Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Wood and Forest Science and Technology

Print ISSN: 2322-2077
Online ISSN: 2322-2786

Effect of pretreatment of cold stratification on seed germination characteristics and early growth of Small-fruited cherry seedlings

Younes Rostamikia[*1], Yousef Jahani[2], Maryam Makkizadeh Tafti[3], Somayeh Fekri Qomi[4], Behnam Hamzeh[5]

1. Corresponding Author, Assistant Prof., Forests and Rangelands Research Department, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ardabil, I.R. Iran. E-mail: younesrostamikia@gmail.com
2. Ph.D., Ardabil Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ardabil, I.R. Iran. E-mail: yousef_jahani2010@yahoo.com
3. Assistant Prof., Medicinal Plants and By-Products Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. E-mail: marytafti@yahoo.com
4. Ph.D., Medicinal Plants and By-Products Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. E-mail: s.fekri_q@yahoo.com
5. Associate Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. E-mail: bhamzeh@yahoo.com

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 08.07.2024
Revised: 10.23.2024
Accepted: 10.23.2024

Keywords:
Cold stratification,
Germination speed,
Seed dormancy,
Seed vigor index,
Small-fruited cherry

ABSTRACT

Background and Objectives: Small-fruited cherry (*Prunus microcarpa* C.A.M.) from the Rosaceae family is a valuable species found in the semi-arid forests of the Irano-Turanian region, playing significant ecological roles in these environments. However, factors such as changes in land use, livestock grazing, fires, and fruit harvesting have led to habitat destruction for this species. Therefore, the restoration of these habitats through afforestation and the efficient production of seedlings is crucial. Given the low germination rate of Small-fruited cherry seeds due to challenging natural germination conditions, this study aimed to explore methods to break seed dormancy and assess the germination characteristics of this species.

Materials and Methods: In late August 2022, mature Small-fruited cherry fruits were collected from 10 healthy shrubs of similar dimensions in Kandrag, located 35 km from Khalkhal city. The seeds, both with and without endocarps, were subjected to cold stratification in moist sand at 5 °C ± 1 for 0, 3, 4, and 5 months in four replicates of 50 seeds each. Following the stratification period, the seeds were transferred to a growth chamber with a relative humidity of 65% and a temperature of 25±1 °C. Seed germination was monitored daily for 60 days, with germinated seeds considered those that emerged from the planting bed (sterilized sand). Germination percentage, rate, early seedling growth, and vigor index were assessed at the end of the experiment, which was structured as a factorial design in a completely randomized design.

Results: Data analysis revealed a significant interaction between cold stratification and the presence of endocarps on all germination traits of Small-fruited cherry seeds at the 1% and 5% significance levels. Seeds without pretreatment of cold stratification did not germinate under natural conditions, with or without endocarps. The germination period lasted 25 days, with seeds lacking endocarps and undergoing five months of cold stratification displaying a quicker germination process. The highest

germination percentage (50.50%), germination speed (1.58 n/d), root length (2.85 cm), stem length (3.54 cm), and vigor index (324.3) were observed in seeds without endocarps subjected to five months of stratification. Seeds with endocarps and a five-month cold period also exhibited acceptable germination percentages (38%) and vigor index (241.5).

Conclusion: Overall, with an extended stratification period, all investigated traits improved for seeds both with and without endocarps. While seeds without endocarps displayed superior germination traits, the time-consuming and costly process of endocarp removal suggests using seeds with endocarps and a five-month cold stratification treatment for efficient seedling mass production in nursery settings.

Cite this article: Rostamikia, Younes, Jahani, Yousef, Mackizadeh Tafti, Maryam, Fekri Qomi, Somayeh, Hamzeh, Behnam. 2024. Effect of pretreatment of cold stratification on seed germination characteristics and early growth of Small-fruited cherry seedlings. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 31 (2), 131-147.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/JWFST.2024.22691.2071
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل

شاپا چاپی: ۲۳۲۲-۲۰۷۷
شاپا آنلاین: ۲۳۲۲-۲۷۸۶

اثر پیش‌تیمار لایه‌گذاری سرد بر صفات جوانه‌زنی بذر و رشد اولیه نونهال‌های راناس

یونس رستمی‌کیا*[۱]، یوسف جهانی[۲]، مریم مکی‌زاده تفتی[۳]، سمیه فکری قمی[۴]، بهنام حمزه[۵]

۱. نویسنده مسئول، استادیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل، ایران. رایانامه: younesrostamikia@gmail.com

۲. دکتری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل، ایران. رایانامه: yousef_jahani2010@yahoo.com

۳. استادیار پژوهش، بخش تحقیقات گیاهان دارویی و محصولات فرعی، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. رایانامه: marytafti@yahoo.com

۴. دکتری، بخش تحقیقات گیاهان دارویی و محصولات فرعی، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. رایانامه: s.fekri_q@yahoo.com

۵. دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات گیاه‌شناسی، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. رایانامه: bhamzeh@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۱۷
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۰۸/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۰۲

واژه‌های کلیدی:
خواب بذر،
راناس،
سرعت جوانه‌زنی،
شاخص بنیه بذر

چکیده

سابقه و هدف: راناس (*Prunus microcarpa* C.A.M.) از خانواده Rosaceae جزء گونه‌های ارزشمند جنگل‌های نیمه‌خشک ناحیه ایرانو- تورانی بوده و کارکردهای اکولوژیکی فراوانی در این مناطق دارد. در دهه‌های اخیر تبدیل کاربری، چرای دام، آتش‌سوزی و برداشت میوه آن موجب تخریب رویشگاه‌های این گونه شده است؛ بنابراین، برای احیاء رویشگاه‌های این گونه از طریق جنگل‌کاری و تولید بهینه نهال آن از اهمیت زیادی برخوردار است. ازآن‌جایی‌که بذر راناس، به دلیل دشوار بودن شرایط جوانه‌زنی در طبیعت، نرخ جوانه‌زنی اندکی دارد، این پژوهش، با هدف بررسی راه‌های شکست خواب بذر و تعیین صفات جوانه‌زنی بذر این گونه انجام شد.

مواد و روش‌ها: اواخر مردادماه ۱۴۰۱، میوه‌های رسیده راناس از ۱۰ درختچه سالم با ویژگی‌های یکسان از نظر قطر و ارتفاع واقع در رویشگاه کندرق، ۳۵ کیلومتری شهرستان خلخال، جمع‌آوری شدند. سپس بذرهای با پوسته و بدون پوسته در ماسه مرطوب و در یخچال (دمای ۱ ± ۵ درجه سانتی‌گراد) به مدت ۰، ۳، ۴ و ۵ ماه در چهار تکرار ۵۰ تایی در شرایط پیش تیمار لایه‌گذاری سرد واقع شدند. بعد از اتمام مدت لایه‌گذاری سرد، بذرها در اتاقک

رشد با رطوبت نسبی ۶۵ درصد و دمای ۱±۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. شمارش جوانه‌زنی بذرها در اتاقک رشد به‌صورت روزانه و در طی مدت ۶۰ روز ثبت شد. بذرهایی که جوانه‌زده و از بستر کاشت (ماسه استریل شده) بیرون آمدند، به‌عنوان بذر جوانه‌زده محسوب شدند. در پایان دوره آزمایش، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، رشد اولیه نونهال‌ها و شاخص بنیه تعیین شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که اثر متقابل پیش تیمار لایه‌گذاری سرد × پوسته بر همه صفات جوانه‌زنی بذرهای راناس در سطح یک درصد و پنج درصد معنی‌دار است. در شرایط طبیعی (بدون پیش‌تیمار سرمادهی)، بذرها در دو حالت با پوسته و بدون پوسته اساساً جوانه‌زنی نداشتند. طول دوره جوانه‌زنی ۲۵ روز طول کشید و تیمار بذرهای بدون پوسته با سرمادهی پنج‌ماهه، روند جوانه‌زنی سریع‌تری در مقایسه با سایر تیمارها داشتند. بیش‌ترین جوانه‌زنی (۵۰/۵۰ درصد)، سرعت جوانه‌زنی (۱/۵۸ عدد در روز)، طول ریشه‌چه (۲/۸۵ سانتی‌متر) طول ساقه‌چه (۳/۵۴ سانتی‌متر) و شاخص‌بنیه (۳۲۴/۳) به بذرهای بدون پوسته که پنج ماه سرمادهی شده بودند تعلق داشت. البته بذرهای با پوسته و پیش‌تیمار لایه‌گذاری پنج ماه نیز از درصد جوانه‌زنی (۳۸ درصد) و شاخص‌بنیه (۲۴۱/۵) قابل‌قبولی برخوردار بودند.

