

روش‌های مناسب شکستن خواب بذر بارانک ایرانی (*Sorbus persica* Hedl.)

مسعود اسماعیلی شریف^{۱*}، سیدمحمد حسینی نصر^۲، عباس قمری زارع^۳ و مجید طالبی^۴

*۱- نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری، گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

پست الکترونیک: Masoudesmaeilisharif@gmail.com

۲ دانشیار، گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

۳ دانشیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۴ دانشیار، گروه بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۴/۱۳

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۱/۱۳

چکیده

بارانک ایرانی (*Sorbus persica* Hedl.) یکی از گونه‌های ارزشمند درختچه‌ای جنگل‌های استان اصفهان (زاگرس مرکزی) است. پس از سپری شدن سرمای زمستان، سبزشدن بذرهای این درختچه در شرایط طبیعی آغاز می‌شود. عامل‌های متعددی از جمله مشکلات مربوط به جوانه‌زنی بذر و استقرار نهال، زادآوری گونه‌های مختلف را در عرصه‌های جنگلی تحت تأثیر قرار می‌دهد. در پژوهش پیش‌رو جوانه‌زنی بذر بارانک ایرانی بر مبنای طرح کامل تصادفی شامل تیمارهای: چینه سرمایی، چینه گرمایی و سپس چینه سرمایی، جیبرلین، جیبرلین و سپس چینه سرمایی، بذر بدون پوسته و شاهد بررسی شد. بیشترین درصد جوانه‌زنی (۹۷/۵٪) در تیمار چینه گرمایی (۲۵ درجه سانتی‌گراد) به مدت دو هفته و سپس چینه سرمایی (یک تا چهار درجه سانتی‌گراد) به مدت چهار ماه به دست آمد. موفق‌ترین تیمار شکستن خواب بذر، از نوع چینه سرمایی بود. بنابراین به نظر می‌رسد خواب بذر بارانک ایرانی از نوع خواب فیزیولوژیک باشد. با توجه به اینکه پیش‌تیمار پس‌رسی بعد از ۱۲۰ روز در دمای یک تا چهار درجه سانتی‌گراد موجب برطرف شدن کامل خواب بذر شد، خواب فیزیولوژیک بذر در گونه مورد مطالعه عمیق است. محتوای اولیه رطوبتی بذر ۱۷/۳٪ بود. کاهش رطوبت بذر تا ۷٪ تأثیر معنی‌داری بر زنده‌مانی بذر نداشت و قابلیت حیات بذر بعد از نگهداری بذر به مدت ۶۰۰ روز در دمای منفی ۲۰ درجه سانتی‌گراد حفظ شد، بنابراین بذر بارانک دارای رفتار بذرهای ارتدکس Orthodox است. در مجموع، استفاده از تیمارهای مناسب نشان داد که بذرهای این گونه از قوه نامیه زیادی برخوردار است.

واژه‌های کلیدی: اصفهان، بذر ارتدکس، تترازولیم، جنگل، جوانه‌زنی، خواب فیزیولوژیک.

مقدمه

گونه‌های مختلف جنس بارانک به‌طور پراکنده در نواحی جنگلی مرتفع و کوهستانی ایران انتشار دارند. این گیاهان در رقابت با سایر گونه‌های درختی به‌خصوص وقتی تاج‌پوشش جنگل بسته می‌شود به‌سرعت ضعیف شده و در نهایت

مغلوب می‌شوند، حداقل یک روشنه کوچک کافی است تا امکان حضور و رشدونمو این گونه‌های نورپسند را در کنار سایر گونه‌ها فراهم نماید (Zeitlinger, 1990; Demesure, 2000; Paganova, 2007). کاشت این گونه‌ها در عرصه‌های جنگلی مخروطی، به لحاظ تولید بذر فراوان

فیزیولوژیک است که به سه سطح عمیق، متوسط و غیر عمیق تقسیم می‌شود (Baskin & Baskin, 2004). در خواب فیزیولوژیک عمیق، بذرها علی‌رغم وجود شرایط مساعد حتی پس از تیمار با جیبرلین جوانه زده و یا تولید نهال‌های غیر عادی می‌کنند. برای شکستن خواب بذر در این موارد نیاز به چندین ماه چینه‌سرمایی یا گرمایی می‌باشد (Baskin & Baskin, 2004; Baskin et al., 2005). روش چینه‌سرمایی به‌طور تقریبی همان شرایطی است که بذر در محیط طبیعی با آن مواجه است. در این روش‌ها بذر در دماهای پائین (یک تا پنج درجه سانتی‌گراد) یا بالا (بیشتر از ۱۵ درجه سانتی‌گراد) در طی دوره‌های مختلف زمانی در بستر مناسب مرطوب قرار می‌گیرد (Anonymous, 1996). Zarchini و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلین باعث بیشترین سرعت (۱۵/۷۵ روز)، درصد (۵۰/۴۲٪) و ارزش جوانه‌زنی (۲/۴۵) بذر تیس *S. aucoparia* L. می‌شود. Arrillaga و همکاران (۱۹۹۲)، در غلظت $11/5 \mu\text{M}$ جیبرلین به مدت ۷۲ ساعت فقط ۸٪ جوانه‌زنی را برای گونه *S. domestica* گزارش کردند. Flemion (۱۹۳۱)، Harris و Stein (۱۹۷۴) اثر تیمارهای اسکاریفیکاسیون شیمیایی یا مکانیکی را بر کاهش زمان چینه‌سرمایی لازم جهت شکستن خواب بذر بارانک *S. torminalis* ناموفق گزارش نمودند. Kildisheva و همکاران (۲۰۱۱)، استفاده از جیبرلین و چینه‌سرمایی را برای برطرف ساختن خواب بذر *Sphaeralcea munroana* ناموفق توصیف کردند و با توجه به جوانه‌زنی بذر با تیمارهای اسکاریفیکاسیون، وجود خواب جنین را در این گونه منتفی دانستند. گزارش‌هایی توسط پژوهشگران مختلف در رابطه با روش‌های شکستن خواب و جوانه‌زنی بذر اکوتیپ‌های ایرانی گونه‌های تیس و بارانک ارائه شده است اما (Espahbodi et al., 2005; Zarchini et al., 2013) مقاله پیش‌رو، ماهیت و نوع خواب بذر بارانک ایرانی را مورد توجه قرار داده که تاکنون گزارشی در این خصوص برای گونه یادشده در منابع علمی دنیا منتشر نشده است.

موجب اصلاح و احیاء عرصه‌های جنگلی خواهد شد (Kučerová et al., 2010).

