزران، کمترین افزایش جوانه‌زنی (۹ 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 بازه‌ی دمایی ۱۵-۱۰ درجه سانتیگراد (جزو مناطق سردسیر)، و بارندگی در بازه‌ی ۲۲۰-۱۸۰ میلی‌متر (بارندگی کم نسبت به سایر مناطق) قرار داد. با توجه به این نتایج می‌توان گفت دما و بارندگی مطلوب منطقه جمع‌آوری بذر بر میزان تأثیرگذاری 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 نتیجه‌گیری 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 روبرو هستیم بنابراین آگاهی از زمانبندی مناسب جهت کنترل این گونه‌ی گیاهی بدون روش‌های شیمیایی لازم و ضروری است (Boinot et al., 2024). سرمادهی به طور کلی سبب افزایش جوانه‌زنی این گونه شد لذا زمانبندی مناسب برای کنترل این گونه‌ی گیاهی، اوایل فصل بهار است چراکه در فصل پاییز و زمستان سرمادهی طبیعی انجام گرفته و در فصل بهار با دریافت رطوبت، جوانه‌زنی رخ

خواهد داد. با تحریک جوانه‌زنی بذرها با استفاده از روش‌های مبارزه با علف‌های هرز می‌توان بذرهای شیرپنیر تازه جوانه زده را قبل از رقابت با گیاه زراعی را با روش‌هایی که هزینه از جمله شخم سطحی از مزرعه حذف کرد میزان موفقیت این زمانبندی به دلیل تاثیرپذیری متفاوت بذور مربوط به هر منطقه نسبت به سرمادهی، متفاوت خواهد بود اما در رابطه با تمامی مناطق مورد بررسی تاثیر مثبت خواهد داشت.

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

سپاسگزاری

از جناب آقایان مهندس فرخ عبودی و علی کریمی بابت همراهی و همکاری در جمع‌آوری نمونه‌های بذر سپاسگزاری می‌گردد. منابع بر اساس فرمت و یکسان سازی

منابع

- Abdel Kalik, K., Abd Elghani, M., El Kordi, A. (2008 b). Anatomical Findings of the Genus Galium L. (*Rubiaceae*) in Egypt and Their Systematic Implications, *Turk J Bot.* 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 - WEED SCI*, 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 RJ. (1985). The biology of cleavers (*Galium aparine*). *Aspects of Applied Biology*, 9, 189–195.
- Galen, L. G. van, Lord, J. M., Orlovich, D. A., & J., M. (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 - J EXP BOT*, 38, 1484–1490. <https://doi.org/10.1093/jxb/38.9.1484>
- Just, M., Cross, A. T., Lewandowski, 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. (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 neglcta*). *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 species*. 49, 72–74.
- Mughal, A. H., & Shoaib, 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. *Austral J Plant Physiology*, 13, 143–160.
- Muzychkina, R. A. (2000). Certain Kazakhstan Galium Species. I. *Chemistry of Natural Compounds - CHEM NAT COMPD*, 36, 321–322. <https://doi.org/10.1007/BF02238347>
- N. 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(November), 1–8. <https://doi.org/10.3389/fevo.2020.595214>

Investigating seed dormancy and germination strategies in cleavers (*Galium aparine*) from western Iran. عنوان

Abstract

Galium tricornutum, commonly known as "Cleavers," is one of the most damaging weeds in wheat fields worldwide. This plant propagates through seeds, which are known to exhibit dormancy. Research has shown that dormancy levels vary among different ecotypes. One of the methods used to break seed dormancy is stratification. In this study, various cold and warm-cold stratification treatments were tested on different seed populations collected from the provinces of West Azerbaijan, Kurdistan, Kermanshah, and Ilam. The experiment was conducted in 2023 at the Weed Science Laboratory of the University of Kurdistan using a factorial design within a completely randomized block with three replications. The germination percentage, germination rate, germination index, and mean germination time were calculated. The highest germination percentage (83%), germination rate (23.20), and germination index (9.38) were observed in the Nettle population under warm-cold stratification (3 minutes at 80°C, followed by 72 hours at 4°C). The lowest values for all measured traits (0%) were recorded in the control treatment for the Najafabad population. Although both populations are from Kurdistan Province, they differ in altitude, average temperature during the growing season, and annual rainfall. By comparing the other populations examined in this study, the simultaneous effect of temperature and precipitation on the impact of stratification can be understood. Although stratification treatments showed greater effectiveness in areas with higher rainfall and temperature, the proximity of sampling locations limits definitive conclusions, indicating the need for further studies and additional sampling. Overall, all treatments led to an increase in germination indices, but the temperature alternation treatment—particularly 3 minutes at 80°C followed by 48 hours at 4°C—had the greatest impact on germination percentage (42.27%), while the lowest germination percentage (6.32%) was recorded in the control treatment.

Keyword: cold stratification, hot-cold stratification, germination indices, ecotype