نتیجه‌گیری: به‌طورکلی، با افزایش دوره سرمادهی، هم در حالت با پوسته و هم بدون پوسته همه صفات مورد بررسی بذرها افزایش یافت. از یافته‌های این پژوهش می‌توان نتیجه‌گیری کرد اگرچه صفات جوانه‌زنی در بذور بدون پوسته بیش‌تر است، ولی با توجه به وقت‌گیر و هزینه‌بر بودن عملیات حذف پوسته و به عبارتی دشوار بودن اجرای آن در شرایط نهالستان، پیشنهاد می‌گردد برای تولید انبوه نهال، از بذرهای با پوسته و پیش تیمار لایه‌گذاری سرد پنج‌ماهه استفاده شود.

استناد: رستمی‌کیا، یونس، جهانی، یوسف، مکی‌زاده تفتی، مریم، فکری قمی، سمیه، حمزه، بهنام (۱۴۰۳). اثر پیش‌تیمار لایه‌گذاری سرد بر صفات جوانه‌زنی بذر و رشد اولیه نونهال‌های راناس. *نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل*، ۳۱ (۲)، ۱۴۷-۱۳۱.
DOI: 10.22069/JWFST.2024.22691.2071

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

راناس (آلبالو وحشی ریز میوه[1]) با نام علمی *Prunus microcarpa* متعلق به خانواده گل‌سرخیان است (۱). درختچه‌ای است به ارتفاع حداکثر سه متر که یکی از گونه‌های شاخص بوم‌سازگان جنگلی در مناطق نیمه‌خشک کشور محسوب می‌شود (۲). در طب سنتی دارای ارزش فراوان است؛ از جمله این‌که، میوه‌های قرمز و نارنجی و خوش‌طعم آن‌که در خرداد ماه برداشت می‌شود به‌صورت خام و یا جوشانده برای تقویت معده و درمان معده درد استفاده می‌شود (۳). این گونه با توجه به دامنه بردباری و سازگاری به شرایط خشکی، به‌عنوان گونه پرستار در استقرار، زنده‌مانی و رشد سایر نهال‌های جنگلی نقش زیادی در ترمیم و بازسازی رویشگاه‌های تخریب‌شده، دارد (۲).

انتشار این گونه در جهان، اغلب در ترکیه، لبنان، فلسطین، سوریه، عراق، ایران، ترکمنستان و افغانستان گزارش شده است و در ایران اغلب در ارتفاعات البرز، دره کرج، زاگرس (کرمانشاه، لرستان، اصفهان و چهارمحال بختیاری) و ارسباران از ارتفاع ۹۰۰ تا ۲۳۰۰ متر از سطح دریا مشاهده می‌گردد (۱ و ۴). در استان اردبیل این درختچه در زیراشکوب جنگل‌های ارس (*Juniperus excelsa* Bieb.) و پسته‌کوهی (*Pistacia atlantica* Fisch. & C.A. Mey.) منطقه کندرق شهرستان خلخال از ارتفاع ۱۲۵۰ تا ۱۶۵۰ از سطح دریا همراه با بادام وحشی (*Amygdalus lycioides* Spach)، کیکم (*Acer monspessulanum* L.)، قره‌میخ (*Ramnus spathulaefolia* M&F) و پلاخور (*Lonicera nummularifolia* J.) رویش دارد (۵). چرای دام، تغییر کاربری، آتش‌سوزی، بهره‌برداری بی‌رویه از میوه این گونه و هم‌چنین عدم استقرار تجدید حیات جنسی (از طریق بذر) در رویشگاه‌های طبیعی، این گونه را در معرض تهدید قرار داده است (۵). ازاین‌رو، لازم است هرچه سریع‌تر برای حفظ، احیا و توسعه رویشگاه‌های این گونه به کمک نهال (دانه‌رست) سالم و قوی آن، برنامه‌ریزی کرد.

از طرفی، بذر گونه راناس و به‌طورکلی، بذر گونه‌های جنس *Prunus* تحت شرایط طبیعی به دلیل خفتگی درونی بذر (خواب جنین) و پوسته سخت و غیرقابل نفوذ، در دوره زمانی طولانی جوانه‌دار می‌شوند و نرخ جوانه‌زنی آنها اندک، نامنظم و غیریکنواخت صورت می‌گیرد (۶ و ۷). وجود خواب یا نهفتگی در بذر به دلیل حضور مواد بازدارنده و یا فقدان مواد تحریک‌کننده رشد یا ترکیبی از هر دو که در بذر به‌عنوان هورمون‌های کنترل‌کننده خواب هستند، می‌باشد (۸ و ۹). اصولاً، در اغلب گونه‌های چوبی مناطق معتدله، دوره نهفتگی جنین با نیاز سرمایی بذر مرتبط است و این فرآیند، یک سازوکار فیزیولوژیک است که مانع رشد جنین می‌شود و تا زمانی که نیاز سرمایی بذر برطرف نشود جوانه‌زنی آغاز نخواهد شد (۱۰). البته، وجود اندوکارپ سخت در میوه‌های جنس *Prunus* که نفوذناپذیر به آب است جوانه‌زنی بذر را محدود می‌نماید (۱۱). تیمارهای مختلفی برای تسهیل و تسریع جوانه‌زنی و غلبه بر خواب بذرهای جنس *Prunus* توصیه شده است که لایه‌گذاری سرد رایج‌ترین آنهاست (۱۱، ۱۲ و ۱۳) و در مواردی به تیمار لایه‌گذاری سرد و یا گرم طولانی‌مدت، نیز توجه داده شده است (۱۴).

در مورد گونه راناس، پژوهش‌های اندکی در ارتباط با شکستن خواب بذر آن وجود دارد. به‌عنوان‌مثال، شاهی قره‌لر و همکاران (۱۳۸۸) با مطالعه تأثیر تیمار لایه‌گذاری سرد (۰، ۶۰ و ۱۲۰ روز) روی بذر با پوسته راناس نشان دادند که بالاترین نرخ جوانه‌زنی در لایه‌گذاری سرد مرطوب (و دمای