بارانک ایرانی گونه‌ای دارویی، مقاوم به سرما و مهم از نظر رویشگاهی به‌عنوان پناهگاه حیات‌وحش معرفی شده است (Dzhangaliev, 2003). به‌جز گزارش یاد شده، اطلاعات چندانی در مورد این گونه در دسترس نیست. اما گزارش‌های متعددی درباره ارزش‌های زینتی، دارویی، تجاری و صنعتی سایر گونه‌های جنس *Sorbus* در منابع علمی معتبر وجود دارد (Arrillaga et al., 1992; Hummer & Janick, 2009). در دهه ۱۹۹۰، الوار گونه بارانک *S. torminalis* گران‌قیمت‌ترین چوب موجود در بازار اروپا بود (Oddou-Muratorio, 2004) و Nekratova و Shurupova (۲۰۱۵) گونه‌های بارانک را به‌عنوان گیاهانی با خواص دارویی مدر، قابض، ملین (برگ‌ها)، قاعدگی‌آور، مفید در معالجه بیماری‌های ناشی از کمبود ویتامین C، بواسیر، سرفه و برونشیت، اختلال و درد در دفع ادرار، سوزش مثانه، اختلالات سوخت و ساز اسید اوریک و انحلال رسوبات آن در بدن، تصفیه و قلیایی نمودن خون معرفی نموده‌اند.

دامنه جوانه‌زنی بذر در گونه‌های مختلف جنس بارانک متفاوت گزارش شده است (Flemion, 1931; McKeever, 1938; Mirov & Kraebel, 1939; Hilton et al., 1965; Zentsch, 1970; Harris & Stein, 1974; Barclay & Crawford, 1984; Lenartowicz, 1988; Trindle, 1996). خواب بذر عامل محدودکننده استقرار این گونه‌های ارزشمند در عرصه‌های جنگلی است. علی‌رغم یکنواختی بسیار زیاد ساختار موجود در بذر گونه‌های مختلف، درجات متفاوتی از خواب (برحسب ماهیت خواب بذر) و متناسب با آن تیمارهای متعدد جوانه‌زنی برای این جنس معرفی شده است (Nikolaeva, 1969; Harris & Stein, 1974; Gordon & Rowe 1982; Takos & Efthimiou, 2003; Yang & Shen, 2011; Bian et al., 2013) یکی از متداول‌ترین نوع خواب بذر در بیشتر نهان‌دانگان خواب

مواد و روش‌ها

بذرهای بارانک ایرانی (شکل ۱) مورد استفاده در این پژوهش از میوه‌های پایه‌های نخبه، شاداب و سالم با قطر بیش از ۱۰ سانتی‌متر در آبان سال ۱۳۹۱ جمع‌آوری شدند. رویشگاه این درختچه‌ها در جنگل‌های فریدونشهر اصفهان در ارتفاعات ۲۱۰۰ تا ۲۰۴۴ متر بالاتر از سطح دریا با اقلیم سرد، متوسط دمای سالانه ۱۰/۰ درجه سانتی‌گراد و با متوسط بارش سالانه ۵۸۵ میلی‌متر واقع است. بذرهای (شکل ۲) حاصل پس از ضدعفونی و جداسازی از شفت، خشک (desiccation) و خالص‌سازی شده، در سردخانه‌های بانک ژن با دمای یک تا چهار درجه سانتی‌گراد تا زمان اجرای آزمایش‌ها نگهداری شدند. درصد رطوبت بذر (رابطه ۱) بلافاصله پس از جداسازی از شفت و همچنین بعد از کاهش رطوبت بذر، با خشک نمودن پنج گرم بذر در آون با دمای ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۷ ساعت به روش Hong و Ellis (۱۹۹۲) طبق رابطه ۴ و وزن هزار دانه با توزین چهار تکرار هر کدام شامل ۱۰۰ بذر (Anonymous, 2005) تعیین گردید (این آزمایش‌ها با نمونه‌گیری مجدد سه بار تکرار شدند).

$$\text{رابطه ۱} \quad M(\%)=100((w_1-w_2)/w_1)$$

M درصد رطوبت بذر، w_1 وزن بذر قبل از خشک کردن و w_2 وزن بذر بعد از خشک کردن است. آزمون تعیین درصد زنده‌مانی بذر: یک ماه و دو سال پس از برداشت، زنده‌مانی بذر با چهار تکرار ۲۰ تایی با استفاده از آزمایش تترازولیوم تعیین شد. ابتدا بذر به مدت ۶ ساعت در آب با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد خیس‌انده شدند و سپس برش عرضی بذر در فاصله یک میلی‌متری سمت مخالف نوک باریک بذر به منظور نفوذ بیشتر محلول تترازولیوم و رنگ‌پذیری بهتر بذر ایجاد شد. بذر به مدت ۱۸ ساعت در محلول تری‌فنیل تترازولیوم کلراید یک درصد با دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و پس از خروج از محلول و آبکشی، مکان و درصد رنگ‌پذیری هر یک از بذرها بررسی شد. بذرهای با رنگ‌پذیری قرمز تا صورتی در حاشیه‌های جنین و لپه‌ها، به‌عنوان بذر با جنین زنده تلقی شدند (Moore, 1985; Anonymous, 1999; Anonymous, 2000).



شکل ۱- میوه بارانک ایرانی



شکل ۲- بذر بارانک ایرانی

در رابطه‌های بالا n تعداد بذر جوانه‌زده، N تعداد بذر سالم کاشته شده، n_i تعداد بذرهای جوانه‌زده در روز T_i پس از کاشت و T_i شماره روز جوانه‌زنی پس از کاشت، T_n آخرین روزی که پس از آن جوانه‌ای سبز نشد و n_n تعداد بذر جوانه‌زده در روز آخر است. پس از یک ماه، سه گیاهچه از هر واحد آزمایشی برداشت شده و طول ریشه‌چه و ساقه‌چه آنها با استفاده از خط‌کش مدرج میلی‌متری اندازه‌گیری شد. تجزیه واریانس داده‌ها در قالب طرح آزمایشی کامل تصادفی و مقایسه میانگین صفات با آزمون چند دامنه‌ای دانکن به وسیله نرم‌افزار آماری SAS انجام شد.

نتایج

وزن هزاردانه، طول و قطر متوسط بذر بارانک ایرانی تهیه شده از جنگل گووه فریدونشهر پس از خالص‌سازی و پوک‌گیری، به ترتیب $47/42 \pm 0/89$ گرم، $7/5 \pm 0/58$ و $4/5 \pm 0/58$ میلی‌متر بود. درصد رطوبت بذرهای بلافاصله پس از جداسازی از میوه $17/3\%$ بود که با کاهش رطوبت به 7% رسید.