1- Small-fruited cherry

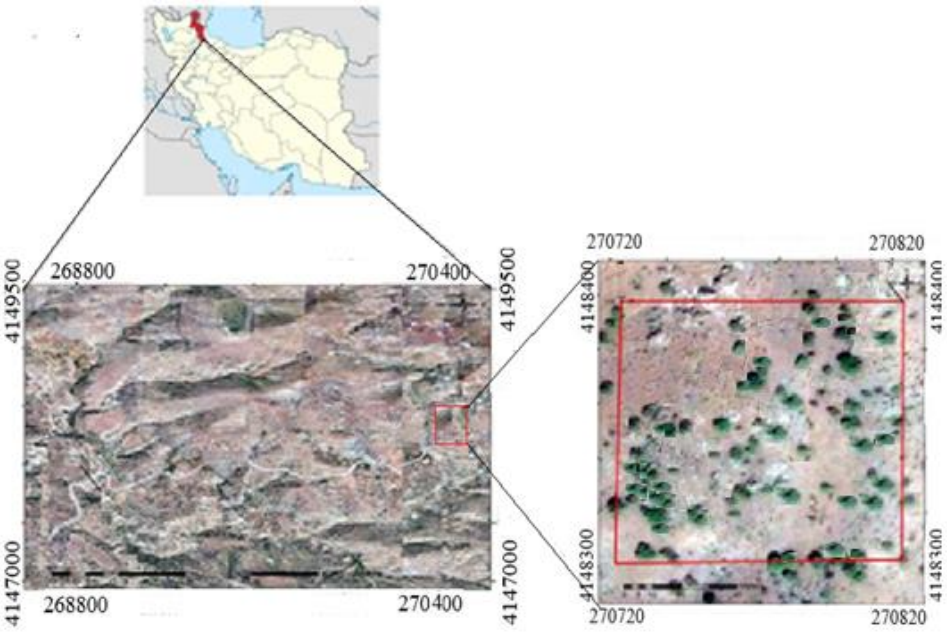
نگهداری ۵ درجه سانتی‌گراد) به مدت ۱۲۰ روز اتفاق افتاد که فقط ۹ درصد جوانه‌زنی را به دنبال داشت (۱۵). البته، در مورد جوانه‌زنی و شکست خواب بذر جنس این گونه (*Prunus*) گزارش‌های متعددی منتشر شده است. از جمله، در پژوهشی مشخص شد که بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی (۳۳ درصد) بذرهای (باپوسته) گونه محلب (*Prunus mahaleb*) در تیمار لایه‌گذاری سرد چهارماهه به‌دست آمد (۱۱). در مطالعه دیگر، معلوم شد که ۲۲ هفته لایه‌گذاری سرد باعث افزایش درصد جوانه‌زنی بذرهای بدون پوسته این گونه (*Prunus mahaleb*) تا ۶۱/۵ درصد شد (۱۶).

با توجه به کارکردهای اکولوژیکی، خواص دارویی و ارزش اقتصادی میوه راناس و نیز نظر به سیاست سازمان جنگل‌ها و مراتع و آبخیزداری کشور در خصوص حفاظت از ژرم‌پلاسم و تکثیر گونه‌های در معرض تهدید (۱۷)، پژوهش حاضر در نظر دارد با به‌کارگیری پیش تیمار لایه‌گذاری سرد در مدت زمان‌های مختلف بر روی بذرها جهت تهیه نهال دانه‌رست، مناسب‌ترین روش را برای توسعه و تکثیر این گونه معرفی نماید.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری میوه و تعیین خصوصیات کمی و کیفی آن‌ها: در اواخر مردادماه ۱۴۰۱، میوه‌های رسیده راناس (یک کیلوگرم) از پایه‌های مادری سالم (۱۰ پایه با فاصله ۵۰ تا ۱۰۰ متر از یکدیگر) با ویژگی‌های یکسان از نظر قطر و ارتفاع از رویشگاه کندرق واقع در ۳۵ کیلومتری شهرستان خلخال در جنوب استان اردبیل (شکل ۱) تهیه و به آزمایشگاه منتقل شد. منطقه در عرض شمالی "۵۲ ´۲۵ °۳۷ و طول شرقی "۱۳ ´۲۴ °۴۸ و ارتفاع ۱۵۹۰ تا ۱۶۱۰ متر از سطح دریا قرار دارد؛ میانگین بارندگی سالانه آن ۳۱۰ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه آن ۱۳/۲ درجه سانتی‌گراد است (شکل ۲).

جهت تعیین صفات کمی و کیفی میوه و بذر راناس، ۱۰۰ عدد میوه (در چهار تکرار ۲۵ تایی) انتخاب شد. سپس وزن میوه و بذر با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم و ابعاد میوه و بذر به‌وسیله کولیس با دقت ۰/۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد (جدول ۱).



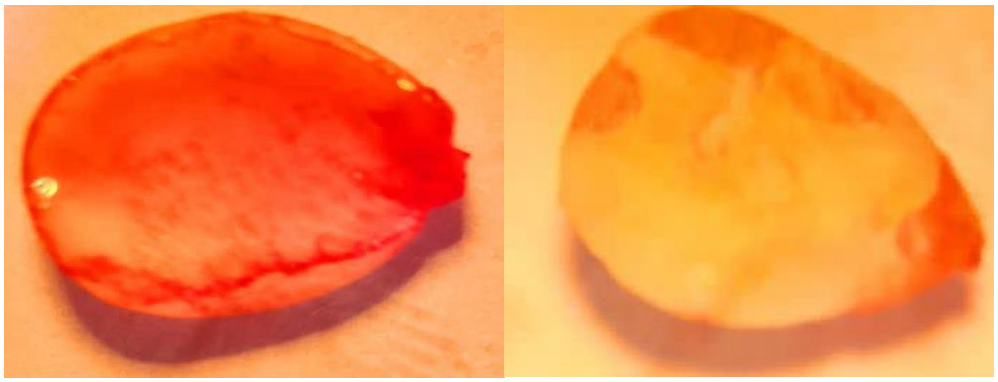
شکل ۱- موقعیت ذخیره‌گاه جنگلی کندرق خلخال.

Figure 1. The location of Kandaragh Khalkhal forest reserve.

شکل ۲- نمایی از پایه مادری راناس (a)، میوه (b)، بذر (c) و رشد اولیه نونهال‌های راناس (d).

Figure 2. A view of Little cherry shrub (a), fruit (b), seed (c) and early growth of Little cherry seedlings (d).

جهت تعیین درصد قدرت حیاتی بذور، آزمون تترازولیوم[1] (محلول یک‌درصد) انجام شد (۱۸). برای تعیین شاخص رنگ‌پذیری تترازولیوم، ۱۰۰ عدد بذر در چهار دسته ۲۵ تایی را بعد از خیساندن به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، به‌وسیله اسکالپل، برش طولی داده و آندوکارپ بذرها با استفاده از پنس جدا شده و به‌مدت ۲۴ ساعت در محلول تترازولیوم قرار داده شدند و با توجه به الگوی رنگ‌پذیری جنین بذرها (شکل ۳)، قدرت حیاتی بذرها تعیین شد (۱۹).



شکل ۳- الگوی رنگ‌پذیری در بذور راناس، رنگ‌پذیری کامل و یکنواخت (سمت راست) و رنگ‌پذیری ناقص (سمت چپ).

Figure 3. Colorability pattern in Small-fruited cherry seeds, complete and uniform colorability (right side) and incomplete colorability (left side).

1- Tetrazolium

جدول ۱- میانگین برخی از صفات کمی و کیفی بذرهای راناس.

Table 1. The average of some quantitative and qualitative traits of *P. microcapa* seeds.

طول میوه (میلی‌متر) Fruit length (mm)	عرض میوه (میلی‌متر) Fruit width (mm)	طول بذر (میلی‌متر) Seed length (mm)	عرض بذر (میلی‌متر) Seed width (mm)	ضخامت بذر Seed thickness (mm)	وزن هزاردانه (گرم) Weight of 1000 seeds (g)	قدرت حیاتی بذر (درصد) Viability (%)
8.52± 0.55	6.89± 0.78	4.41± 0.38	2.89± 0.21	2.80± 0.16	121.30± 7.11	88.21± 5.55

پس از اندازه‌گیری مشخصه‌های کمی و کیفی بذرها، جهت تعیین تأثیر پیش تیمار سرمادهی بر جوانه‌زنی بذرها، نمونه‌های بذری به دو دسته با پوسته و بدون پوسته تفکیک شدند. برای هر تیمار ۲۰۰ عدد بذر یکنواخت در چهار تکرار ۵۰ تایی استفاده شد. ابتدا بذرها به‌مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر خیسانده شدند. سپس برای ضدعفونی سطحی بذرها از محلول هیپوکلریت سدیم یک درصد به‌مدت ۲۰ دقیقه استفاده شد. بعد از سه بار شستشو با آب مقطر (جهت حذف کامل عوامل ضدعفونی‌کننده) برای اعمال تیمار لایه‌گذاری در ماسه (استریل شده در دمای ۱۰۷ درجه) مرطوب بذرها به مدت ۰، ۳، ۴ و ۵ ماه تحت دمای ۱± ۵ درجه سانتی‌گراد (یخچال) قرار گرفتند. در طی این دوره، ظروف کشت به‌طور مرتب (سه روز یکبار) بازدید شدند و در صورت کاهش رطوبت بستر به‌اندازه لازم، آب مقطر اسپری شد. در پایان هر دوره لایه‌گذاری سرد، بذرها جهت بررسی جوانه‌زنی در اتاقک رشد با رطوبت نسبی ۶۵ درصد و دمای ۱±۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. شمارش بذرهای جوانه‌زده تا ۶۰ روز پس از خروج از یخچال در اتاقک رشد ادامه یافت. بذرهایی که در اتاقک رشد جوانه‌زده و از بستر کاشت بیرون آمدند، به‌عنوان بذر جوانه‌زده محسوب شدند (۱۸). یادداشت‌برداری و شمارش جوانه‌زنی بذرها به‌صورت روزانه در ساعت معین (۹ صبح) انجام شد. برای محاسبه درصد جوانه‌زنی از رابطه ۱ استفاده شد که در آن GP (درصد جوانه‌زنی)، $\sum n$ مجموع تعداد بذرهای جوانه‌زده، N تعداد بذرهای کاشته شده است (۲۰).

$$GP=\frac{\sum n}{N}\times 100 \qquad (۱)$$

سرعت جوانه‌زنی با استفاده از رابطه ۲ تعیین شد که در آن، SP (سرعت جوانه‌زنی)، n تعداد بذور جوانه‌زده در روز شمارش و d تعداد روزهای پس از شروع جوانه‌زنی است (۲۱).

$$SP=\sum\left(\frac{n}{d}\right) \qquad (۲)$$

شاخص بنیه بذر، با انتخاب پنج گیاهچه به‌طور تصادفی از هر تکرار و اندازه‌گیری ریشه‌چه و ساقه‌چه آن‌ها با استفاده از خط‌کش با دقت یک میلی‌متر از طریق رابطه ۳ تعیین شد که در آن SVI (شاخص بنیه بذر)، GP درصد جوانه‌زنی، SL طول ساقه‌چه و RL طول ریشه‌چه است (۲۲).

$$SVI=GP\times\left(\frac{SL+RL}{2}\right) \qquad (۳)$$

تجزیه‌وتحلیل آماری: این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار برای هر تیمار و ۵۰ عدد بذر در هر تکرار انجام شد. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 صورت گرفت. نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف و همگنی واریانس از طریق آزمون لون انجام شد. تعیین اثرگذاری تیمارها در سطح احتمال خطای ۵ درصد از طریق آنالیز واریانس و مقایسه میانگین دادها با استفاده از آزمون توکی (Tukey-HSD) انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه‌وتحلیل داده‌ها نشان داد که اثر اصلی پیش‌تیمار لایه‌گذاری سرد به‌جز سرعت جوانه‌زنی و اثر اصلی پوسته به‌جز طول ساقه‌چه بر همه صفات مورد بررسی در سطوح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار است. اثر متقابل پیش‌تیمار لایه‌گذاری سرد × حذف پوسته، نیز بر همه صفات جوانه‌زنی بذرهای راناس در سطوح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار است (جدول ۲).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس تأثیر پیش‌تیمار لایه‌گذاری سرد و حذف پوسته بر صفات جوانه‌زنی بذرهای با پوسته و بدون پوسته راناس.

Table 2. Results of analysis of variation stratification on germination traits of seeds with and removal endocarp of *Prunus microcarpa*.

منبع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of square				
		درصد جوانه‌زنی Germination Percent	سرعت جوانه‌زنی Germination speed	طول ریشه‌چه Root length	طول ساقه‌چه Shoot length	شاخص بنیه بذر Seed vigor index
پیش‌تیمار لایه‌گذاری سرد Pretreatment of cold Stratification	3	412.8*	18.67 ns	11.45*	34.67*	211.88**
حذف پوسته Endocarp removal	1	103.32*	11.78*	8.45*	29.32 ns	177.62*
پیش‌تیمار لایه‌گذاری سرد × حذف پوسته Pretreatment of cold stratification × Endocarp removal	3	88.54**	55.78*	42.76**	30.65*	132.54**
خطای آزمایشی Experimental error	28	9.32	34.6	7.54	4.67	10.43
ضریب تغییرات (٪) Coefficient of variation	-	9.45	11.04	5.65	7.78	14.70

*، ** و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح خطای کم‌تر از ۵ درصد، ۱ درصد و عدم معنی‌داری است

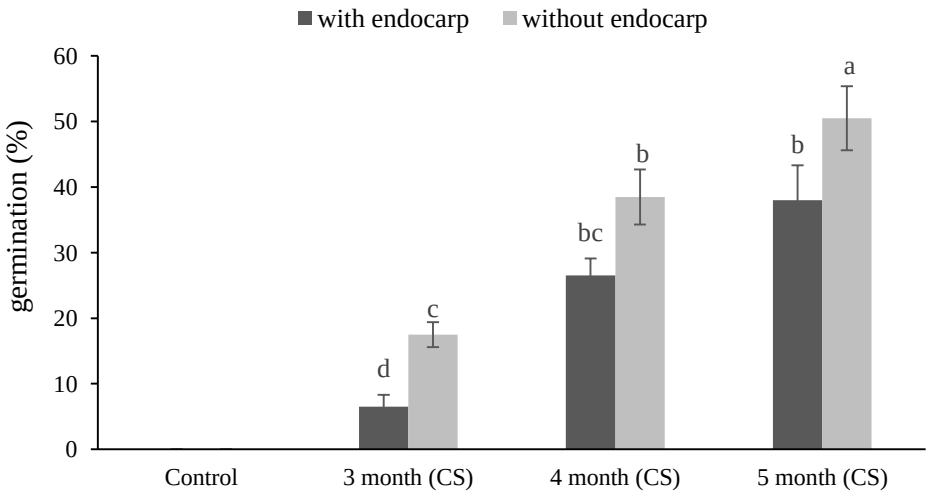
*, ** significant at 5 and 1% respectively, ns non-significant

نتایج نشان داد بذرهای راناس در دو حالت با پوسته و حذف پوسته در شرایط طبیعی (بدون لایه‌گذاری سرد) جوانه‌زنی نداشتند. البته در پژوهش‌های قبلی، بذرهای راناس به‌دلیل داشتن پوسته سخت، در شرایط بدون سرمادهی، جوانه‌زنی نداشته‌اند (۱۵ و ۲۳). با اعمال سرمادهی به مدت سه ماه، بذرها در دو حالت با پوسته و حذف پوسته به‌ترتیب ۶/۵ و ۱۷/۵ درصد جوانه‌زنی داشتند و با اعمال لایه‌گذاری سرد چهارماهه درصد جوانه‌زنی در حالت با پوسته و حذف پوسته به‌ترتیب ۲۶/۵۰ و ۳۸/۵۰ درصد به‌دست آمد (شکل ۴). در این راستا شاهی قره‌لر و همکاران (۱۳۸۸) نیز گزارش کردند بذرهای راناس در لایه‌گذاری ۶۰ روزه جوانه‌زنی نداشتند ولی در تیمار ۱۲۰ روزه تنها ۹ درصد جوانه‌زنی داشتند (۱۵). نتایج مشابهی مبنی بر افزایش درصد جوانه‌زنی بذرهای محلب بذر (*Prunus mahaleb*) توسط Pipinis و همکاران (۲۰۱۲) بیانگر این است که لایه‌گذاری سرد چهارماهه، درصد جوانه‌زنی بذر محلب را در مقایسه با سرمادهی دو و سه ماهه افزایش داد (۱۱). در مطالعه‌ای که Cetinbas و Koyuncu (۲۰۰۶) انجام دادند جوانه‌زنی بذرهای با پوسته *P. avium* با اعمال چهار ماه لایه‌گذاری

سرد تا ۴۴/۵ درصد افزایش داشت (۲۳). این نتایج در مقایسه با یافته‌های ما در خصوص نرخ جوانه‌زنی (۳۸ درصد) بذرهای با پوسته راناس اندکی بیش‌تر است. احتمالاً در بین گونه‌های جنس *Cerasus*، بذرهای *P. avium* نیاز سرمایی کم‌تری داشته و پوسته بذری آن سختی کم‌تری دارد که باعث شده درصد جوانه‌زنی بیش‌تری در مقایسه با بذرهای راناس داشته باشد (۲۳).