آزمون ترازولیوم: بین درصد بافت‌های زنده و مرده بذرهای (شکل ۳) در تیمارهای یک ماه و دو سال پس از برداشت اختلاف معنی‌داری ملاحظه نشد ولی مقدار بذر نیمه‌زنده از $2/5\%$ در تیمار یک ماه پس از برداشت به $7/5\%$ ، در تیمار دو سال پس از برداشت کاهش یافت (جدول ۱).

آزمون جوانه‌زنی: جوانه‌زنی تیمارهای شاهد و بذر بدون پوشش 1% و در کلیه تیمارهای چینه‌سرمایی به‌طور معنی‌داری بیش از سایر تیمارها بود (جدول ۲). افزایش دوره سرمادهی تا چهار ماه به‌طور معنی‌داری درصد جوانه‌زنی را افزایش داد.

آزمون جوانه‌زنی: در آزمایش‌های جوانه‌زنی، پانزده نمونه کاری بذر (working sample) (هر نمونه شامل ۲۸ عدد بذر) در ۴ تکرار (Nee & Zheng, 2005) تحت تأثیر یکی از تیمارهای زیر قرار گرفتند: T_c : خیساندن بذر در آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت به‌عنوان تیمار شاهد، T_{nt} : حذف پوسته بذر، T_1 : خیساندن بذر در محلول 1000 پی‌پی‌ام جیبرلین (GA3, Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO) به مدت ۲۴ ساعت، T_2 ، T_3 ، T_4 و T_5 : چینه‌سرمایی (یک تا چهار درجه سانتی‌گراد) به ترتیب به مدت یک ماه، دو ماه، سه ماه و چهار ماه، T_6 ، T_7 ، T_8 و T_9 : خیساندن در محلول 500 پی‌پی‌ام جیبرلین به مدت ۲۴ ساعت و سپس چینه‌سرمایی (یک تا چهار درجه سانتی‌گراد) به مدت یک ماه، دو ماه، سه ماه و چهار ماه، T_{10} ، T_{11} ، T_{12} و T_{13} : چینه‌گرمایی (۲۵ درجه سانتی‌گراد) به مدت دو هفته و سپس چینه‌سرمایی (یک تا چهار درجه سانتی‌گراد) به ترتیب به مدت یک ماه، دو ماه، سه ماه و چهار ماه.

سپس بذرهای در عمق یک سانتی‌متر خاک سرندشده سترون رویشگاه (Pourmajidian, 2000) بارانک ایرانی کاشته شدند. نمونه‌های کشت شده در ژرminatور در شرایط ۱۶ ساعت نور و هشت ساعت تاریکی و دمای متناوب 30 درجه سانتی‌گراد/ 20 درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و یادداشت‌برداری به‌صورت روزانه و به مدت ۳۰ روز متوالی انجام شد (Ellis et al., 1985). پدیدارشدن ساقه‌چه در بالای خاک، به‌عنوان معیار جوانه سالم در نظر گرفته شد. براساس داده‌های به‌دست آمده، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و بنیه بذر با استفاده از آزمون استاندارد جوانه‌زنی با توجه به رابطه‌های ۲ تا ۴ محاسبه شد:

$$PG=100(n/N) \quad (\text{رابطه ۲})$$

$$GV=\sum n_i/T_i \quad (\text{رابطه ۳})$$

$$SV=(n_1/1+n_2/2+ \dots +n_n/T_n)n \quad (\text{رابطه ۴})$$



شکل ۳- رنگ‌پذیری بذرهای بارانک ایرانی در آزمون تترازولیوم، از چپ: بذرهای اول و دوم زنده، سوم و چهارم نیمه‌زنده

جدول ۱- مقایسه میانگین و خطای معیار اثر مدت زمان نگهداری بر درصد زنده‌مانی بذر بارانک ایرانی

قابلیت حیات بذر (%)			مدت نگهداری بذر
مرده	نیمه‌زنده	زنده	
۱/۷۵ ± ۰/۵۰ a	۲/۵۰ ± ۱/۰۰ a	۹۵/۷۵ ± ۱/۲۶ a	یک ماه
۲/۷۵ ± ۰/۹۶ a	۰/۷۵ ± ۰/۵۰ b	۹۶/۵۰ ± ۱/۲۹ a	دو سال
۰/۵۸	۰/۶۳	۱/۶۳	خطای میانگین مربعات
۳۳/۹۵	۴۸/۶۵	۱/۳۳	ضریب تغییرات (درصد)

جدول ۲- مقایسه میانگین درصد بذرهای سبز شده روزهای سوم تا ششم تحت تأثیر تیمارهای مختلف شکستن خواب بذر بارانک ایرانی

تعداد بذر سبز شده				نوع تیمار
روز ششم	روز پنجم	روز چهارم	روز سوم	
۱ i	۱ g	۰/۵ i	۰ g	Tc
۱ i	۱ g	۱ i	۱ d-g	Tnt
۱/۵ i	۱/۵ g	۱/۵ hi	۰/۵ efg	T1
۲/۵ hi	۲/۵ g	۲/۲۵ ghi	۰/۲۵ fg	T2
۴/۷۵ ghi	۳/۷۵ fg	۲/۷۵ f-i	۱ d-g	T3
۱۵/۵ d	۹/۵۰ e	۳/۷۵ fgh	۲/۲۵ cde	T4
۴۳/۰۰ b	۳۶/۲۵ b	۲۵/۵۰ b	۶/۵ b	T5
۷/۵۰ fg	۶/۷۵ ef	۲/۷۵ f-i	۰/۷۵ efg	T6
۸/۵۰ fg	۸/۵۰ e	۴/۵ efg	۳/۵ c	T7
۱۰/۵۰ ef	۸/۵۰ e	۷/۵ d	۲/۰۰ c-f	T8
۲۹/۰۰ c	۲۵/۰۰ c	۱۱/۰۰ c	۵/۵ b	T9
۴/۷۵ ghi	۴/۲۵ fg	۳/۰۰ f-i	۰/۷۵ efg	T10
۷ fgh	۶/۷۵ ef	۵/۲۵ def	۲/۵ cd	T11
۱۴/۵۰ de	۱۴/۵۰ d	۶/۵۰ de	۲/۰۰ c-f	T12
۹۸/۰۰ a	۵۲/۲۵ a	۳۰ a	۱۳/۵ a	T13
۹/۰۶	۴/۸۶	۲/۶۲	۱/۱۳	خطای میانگین مربعات
۱۸/۵۹	۱۸/۱۶	۲۲/۵۲	۳۸/۰۲	ضریب تغییرات (درصد)