در پژوهش حاضر، تیمار پنج ماه لایه‌گذاری سرد بیش‌ترین تأثیر را بر درصد جوانه‌زنی بذر راناس داشت طوری‌که درصد جوانه‌زنی در حالت بدون پوسته ۵۰/۵۰ درصد و با پوسته ۳۸ درصد به‌دست آمد (شکل ۴). با توجه به افزایش قابل‌توجه میزان جوانه‌زنی در حضور و عدم حضور پوسته با اعمال تیمار لایه‌گذاری سرد، می‌توان چنین استنباط کرد که بذور این گونه دارای خواب فیزیولوژیکی است که بخش مهمی از خواب بذر را کنترل می‌کند. از طرف دیگر، درختچه‌های راناس در ارتفاعات بالا با آب‌وهوای سرد سازگاری دارند؛ در نتیجه، برای رفع خواب فیزیولوژیک و شروع جوانه‌زنی بذر به دوره‌های طولانی سرما نیاز دارند. به‌طورکلی اشاره شده است که دمای ۵ درجه سانتی‌گراد (و یا اندکی کم‌تر)، تأثیر بالایی در شکست خواب بذر گونه‌های اقالیم سرد دارد (۲۴).

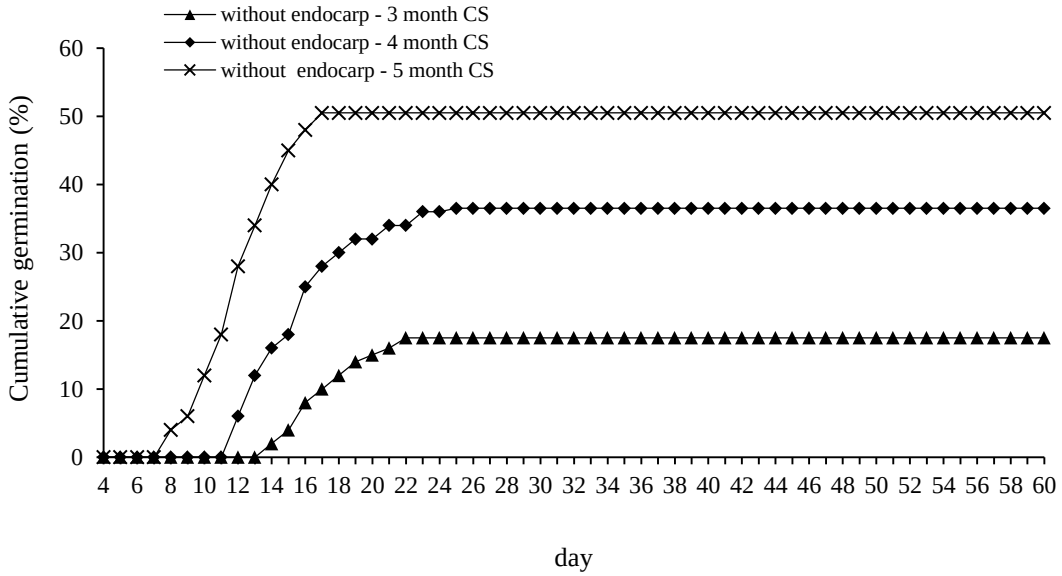
سازوکار شکست خواب بذر تحت‌تأثیر سرما، تاکنون شناخته نشده است اما می‌توان بیان نمود که لایه‌گذاری سرد احتمالاً با افزایش نفوذپذیری غشاهای سلولی، سبب تغییرات در جابجایی یون‌ها (به‌ویژه کلسیم) شده و زمینه را برای تحریک و تولید اسید جیبرلیک (GA_3) فراهم می‌کند (۲۵). سرما از سوی دیگر باعث کاهش محتوای آبسیزیک اسید یا افزایش محتوای جیبرلیک اسید شده و یا هر دو تغییر به‌طور هم‌زمان انجام شده و با ایجاد تعادلی در دو هورمون، خواب بذر را پایان می‌دهد. احتمال داده می‌شود که عامل سرما علاوه بر تحریک سنتز GA_3 درون‌زا، محرک‌های دیگری را فعال می‌کند که موجب افزایش درصد جوانه‌زنی بذرها می‌شود (۸ و ۱۰).



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل پیش‌تیمار لایه‌گذاری سرد × پوسته/ بدون پوسته بر درصد جوانه‌زنی بذرهای راناس.
حروف یکسان در ستون‌ها، بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح خطای پنج درصد است.

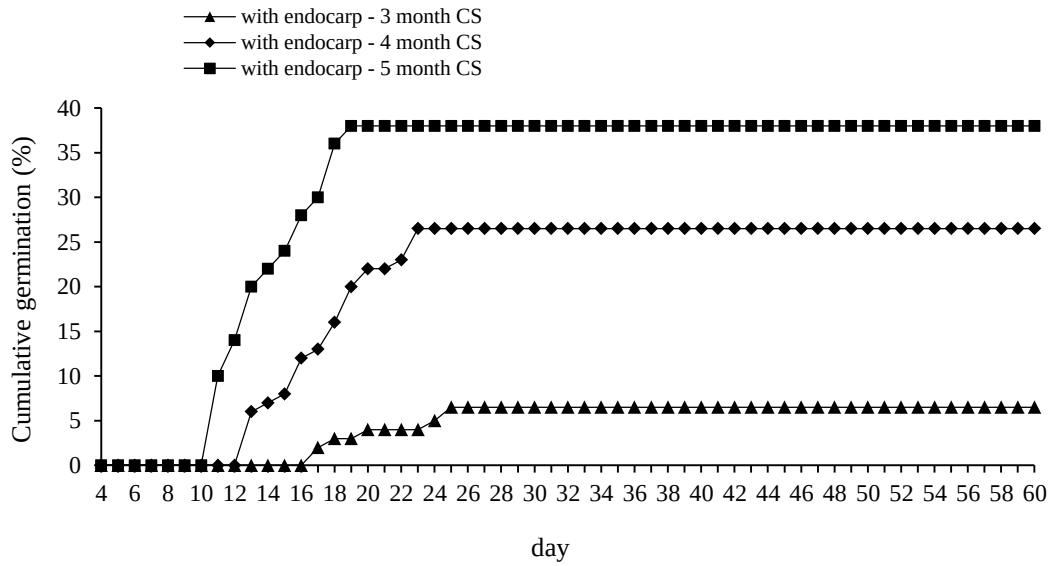
Figure 4. Comparison of the main effect of interaction of pretreatment of cold stratification × with and without endocarp on the germination percentage of small-fruited cherry seeds.
Same letters in the columns indicate a non- significant difference at the 5% error level.