حروف مشابه در هر ستون مبین معنی‌دار نبودن اختلافات در سطح احتمال ۵٪ با استفاده از آزمون دانکن است. Tc: شاهد، Tnt: بذر بدون پوسته

بیشترین درصد جوانه‌زنی (۹۸٪)، بیشترین سرعت (۷۱/۲۸ بذر جوانه‌زده در روز) و بیشترین بنیه (۲۰۴۷) جوانه‌زنی بذر بارانک ایرانی در تیمار T_{13} یعنی تیمار تناوب دو هفته چینه گرمایی و سپس چهار ماه چینه سرمایی حاصل شد (جدول ۳). سیر نزولی کاهش کیفیت جوانه‌زنی بذر بارانک ایرانی در پنج تیمار برتر به ترتیب به صورت $T_{13} > T_5 > T_9 > T_{12} > T_8$ بود. پانزده تا ۲۰ روز پس از سبزشدن برگ‌های لپه‌ای، برگ‌های اصلی پدیدار شدند (شکل ۴).

تیمارهای T_5 ، T_9 و T_{13} تیمارهایی هستند که وجه مشترک آنها تیمار چینه سرمایی به مدت چهار ماه است و درصد جوانه‌زنی در این سه تیمار حداقل هشت برابر سایر تیمارها حتی سایر تیمارهای چینه سرمایی می‌باشد. شش روز پس از انتقال به ژرمیناتور بالاترین درصد جوانه‌زنی (۹۸/۰۰ درصد) در تیمار چینه گرمایی (۲۵ درجه سانتی‌گراد) به مدت دو هفته و سپس چینه سرمایی (یک تا چهار درجه سانتی‌گراد) به مدت چهار ماه به دست آمد. اختلاف بین این تیمار و دیگر تیمارهای مورد آزمایش از نظر درصد جوانه‌زنی از روزهای ابتدایی کاشت معنی‌دار بود.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف بر خصوصیات جوانه‌زنی بذر بارانک ایرانی

نوع تیمار	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی (تعداد در روز)	بنیه بذر
Tc	۱ g	۰/۲۳ j	۰/۲۳ d
Tnt	۱ g	۰/۳۳ j	۰/۳۳ d
T1	۱/۵ gf	۰/۴۲ j	۰/۶۹ d
T2	۳/۰۰ f	۰/۶۸ ij	۲/۰۴ d
T3	۵/۵۰ e	۱/۲۶ hi	۷/۰۳ d
T4	۱۵/۰۰ b	۳/۳۶ d	۵۰/۶۸ d
T5	۹۷/۰۰ a	۵۱/۴۱ b	۱۸۹۷/۹۱ b
T6	۷/۵۰ d	۱/۶۸ gh	۱۲/۹۰ d
T7	۸/۷۵ d	۲/۴۱ ef	۲۱/۳۶ d
T8	۱۱/۷۵ c	۲/۸۴ de	۳۳/۶۴ d
T9	۹۶/۲۵ a	۴۱/۶۹ c	۱۷۱۹/۹۳ c
T10	۵/۲۵ e	۱/۲۰ hi	۶/۳۵ d
T11	۷/۰۰ de	۲/۰۰ fg	۱۴/۱۰ d
T12	۱۴/۰۰ b	۳/۴۸ d	۴۸/۹۴ d
T13	۹۷/۵۰ a	۷۱/۰۵ a	۲۰۴۶/۹۲ a
خطای میانگین مربعات	۲/۰۶	۰/۲۴	۹۳۸/۷۷
ضریب تغییرات (درصد)	۶/۰۸	۱۰/۸۶	۹/۹۵

حروف مشابه در هر ستون مبین معنی‌دار نبودن اختلافات در سطح احتمال ۵٪ با استفاده از آزمون دانکن است. Tc: شاهد، Tnt: بذر بدون پوسته



شکل ۴- جوانه‌زنی و سبز شدن بذر در ژرمیناتور

هوایی (۶/۵ سانتی‌متر) و ریشه‌چه (۶/۴ سانتی‌متر) مربوط به تیمار شاهد بود که از نظر طول ریشه‌چه اختلاف معنی‌داری با تیمارهای T₁, T₂, T₃, T₆, T₁₀ و T_{nt} نداشت (جدول ۴).

خصوصیات گیاهچه: بیشترین طول قسمت هوایی و ریشه‌چه در تیمار T₁₃ به ترتیب ۹/۱۳ و ۹/۰۶ سانتی‌متر بود. با این‌وجود بین این تیمار و تیمارهای دیگر (به‌استثنای تیمارهای T₂, T₆, T₉ و T_{nt}) از نظر طول قسمت هوایی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. کمترین طول قسمت

جدول ۴- مقایسه میانگین و خطای معیار اثر تیمارهای مختلف بر خصوصیات گیاهچه گونه بارانک ایرانی

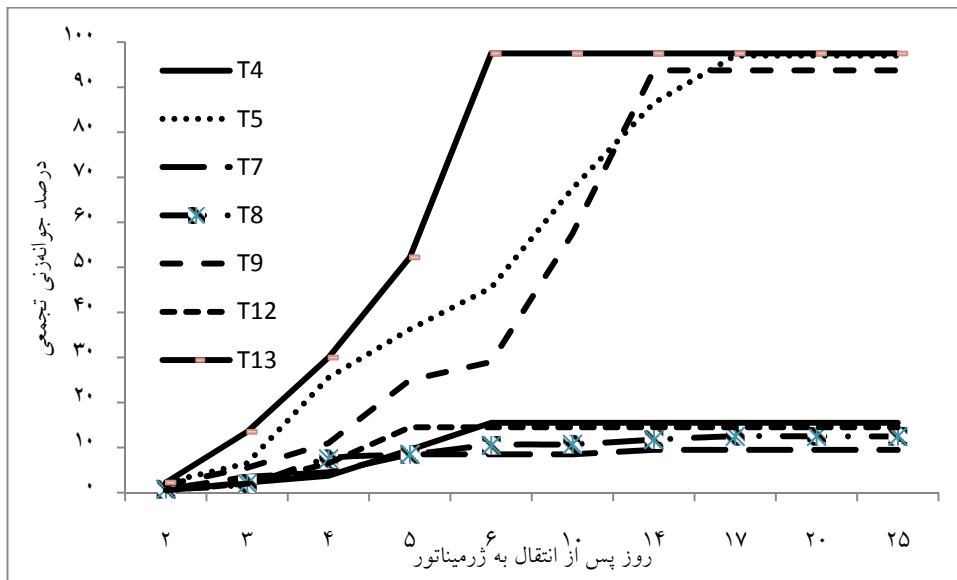
طول ریشه (سانتی‌متر)	طول قسمت هوایی (سانتی‌متر)	نوع تیمار
۶/۳۸ ± ۰/۶۳ e	۶/۵۰ ± ۰/۵۸ f	Tc
۷/۳۸ ± ۰/۲۵ b-e	۸/۰۰ ± ۰/۰۰ b-e	Tnt
۷/۳۱ ± ۱/۰۷ b-e	۹/۱۳ ± ۰/۵۸ a	T1
۶/۸۸ ± ۰/۴۸ de	۷/۳۸ ± ۰/۴۸ e-f	T2
۷/۷۵ ± ۰/۵۰ a-e	۸/۲۵ ± ۰/۵۰ a-e	T3
۷/۸۸ ± ۰/۷۵ a-d	۸/۳۸ ± ۰/۷۵ a-e	T4
۸/۲۵ ± ۰/۵۰ a-d	۸/۷۵ ± ۰/۵۰ abc	T5
۷/۵۶ ± ۱/۵۳ b-e	۷/۸۸ ± ۰/۸۵ b-e	T6
۸/۳۸ ± ۱/۴۴ abc	۸/۵۰ ± ۱/۰۰ a-d	T7
۷/۸۸ ± ۰/۹۵ a-d	۸/۵۰ ± ۱/۰۰ a-d	T8
۹/۰۶ ± ۱/۵۳ a	۸/۸۸ ± ۰/۷۵ ab	T9
۷/۰۰ ± ۰/۴۱ cde	۷/۷۵ ± ۰/۵۰ cde	T10
۸/۶۳ ± ۰/۱۴ ab	۸/۵۰ ± ۰/۵۸ a-d	T11
۸/۱۳ ± ۰/۴۸ a-d	۸/۶۳ ± ۰/۴۸ abc	T12
۸/۳۸ ± ۰/۴۸ abc	۹/۱۳ ± ۰/۲۵ a	T13
۰/۷۵	۰/۴۱	خطای میانگین مربعات
۱۱/۰۹	۷/۸۲	ضریب تغییرات (درصد)

حروف مشابه در هر ستون مبین معنی‌دار نبودن اختلافات در سطح اطمینان ۹۵٪ با استفاده از آزمون دانکن است. Tc: شاهد، Tnt: بذر بدون پوسته

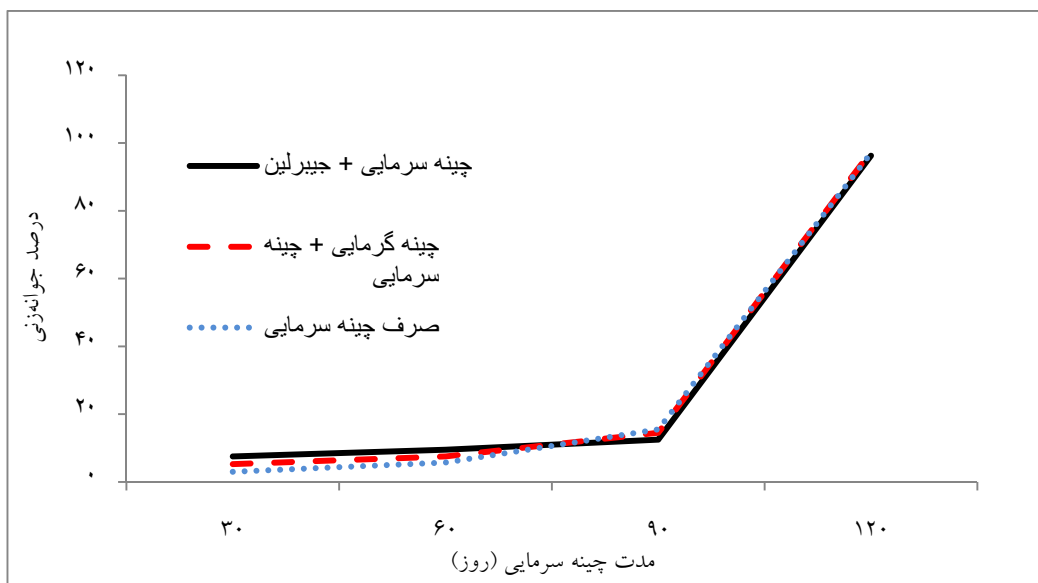
تیمار T9 دیده شد. سایر تیمارها از روند مشابهی تبعیت کردند.

اثر چینه‌سرمایی بر جوانه‌زنی بذر: جوانه‌زنی بذر گونه بارانک ایرانی در تیمارهایی که تحت تأثیر چینه سرمایی واقع شدند، پس از ۱۲۰ روز تا ۹۷/۵٪ افزایش یافت (شکل ۶).

روند جوانه‌زنی بذر: روند جوانه‌زنی بذر تا ۲۰ روز پس از انتقال به ژرمیناتور در شکل ۵ رسم شده است. تیمارهای مختلف چینه‌سرمایی به‌طور معنی‌داری جوانه‌زنی روزانه بذر بارانک ایرانی را در شرایط آزمایشگاهی تحت تأثیر قرار دادند. جوانه‌زنی دو روز پس از انتقال به ژرمیناتور در تمام تیمارها آغاز شد. سریع‌ترین روند جوانه‌زنی در تیمار T13 بعد از آن با شیب ملایم‌تر در تیمار T5 و در درجه سوم در



شکل ۵- اثر تیمار چینه‌سرمایی و جیبرلین بر درصد جوانه‌زنی روزانه بذر گونه بارانک ایرانی



شکل ۶- اثر تیمار چینه‌سرمایی به تنهایی، همراه با جیبرلین و یا با چینه گرمایی بر جوانه‌زنی بذر گونه بارانک ایرانی