در پژوهش پیش‌رو، طول مدت جوانه‌زنی ۲۵ روز طول کشید و بذرهای بدون پوسته همراه با لایه‌گذاری سرد پنج‌ماهه، روند جوانه‌زنی سریع‌تری در مقایسه با بذرهای با پوسته داشتند (شکل‌های ۵ و ۶). جوانه‌زنی در تیمار بذرهای بدون پوسته و لایه‌گذاری سرد پنج‌ماهه از روز هفتم آغاز شد ولی در سایر تیمارها جوانه‌زنی از روز دهم به بعد شروع شد و اغلب تا روز ۲۵ ام ادامه داشت (شکل ۵). نتایج نشان داد درصد تجمعی بذرهای بدون پوسته در حضور سرما بیش از درصد تجمعی بذرهای با پوسته هستند. احتمالاً علت این موضوع، وجود مواد بازدارنده جوانه‌زنی (اسید آبسیزیک) در پوسته و تأثیر آن‌ها بر افزایش رکود بذرها باشد (۸). علاوه بر این، با حذف پوسته رطوبت بیش‌تری جذب بذرها شده و سبب تعادل هورمونی و تسریع جوانه‌زنی بذرها می‌شود (۱۰). بااین‌حال، Bashkin و همکاران (۱۹۸۸) نشان دادند که وجود اندوکارپ (به‌طور مکانیکی) جوانه‌زنی بذر را محدود نمی‌کند. هنگامی‌که خواب جنین با تیمار لایه‌گذاری سرد از بین رفت آن‌گاه جنین پتانسیل رشد کافی برای شکستن آندوکارپ را دارد (۲۶). در این حالت حذف اندوکارپ باعث تسریع یا افزایش جوانه‌زنی بذر می‌شود که چنین یافته‌ای را می‌توان در گونه‌های جنس ***Prunus*** از جمله ***P. dulcis*** ،***P. mahaleb*** و ***P. avium*** مشاهده کرد (۷، ۱۱ و ۱۲). در کل، حذف پوسته به دلیل از بین بردن خواب فیزیکی و هم‌چنین فراهم شدن شرایط مناسب جهت ورود آب و اکسیژن بیش‌تر به داخل بذر باعث افزایش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی بذر در چنین گونه‌ها می‌شود (۱۰). این مسأله، بیانگر وجود خواب پوسته (خواب فیزیکی) در بذرهای جنس این گونه‌ها است که سهم اندکی از خواب بذر را کنترل می‌کند (۱۵).



شکل ۵- درصد تجمعی جوانه‌زنی بذرهای بدون پوسته راناس تحت‌تأثیر پیش تیمار لایه‌گذاری سرد.

Figure 5. Cumulative germination percentage of small-fruited cherry seeds without endocarp under the influence of pretreatment of cold stratification.



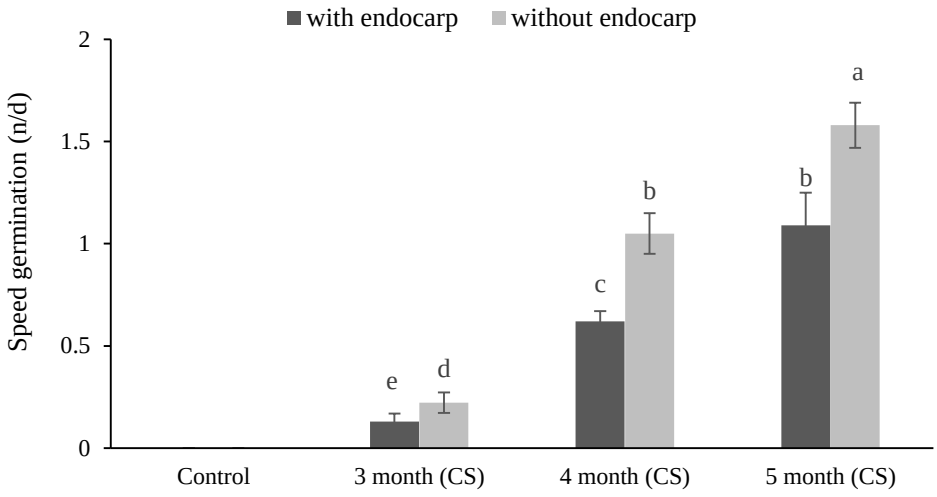
شکل ۶- درصد تجمعی جوانه‌زنی بذرهای با پوسته راناس تحت‌تأثیر پیش تیمار لایه‌گذاری سرد.

Figure 6. Cumulative germination percentage of small-fruited cherry seeds with endocarp under the influence of pretreatments of cold stratification.

به‌طورکلی، سرعت جوانه‌زنی از مهم‌ترین عوامل اثرگذار بر استقرار و رشد گیاه محسوب می‌شود (۲۷ و ۲۸). در پژوهش حاضر، بذرها تحت‌تأثیر تیمارهای لایه‌گذاری در حالت‌های با پوسته و بدون پوسته از نظر سرعت جوانه‌زنی با هم اختلاف معنی‌داری در سطح یک و پنج درصد دارند. طوری‌که بیش‌ترین سرعت جوانه‌زنی در بذرهای با پوسته و بدون پوسته به‌ترتیب ۱/۰۹ و ۱/۵۸ عدد در روز در تیمار لایه‌گذاری سرد به‌مدت پنج ماه به‌دست آمد (شکل ۷). در این راستا می‌توان بیان نمود حذف پوسته به‌دلیل از بین بردن خواب فیزیکی و هم‌چنین ایجاد شرایط مطلوب جهت نفوذ آب و اکسیژن بیش‌تر به داخل بذر (۲۹)، باعث افزایش درصد جوانه‌زنی بذور شده است. در حقیقت، حذف پوسته با حذف مقاومت مکانیکی پوسته باعث افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی بذور گردیده است. یافته‌های حاصل از این پژوهش با نتایج Pipinis و همکاران (۱۱) و سخاوتی و همکاران (۱۶) در ارتباط با بهبود درصد جوانه‌زنی بذر محلب (*P. mahaleb*) در اثر حذف پوسته بذر، مطابقت دارد.

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که با افزایش دوره سرمادهی، هم در حالت با پوسته و هم بدون پوسته، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و شاخص بنیه‌بذر افزایش یافت. اندازه این صفات در بذرهای بدون پوسته دارای مقادیر بزرگ‌تری در مقایسه با بذرهای با پوسته بودند. به‌طوری‌که بیش‌ترین طول ریشه‌چه (۲/۵۸ سانتی‌متر) و طول ساقه‌چه (۳/۵۴ سانتی‌متر) در تیمار لایه‌گذاری سرد به‌مدت پنج‌ماه در بذرهای بدون پوسته به‌دست آمد (شکل‌های ۷ و ۸). دلایل متعددی پیرامون تأثیر مثبت سرمادهی بر شکست خواب بذر و رشد اولیه گیاهان گزارش شده است که می‌توان به برطرف شدن نیاز سرمادهی بذرها و تحریک رشد جنین (۱۰) تحریک تولید اسید جیبرلیک در بذر و نفوذپذیر شدن سلول‌های بذر به اسید جیبرلیک (۳۰)، کاهش مقدار اسید آبسیزیک در بذر و ایجاد تعادل هورمونی بین اسید جیبرلیک و اسید آبسیزیک در بذر اشاره کرد که در نهایت، با تأمین مواد غذایی مورد نیاز برای رشد رویان، تأثیر مثبت روی روند جوانه‌زنی و رشد اولیه نونهال‌ها داشته است (۳۱).

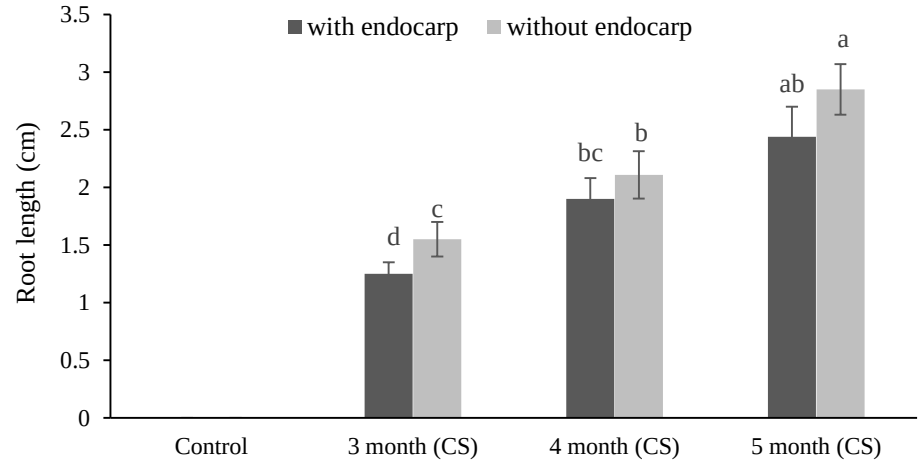
نتایج نشان داد که بیش‌ترین مقدار شاخص بنیه در بذرهای بدون پوسته و با پوسته به ترتیب ۳۲۴/۳ و ۲۰۱/۴۵ در تیمار لایه‌گذاری سرد به مدت پنج‌ماه مشاهده شد (شکل ۹). در این راستا می‌توان بیان نمود تیمار سرمادهی با افزایش تقسیم سلولی و دیگر فعالیت‌های متابولیکی، باعث افزایش طول ساقه‌چه و ریشه‌چه می‌شود که خود از دلایل افزایش بنیه گیاهچه است (۳۲).



شکل ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل پیش‌تیمار لایه‌گذاری سرد × پوسته/ بدون پوسته بر سرعت جوانه‌زنی (تعداد در روز) بذرهای راناس.

حروف یکسان در ستون‌ها، بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح خطای پنج درصد است.

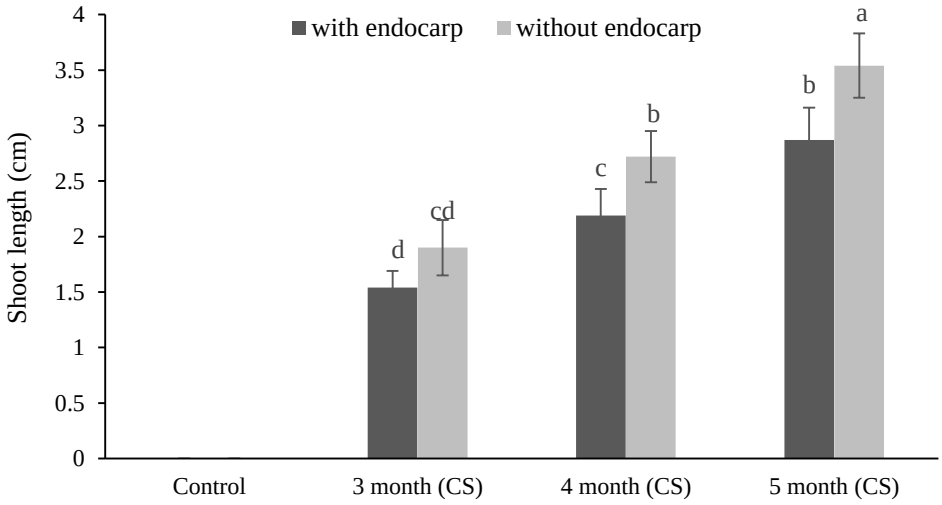
Figure 7. Comparison of the main effect of interaction of pretreatment of cold stratification × with and without endocarp on the speed germination of small-fruited cherry seeds.
same letters in the columns indicate a non-significant difference at the 5% error level.



شکل ۸- مقایسه میانگین اثر متقابل پیش‌تیمار لایه‌گذاری سرد × پوسته/ بدون پوسته بر طول ریشه‌چه نونهال‌های راناس.

حروف یکسان در ستون‌ها، عدم بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح خطای پنج درصد است.

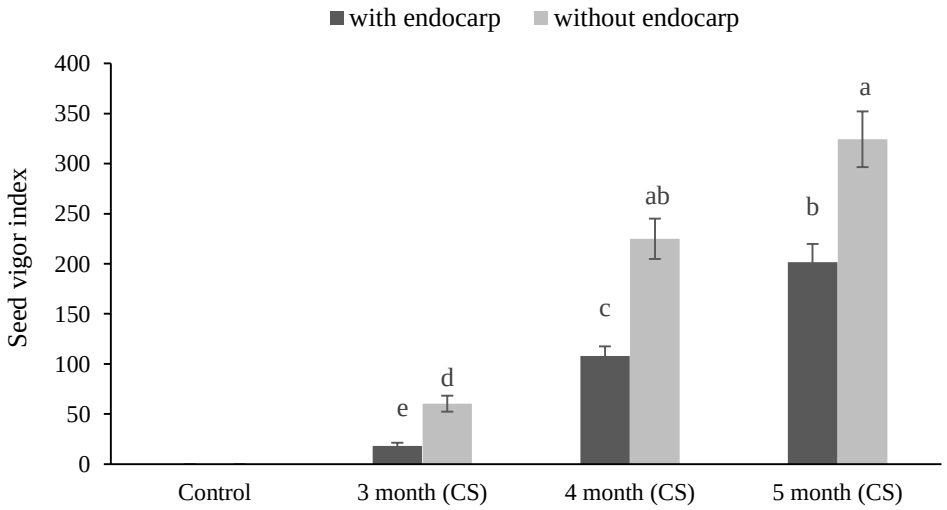
Figure 8. Comparison of the main effect of interaction of pretreatments of cold stratification × with and without endocarp on root length of small- fruited cherry seedlings.
same letters in the columns indicate a non-significant difference at the 5% error level.



شکل ۹- مقایسه میانگین اثر متقابل پیش‌تیمار لایه‌گذاری سرد × پوسته/ بدون پوسته بر طول ساقه چه نونهال‌های راناس.

حروف یکسان در ستون‌ها، بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح خطای پنج درصد است.

Figure 9. Comparison of the main effect of interaction of pretreatments of cold stratification × with and without endocarp on shoot length of small-fruited cherry seedlings.
same letters in the columns indicate a non-significant difference at the 5% error level.



شکل ۱۰- مقایسه میانگین اثر متقابل پیش‌تیمار لایه‌گذاری سرد × پوسته/ بدون پوسته بر شاخص بنیه بذرهای راناس.

حروف یکسان در ستون‌ها، بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح خطای پنج درصد است.

Figure 10. Comparison of the main effect of interaction of pretreatments of cold stratification × with and without endocarp on seed vigor index of small-fruited cherry seedlings.
Same letters in the columns indicate a non-significant difference at the 5% error level.

نتیجه‌گیری کلی

در پژوهش پیش‌رو، مشخص شد بذرهای راناس علاوه بر خواب فیزیکی (پوسته) دارای خواب فیزیولوژیکی هستند و پیش‌تیمار چینه سرمایی (لایه‌گذاری سرد) نقش مهمی در شکست خواب بذر و بهبود صفات جوانه‌زنی این گونه دارد. با افزایش دوره سرمادهی، هم در حالت با پوسته و هم بدون پوسته، صفات جوانه‌زنی افزایش یافت. از بین پیش تیمارهای لایه‌گذاری سرد اعمال‌شده، بیش‌ترین صفات جوانه‌زنی در پیش‌تیمار لایه‌گذاری سرد پنج‌ماهه به‌دست آمد. ازاین‌رو، می‌توان انتظار داشت که بالا بودن درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و رشد بیش‌تر ریشه‌چه و ساقه‌چه در پیش‌تیمار سرمادهی پنج‌ماهه، استقرار مطلوب نونهال‌ها را در شرایط عرصه به دنبال داشته باشد. در مجموع، اگرچه نرخ جوانه‌زنی در بذر بدون پوسته بیش‌تر بود ولی انجام حذف پوسته بهتر است به‌صورت محدود و در مقیاس آزمایشگاه انجام شود؛ بنابراین، پیشنهاد می‌شود در مقیاس وسیع و برای تولید انبوه نهال راناس در نهالستان، از بذر با پوسته لایه‌گذاری‌شده استفاده شود؛ زیرا این روش، در عین ارزان بودن، وقت‌گیر نیست و احتمال آسیب به جنین اندک است. از طرفی، با توجه به بهبود صفات جوانه‌زنی بذر راناس با افزایش دوره سرمادهی، می‌توان آزمایش مشابه را برای سرمادهی با دوره‌های طولانی‌تر از ۵ ماه نیز محک زد. در پایان توصیه می‌شود تا در پژوهش‌های بعدی، ارتباط بین شرایط محیطی رویش پایه‌های مادری و نیاز سرمایی بذر و ترکیبات تشکیل‌دهنده بذر راناس و قدرت رشد نونهال‌های توده‌های مختلف آن بررسی شود.