بحث

وزن هزاردانه گونه بارانک ایرانی جمع‌آوری شده از ارتفاعات ۲۱۰۰ تا ۲۰۴۴ متر بالاتر از سطح دریای جنگل‌های فریدونشهر اصفهان ۴۷/۴۲ گرم بود که بسیار بیشتر از وزن هزاردانه گزارش شده برای گونه‌های دیگر جنس بارانک از ایلات متحده امریکا است (Var et al., 1947; 2010). اختلافات ژنتیکی موجب افزایش مواد اندوخته‌ای در بذر و وزن هزاردانه شده است. با توجه به نتایج آزمون تترازولیوم، زنده‌مانی بذر پس از دو سال نگهداری در سردخانه با دمای یک تا چهار درجه سانتی‌گراد تغییر معنی‌داری نداشت، که مبین ارتدکس بودن بذر گونه بارانک ایرانی است. افزایش غیرمعنی‌دار زنده‌مانی بذرها پس از دو سال نگهداری در سردخانه ممکن است در نتیجه عواملی مانند خطای آزمایش، وجود پدیده پس‌رسی یا برطرف شدن خواب در تعدادی از بذرها باشد. Gosling (2007) رفتار انبارداری بذر تیس را نیز از نوع بذرهای ارتدکس نشان داد. Yosef-zadeh و Espahbodi (2007) گزارش نمودند که قوه‌نامه بذر بارانک (*S. torminalis*) در سال دوم نسبت به سال اول ۴۲٪ کاهش یافت که دلیل آن شرایط غیراستاندارد نگهداری بذر بوده است. درصد جوانه‌زنی بذرهای گونه بارانک ایرانی بدون اعمال تیمارهای شکستن خواب ۱٪ بود و حذف پوسته نیز موجب بهبود جوانه‌زنی بذر نشد بنابراین به‌نظر می‌رسد خواب بذرهای گونه بارانک ایرانی از نوع فیزیکی (خواب پوسته) نیست. در پژوهش Takos و Efthimiou (2003) جوانه‌زنی بذر بارانک (*S. torminalis*) بدون اعمال تیمارهای شکستن خواب، کمتر از ۱٪ گزارش شده است که اعمال تیمار اسکاریفیکاسیون (حذف پوشش بذر) نیز باعث افزایش جوانه‌زنی آن نشد. بیشترین جوانه‌زنی (۹۷/۵٪) در تیمار دو هفته چینه‌گرمایی همراه با چهار ماه چینه‌سرمایی بدون نیاز به جیبرلین حاصل شد که با ۲ تیمار دیگر اختلاف معنی‌داری نداشت. این بدان معنی است که چینه‌گرمایی و جیبرلین بر درصد و سرعت جوانه‌زنی تاثیری نداشته و تنها چینه‌سرمایی جهت برطرف شدن خواب بذر کفایت می‌کند.

پژوهش‌های متعدد در مورد سایر گونه‌های بارانک نیز تیمار چهار ماه چینه‌سرمایی را مناسب‌ترین تیمار شکستن خواب گزارش نموده‌اند و خواب بذر را از نوع فیزیولوژیکی اعلام کرده‌اند (Anonymous, 1985; Ellis et al., 1985; Dirr & Heuser, 1987; Young & Young, 1992; Hartmann et al., 1997; Anonymous, 1999; Var et al., 2010). که با نتایج این پژوهش همسو است. در مواردی نیز مانند Gültekin و همکاران (2007) سه ماه چینه‌سرمایی جهت شکستن خواب بذر گونه *S. torminalis* کافی تشخیص داده شده است. سرماهی از طریق افزایش تولید جیبرلین، نفوذپذیری غشاء، آنزیم‌های کاتالاز، فسفاتاز، آلکالین لیپاز و پراکسیداز، حلالیت اکسیژن در آب و تشکیل اسیدهای آمینه ضروری برای تغذیه جنین در طول رشد موجب بهبود جوانه‌زنی بذر می‌شود (Zarska-Maciejewska & Lewak, 1976; Young & Young, 1986).

بالاترین درصد جوانه‌زنی در تیمار چینه‌گرمایی (۲۵ درجه سانتی‌گراد) به مدت دو هفته و سپس چینه‌سرمایی (یک تا چهار درجه سانتی‌گراد) به مدت چهار ماه حاصل شد. بین این تیمار و تیمارهای T_5 و T_9 اختلاف معنی‌داری ملاحظه نشد. تیمار دو هفته چینه‌گرمایی (۲۵ درجه سانتی‌گراد) و سپس ۱۶ تا ۳۰ هفته چینه‌سرمایی (یک تا چهار درجه سانتی‌گراد) جهت جوانه‌زنی گونه تیس نیز گزارش شده است (Gosling, 2007). Jentsch (1970) نشان داد که چینه‌گرمایی بر جوانه‌زنی نهایی بذر گونه *S. torminalis* بی‌تأثیر است و فقط منجر به طولانی‌تر شدن زمان لازم برای رسیدن به بیشترین جوانه‌زنی می‌شود. Flemion (1933) گزارش نمود که کاتالازها و پروکسیدازها در اثر چینه‌سرمایی در تیس افزایش می‌یابند. تیمار تناوب دو هفته چینه‌گرمایی و سپس چهار ماه چینه‌سرمایی منجر به وقوع واکنش‌های فیزیولوژیکی در بذر، برطرف شدن خواب و بیشترین بنیه بذر در تیمار T_{13} شد. Farooq و همکاران (2009) پراکسیداسیون را عامل جابجایی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و در نتیجه افزایش بنیه و

- (ISTA), Seed Science Technology. 27, (Supplement) Rules. 333p.
- Anonymus, 2000. Tetrazolium Testing Handbook, (Oleaceae Revision 2006). J. Peters (Ed.), Association of Official Seed Analysts (AOSA), www.aosaseed.com/TZwebsite/2006pdf/2006TZoleaceae.pdf
 - Anonymus, 2005. Rules for seed testing. International Seed Testing Association (ISTA), Bassersdorf, Switzerland. 395 p.
 - Anonymus, 2013. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.1. <www.iucnredlist.org>.
 - Arrillaga, I., Marzo, T. and Segura, J., 1992. Embryo culture of *Fraxinus ornus* and *Sorbus domestica* removes seed dormancy. Horticultural Science, 27: 371-371.
 - Barclay, A. M. and Crawford, R. M. M., 1984. Seedling emergence in the rowan (*Sorbus aucuparia*) from an altitudinal gradient. Journal of Ecology, 72: 627-636.
 - Baskin, J. M. and Baskin, C. C. 2004., A classification system for seed dormancy. Seed science research, 14: 1-16.
 - Baskin, C. C., Baskin, J. M., McDonald, M. B. and Kwong, F. Y., 2005. Seed dormancy in wild flowers. Flower seeds: Biology and technology, 163-185.
 - Bian, L., Yang, L. Wang, J. and Shen, H., 2013. Effects of KNO₃ pretreatment and temperature on seed germination of *Sorbus pohuashanensis*. Journal of Forestry Research, 24: 309-316.
 - Bray, C. M., Davison, P.A., Ashraf, M. and Taylor, R.M., 1989. Biochemical changes during osmopriming of leek seeds. Annual Botany, 63: 185-93.
 - Demesure, B., Guerroué, B. L., Lucchi, G., Prat, D. and Petit, R.J., 2000. Genetic variability of a scattered temperate forest tree: *Sorbus torminalis* L. (Crantz). Annals of Forest Science, 57: 63-71.
 - Demesure-Musch, B. and Oddou-Muratorio, S., 2004. EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for wild service tree (*Sorbus torminalis*). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy, 6p.
 - Dirr, M. and HEUSER, C. W. J., 1987. The Reference Manual of Woody Plant Propagation: From Seed to Tissue Culture. Varsity Press, Inc., Athens, Georgia, 239p.

سبز شدن سریع بذر گزارش نموده‌اند. Saleem و همکاران (۲۰۱۴) وقوع فرآیندهای پیش‌نیاز جوانه‌زنی طی تیمار خیساندن (Soaking) بذر کدوی تلخ را عامل سبز شدن سریع نهال دانسته‌اند. به این ترتیب می‌توان گفت که تیمار T₁₃ توانسته است با ایجاد فعل و انفعالاتی در بذر منجر به بیشترین بنیه (۲۰۴۷) جوانه‌زنی بذر در بارانک ایرانی شود. جوانه‌زنی سریع بذر، به علت سنتز بالای DNA، RNA و پروتئین در طول تیمارهای چینه‌سرمایی به‌وقوع می‌پیوندد (Bray et al., 1989). به‌طور کلی توصیه می‌شود برای افزایش قابلیت جوانه‌زنی بذرهای گونه بارانک ایرانی، فقط تیمار چینه‌سرمایی به‌مدت چهار ماه مورد استفاده قرار گیرد. بارانک ایرانی در لیست گیاهان در آستانه‌ی انقراض (Anonymous, 2013) قرار دارد. با توجه به اقلیم سرد رویشگاه و درصد بالای جوانه‌زنی بذر بارانک ایرانی پس از اعمال تیمار چینه‌سرمایی به‌طور احتمالی علت در معرض خطر انقراض قرار گرفتن این گونه ربطی به درصد جوانه‌زنی و یا خواب فیزیولوژیکی آن نداشته، بلکه علت آن اشکال در استقرار گیاهچه است و با اعمال تدابیر مدیریتی علمی، تهیه بذر، تولید نهال و توسعه جنگلکاری با این گونه ارزشمند در طرح‌های جنگلداری چند منظوره می‌توان به احیای اراضی تخریب شده جنگلی، بهبود معیشت مردم منطقه، جلوگیری از انقراض نسل و حفظ تنوع زیستی عرصه‌های جنگلی کمک نمود.

References

- Anonymus, 1974. Seeds of Woody Plants in the United States. USDA, Forest Service, Washington, DC. Agri. Handbook No. 450, 883p.
- Anonymus, 1985. Rules for testing seeds. Association of Official Seed Analysts (AOSA) Journal of Seed Technology, 6: 1-118.
- Anonymus, 1996. International Rules for Seed Testing: rules 1996. International Seed Testing Association (ISTA), Seed Science and Technology, 24: 1-335.
- Anonymus, 1999. International Rules for Seed Testing. International Seed Testing Association

- .DC: USDA Forest Service, 450: 780-784.
- Hartmann, H. T., Kester, D. E., Davies, F. T. JR. and Geneve, R. L., 1997. Plant Propagation. Principles and practices. Fifth edition. Prentice-Hall International, Inc., 647p.
 - Hilton, R. J., Jaswal, A. S., Teskey, B. J. E. and Barabas, B., 1965. Rest period studies on seeds of *Amelanchier*, *Prunus*, and *Sorbus*. Canadian Journal Plant Science, 45: 79-85.
 - Hong, T. D. and Ellis, R. H. 1992. The survival of germinating orthodox seeds after desiccation and hermetic storage. Experimental Botany, 43: 239-247.
 - Hummer, K. E. and Janick, J., 2009. Rosaceae: taxonomy, economic importance, genomics: 1-17. In: Folta, K.M. and Gardiner, S.E. (Eds.). Plant Genetics and Genomics: Crops and Models. Springer, New York, 636p.
 - Jentsch, W., 1970. Der Einfluß Tillichs auf die Religionspädagogik der Gegenwart. EvErz 22: 345-362.
 - Khare, C. P., 2007. Indian Medicinal Plants. Janak Puri. New Delhi. India. 836p.
 - Kildisheva, O. A., Dumroese, R. K. and Davis, A. S., 2011. Overcoming Dormancy and Enhancing Germination of *Sphaeralcea munroana* Seeds. Horticultural Science, 46(12): 1672-1676.
 - Kučerová, V., Honec, M., Paule, L., Zhelev, P. and Gomory, D., 2010. Genetic differentiation of *Sorbus torminalis* in Eastern Europe as determined by microsatellite markers. Biologia, 65(5): 817-821
 - Lenartowicz, A., 1988. Warm-followed-by-cold stratification of mountain-ash (*Sorbus aucuparia* L.) seeds. Acta Horticulturae, 226: 231-238.
 - McKeever, D.G., 1938. The effects of various methods of treatment on germination of seeds of some plants valuable for game and erosion purposes. Master's thesis, University of Idaho, Moscow, ID. 128p.
 - Mirov, N.T., and Kraebel, C.J., 1939. Collecting and Handling Seeds of Wild Plants. Civilian Conservation Corps Forestry publ. No.5. US Government Printing Office. Washington, DC. 42 p.
 - Moore, R. P., 1985. Handbook on Tetrazolium Testing. Published by The International Seed Testing Association. Zurich, Switzerland. 99p.
 - Nee, C. L. and Zheng, Y. R., 2005.
 - Dzhangaliev, A. D., Salova, T. N. and Turekhanova, P. M., 2003. The wild fruit and Nut plants of Kazakhstan. Kazakhstan Academy of Science Interbranch Laboratory for the Protection of Germplasm. Main Botanical Garden Almaty, Republic of Kazakhstan. Horticultural Reviews, 29: 305-371.
 - Ellis, R. H., Hong, T. D. and Roberts, E. H., 1985. Handbook of seed technology for genebanks. Vol. 2. Compendium of specific germination information and test recommendations. International Board for Plant Genetic Resources, Rome, 405p.
 - Espahbodi, K., Mirzaee Nadoshan, H., Tabari, M., Akbarinia, M. and Dehghan Shuraki, Y., 2005. The effect of maternal age and one year of maintenance seeds on seed growing of mountain ash (*Sorbus torminalis*). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 11(4): 519- 538 (In Persian).
 - Farooq M, Wahid A, Kobayashi N, Fujita D, Basra SMA. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agron. Sustain. Dev., 29: 185-212.
 - Flemion, F., 1931. After-ripening, germination, and vitality of seeds of *Sorbus aucuparia* L. Contributions From the Boyce Thompson Institute, 3: 413-439.
 - Flemion, F., 1933. Physiological and chemical studies of after-ripening of *Rhodotypos kerrioides* seeds. Contributions From the Boyce Thompson Institute, 5: 143-159.
 - Gordon, A.G. and Rowe, D. C. F., 1982. Seed manual for ornamental trees and shrubs. Forestry Commission Bulletin, 59. HMSO, London. ISBN: 0-11-710152-4. <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=GB19830912420>.
 - Gosling, P., 2007. Raising trees and shrubs from seed. Forestry Commission. Edinburgh, Scotland. 28p.
 - Gültekin, H. C., Gülcü, S., Çelik, S., Gürvelik, N., Ozturk, G., 2007. The Effects of Stratification Periods on Germination of Service Tree (*Sorbus* L.) Seeds, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri: A, Sayı: 2: 42-50.
 - Harris, A. S. and Stein, W. I., 1974. *Sorbus aucuparia* L., mountain- ash. In: Schopmeyer C.S. (Ed.), tech. cord. Seed of woody plants in the United States. Agric. Handbk. Washington