منابع

1.Mozafarian, V. (1998). Plant Dictionary of Iran, Farhang Moaser Publications, Tehran, Iran, 740p.

2.Khanhasani, M., Sagheb Talebi, KH., Khodakarami, Y., & Safari, H. (2016). The role of soil and physiographic factors on morphologic parameters of Cerasus microcarpa C.A. Mey. in Kermanshah forests. *Iranian J. of Forest and Poplar Research*. 24 (2), 227-235. [In Persian]

3.Mozaffarian, V. (2012). Identification of medicinal and aromatic plants of Iran. Farhang moaser Publishers, Tehran. 1444p.

4.Sabeti, H. A. (1976). Forests, trees, and shrubs of Iran. Yazd University publishing, 735p.

5.Rostamikia, Y., Fattahi, M., & Sefidi, K. (2020). Relationship of growth components of Bladder Senna (*Colutea Persica* Boiss.) with soil and physiographic factors in Kandiragh forest reserved of Khalkhal- Ardabil province. *Ecology of Iranian Forests*. 5 (18), 32-40. [In Persian]

6.Kim, G. M., Ko, C. H., Chung, J. M., Kwon, H. C., Rhie, Y. H., & Lee, S. Y. (2024). Seed Dormancy Class and Germination Characteristics of *Prunus spachiana* (Lavallée ex Ed. Otto) Kitam. f. ascendens (Makino) Kitam Native to the Korean Peninsula. *Plants*, 13, 502.

7.Garcia-Gusano, M., Martinez-Gomez, P., & Dicenta, F. (2004). Breaking seed dormancy in almond (*Prunus dulcis* (Mill.) D. A. Webb). *Scientia Horticulturae*. 99, 363-370.

8.Shun-Ying, C., Chien, C. T., Jeng-Der Chung, J. D., Shyong Yang, Y., & Kuo, S. K. (2007). Dormancy-break and germination in seeds of *Prunus campanulata* (Rosaceae): role of covering layers and changes in concentration of abscisic acid and gibberellins. *Seed Science Research*. 17 (1), 21-32.

9.Wang, G., Baskin, C. C., Baskin, J. M., Yang, X., Liu, G., Ye, X., & Huang, Z. (2021). Morphophysiological dormancy synchronizes timing of seed germination of two alpine species of Meconopsis on

the Tibetan Plateau to beginning of growing season. *Environmental and Experimental Botany*. 187, 104473 **https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2021.104473.**

10. Baskin, C. C., & Baskin., J. M. (2014). Seeds ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. Academic Press, San Diego.
11. Pipinis, E., Milios, E., Mavrokordopoulou, O., & Gkanatsiou, C. (2012). Effect of Pretreatments on Seed Germination of *Prunus mahaleb* L. *Not Bot Horti Agrobo*. 40 (2), 183-189.
12. Iliev, N., Petrakieva, A., & Milev, M. (2012). Seed dormancy breaking of wild cherry (*Prunus avium* L.) seeds. *Forestry Ideas*. 17 (1), 28-36.
13. Ghayyad, M., Kurbysa, M., & Napolsy, G. (2010). Effect of endocarp removal, gibberelline, stratification and sulfuric acid on germination of Mahaleb (*Prunus mahaleb* L.) seeds. American-Eurasian *J. of Agricultural & Environmental Sciences.* 9 (2), 163-168.
14. Baskin, C., Milberg, P., Andersson, L., & Baskin. M. (2000). Germination studies of three dwarf shrubs (*Vaccinium*, Ericaceae) of Northern Hemisphere coniferous forests. *Canadian J. of Botany*. 78 (2), 1552-1560.
15. Shahi-Gharahlar, A., Zamani, Z., & Khdivi-Khub, A. (2008). Effects of sulfuric acid and moist Chilling on dormancy breaking of some subgenus *Cerasus* wild genotypes. The 6th Congress of Horticultural Sciences of Iran on July 22, 2008, Gilan University. Iran. pp. 45-51. [In Persian]
16. Sekhavati, N., Hosseini, S. M., Akbarinia, M., & Rezaei, A. (2013). Effects of Cold Stratification Duration on Germination of *Cerasus mahaleb* (L.) Mill Seeds with and Without Coat. *Iranian J. of Natural Resources*. 65 (4), 431-438.
17. Biglarbeigi, M. R., Kouch Pideh, N., & Mashallah Pour, M. (2008). Document for the development of natural resources and watershed management in the horizon of 2025. Pouneh Publications, Tehran, Iran, 43p.
18. International Seed Testing Association (ISTA). (2008). International rules for seed testing. *Seed Science and Technology*. 13, 300-520.
19. Enescu, V. (1991). The tetrazolium test of viability. In: Tree and shrub seed handbook. Zurich: International Seed Testing Association ISTA (Chapter 9).
20. Panwar, P., & Bhardwaj, S. D. (2005). Handbook of practical forestry: Agrobios (India).
21. Sheikh, A. H., & Abdul Matin, M. D. (2007). Seed morphology and germination studies of *Dalbergia sissoo* Roxb. At nursery stage in Bangladesh. *J. of Agriculture and Biological Sciences.* 3 (1), 35-39.
22. Vashisth, A., & Nagarajan, S. (2010). Effect on germination and early growth characteristics in sunflower (*Helianthus annuus*) seeds exposed to static magnetic field. *J. of Plant Physiology.* 167 (2), 149-156.
23. Cetinbas, M., & Koyuncu, F. (2006). Improving germination of *Prunus avium* L. seeds by gibberellic acid, potassium nitrate and thiourea. *Horticultural Science*, 33 (3), 119-123.
24. Wawrzyniak, M., Michalak, M., & Chmielarz, P. (2020). Effect of different conditions of storage on seed viability and seedling growth of six European wild fruit woody plants. *Annals of Forest Science*. 77, 58.
25. Upadhaya, K., Mir, A. H., & Iralu, V. (2018). Reproductive phenology and germination behavior of some important tree species of Northeast India National Academy of Sciences, India Section. *Biological Sciences*. 88 (3), 1033-1041.
26. Baskin, Carol C., & Jerry Baskin, M. (1998). Seeds: ecology, biogeography, and, evolution of dormancy and germination: *Elsevie*r.
27. Kim, D. H. (2019). Practical Methods for Rapid Seed Germination from Seed Coat-Imposed Dormancy *of Prunus yedoensis. Scientia Horticulturae*. 243, 451-456.
28. Wen, D., Hongcun H., Aiju, M., Jie, M., Liuyong, X., & Chunqing Zhang, C. (2018). Rapid evaluation of seed vigor

by the absolute content of protein in seed within the same crop. *Scientific reports*. 8 (1), 5569.

29. Baskin, C. C., & Baskin, J. M. (2004). A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research*. 14, 1-16.

30. Fang, S., Wang, J., Wei, Z., & Zhu, Z. (2006). Methods to break seed dormancy in *Cyclocarya paliurus* (batal) iljinskaja. *Scientia Horticulturae*. 110 (3), 305-309.

31. Buijs, G. (2020). A perspective on secondary seed dormancy in *Arabidopsis thaliana*. *Planning Theory*. 9, 749.

32. Yamauchi, Y., Ogawa, M., Kuwahara, A., Hanada, A., Kamiya, Y., & Yamaguchi, S. (2004). Activation of gibberellin biosynthesis and response pathways by low temperature during imbibition of Arabidopsis thaliana seeds. *The Plant Cell*. 16 (2), 367-378.