- Sorbus torminalis* L. Crantz (wild service tree) seeds with different origins. African Journal of Biotechnology, 9(34): 5535-5541.
- Yang, L. and Hai-long, S., 2011. Effect of electrostatic field on seed germination and seedling growth of *Sorbus pohuashanesis*. Journal of Forestry Research, 22(1): 27-34.
 - Young J.A. and Young C.G. 1992. Seeds of woody plants in North America. Revised and Enlarged edition. Dioscorides Press, Portland, Oregon. 407 p.
 - Young, J. A. and Young, C. G. 1986. Collecting, processing and germinating seeds of wildland plants. Timber Press. 236 p.
 - Yosef-zadeh, H. and Espahbodi, K., 2007. An investigation of effect seed source, diameter of mother tree and period of treatment on seed germination of Wild Service (*Sorbus torminalis* (L.) Crantz) species in Mazandaran. Iranian Journal of Biology, 20(2): 215- 224 (In Persian).
 - Zarchini, M., Hashemabadi, D., Negahdar, N. and Zarchini, S., 2013. Improvement Seed Germination of Wild Service Tree (*Sorbus aucuparia* L.) by Gibberellic Acid. Annals of Biological Research, 4(1): 72-74.
 - Zarska-Maciejewskanal, S. and Lewak, T., 1976. The role of lipases in the removal of dormancy in apple seeds. Planta, 132: 177-181.
 - Zeitlinger, H. J., 1990. Die Elsbeere. Österreichische Forstzeitung, 12: 35-37.
 - Zentsch, W., 1970. Stratification of *Sorbus aucuparia* L. seeds. In: Bialobok, S. and Suszka B. (Eds.) Proceedings, International Symposium on Seed Physiology of Woody Plants; 1968 September 3-8; Kornik, Poland. Kornik, Poland: Institute of Dendrology and Kornik Arboretum: 127-132.
 - Effects of water supply and sand burial on seed germination and seedling emergence of four dominant psammophytes in the Ordos Plateau. [J]. Acta Phytocologica Sinica, 5: 730-739.
 - Nekratova, N. A. and Shurupova, M. N., 2015. Medicinal plants in the Altai Mountains: reserves of raw materials and annual possible volumes of harvesting. International Journal of Environmental Studies, (ahead-of-print): 1-11.
 - Nikolaeva, M. G., 1969. Physiology of deep dormancy in seeds (Fiziologiya glubokogo pokoya semyan). Israel Program for Scientific Translations [available from the U.S. Dept. of Commerce, Clearinghouse for Federal Scientific and Technical Information.] <http://www.seedbiology.de/dormancy.asp>
 - Paganova, V. 2007. Ecology and distribution of *Sorbus torminalis* (L.) Crantz. in Slovakia. Horticultural Science, 34(4): 138-151.
 - Pourmajidian, M. R., 2000. Investigation on germination and propagation of service tree (*Sorbus torminalis*) in western part of Hyrcanian forests of Iran. Iranian Journal of Natural Resources, 53 (2): 131-139 (In Persian).
 - Saleem, M. S., Sajid, M., Ahmed, Z., Ahmed, S., Ahmed, N. and Islam, M. S. U., 2014. Effect of Seed Soaking On Seed Germination and Growth of Bitter Gourd Cultivars. IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science, 6(6): 7-11.
 - Takos, I. A. and Efthimiou, G. SP., 2003. Germination Results on Dormant Seeds of fifteen Tree Species Autumn Sown in a Northern Greek Nursery. Silvae Genetica, 52(2): 67-71.
 - Trindle, J. D. C., 1996. Personal communication. Corvallis, OR: USDA Natural Resources Conservation Service, Plant Materials Center.
 - Var, M., Becki, B. and Dincer, D., 2010. Effect of stratification treatments on germination of

Appropriate methods for breaking seed dormancy of Iranian mountain ash (*Sorbus persica* Hedl.)

M. Esmaeili Sharif^{1*}, S. M. Hosseini Nasr², A. Ghamari Zare³ and M. Talebi⁴

1* - Corresponding author, Ph.D. Student, Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. E-mail: Masoudesmaeilisharif@gmail.com

2- Associate Prof., Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

3- Associate Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

4- Associate Prof., Biotechnology Department, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

Received: 02.02.2015

Accepted: 04.07.2015

Abstract

Iranian mountain ash (*Sorbus persica* Hedl.) is a valuable shrub species which also frequently occurs in the stands located in Isfahan province in central Zagros. Mountain ash seedling typically begins to germinate after winter. We investigated its seed germination by means of a completely randomized design with 15 treatments including the pre-chill, warm stratification then pre-chill, gibberellin, gibberellin then pre-chill, and control treatments, each in four replications. The highest germination rate (97.50%) was observed for two-week warm stratification (25°C) and the 4-month cold stratification (1-4°C) treatments. The success of cold stratification treatment suggests that Iranian mountain ash is associated with physiological dormancy. Since the pre-chilled treatment for 120 days at 1-4°C completely broke the seed dormancy, the seed dormancy was concluded to be substantially deep. Reducing the initial seed moisture content (17.3%) to 7% did not affect its survival. Moreover, seed viability was maintained following a 600-day storage at -20°C, suggesting an orthodox behavior of the seeds. In conclusion, the use of appropriate treatment resulted in a very high germination rate.

Keywords: Isfahan, orthodox seed, Tetrazolium, germination, physiological dormancy.