اثر لایه‌گذاری گرم، اسید جیبرلیک و آب اکسیژنه بر جوانه‌زنی بذر کیکم قفقازی (*Acer monspessulanum* subsp. *ibericum* M.B.)

بهرام ناصری[۱]، مسعود طبری کوچکسرایی[۲*]، مهدی عابدی[۳]، شیام فارتیال[۴]

[۱] دانشجوی‌دکتری‌جنگل، دانشکدهٔ منابع‌طبیعی دانشگاه تربیت مدرس
[۲] استاد گروه جنگلداری دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس
[۳] استادیار گروه مرتعداری دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس
[۴] استادیار گروه جنگلداری و منابع طبیعی، دانشگاه گراهال، هند

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۲/۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۴/۲۷)

چکیده

به‌منظور بررسی شکست خواب و جوانه‌زنی بذر کیکم قفقازی، بذرها از ارتفاع ۱۹۰۰ متری جنگل گوگلی شهرستان سوادکوه جمع‌آوری شد. به‌دنبال پیش‌تیمار لایه‌گذاری گرم (۰ ، ۴، ۸ و ۱۲ هفته در دمای ۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد)، بذرها به مدت ۲۴ ساعت در دو آزمایش جداگانه ۱) محلول اسید جیبرلیک (۰، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و ۲) محلول آب اکسیژنه (۰، ۱، ۲ و ۳ درصد) قرار گرفتند و بلافاصله به محیط لایه‌گذاری سرد (۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۱ هفته، با احتساب دورهٔ پیش‌تیمار گرم) انتقال یافتند. هر دو آزمایش بر مبنای طرح پایهٔ کاملاً تصادفی و در قالب فاکتوریل با سه تکرار انجام گرفت. نتایج نشان داد که به‌رغم پوسته سخت، بذر کیکم قفقازی مشکلی در جذب آب ندارد. نتایج حاکی از تأثیر مثبت افزایش دورهٔ پیش‌تیمار لایه‌گذاری گرم بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی بود، به‌طوری که جوانه‌زنی از ۱۳ به ۷۶ درصد و سرعت جوانه‌زنی از ۱/۴ به ۳/۸ عدد (در هفته) ترقی کرد. این در حالی است که زمان شروع جوانه‌زنی از ۲۰ به ۱۳ هفته و مدت زمان جوانه‌زنی ۵۰ درصد بذرها از ۱۰ به ۶ هفته کاهش یافت. تاثیر محرک‌های جوانه‌زنی با افزایش غلظت و مدت پیش‌تیمار لایه‌گذاری گرم مشهود بود، به‌طوری که جوانه‌زنی در غلظت‌های ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید جیبرلیک برابر با ۶۴ درصد، و در غلظت‌های ۲ و ۳ درصد آب اکسیژنه به‌ترتیب برابر با ۵۶ و ۷۳ درصد بود. با افزایش مدت پیش‌تیمار لایه‌گذاری گرم، روند کلی سرعت جوانه‌زنی در همهٔ غلظت‌های هر دو محرک حالت افزایشی داشت. به‌طورکلی، به‌لحاظ سهولت کار و صرفه‌جویی در هزینه‌ها، گزینهٔ مناسب برای رفع خواب بذر کیکم قفقازی استفاده از لایه‌گذاری گرم- سرد (بدون کاربرد محرک‌های یادشده) است.

واژه‌های کلیدی: جوانه‌زنی بذر، شکست خواب، کیکم قفقازی، لایه‌گذاری گرم.

* نویسندهٔ مسئول شمارهٔ تماس: ۰۹۱۱۲۲۴۶۲۵۰ ایمیل:mtabari@modares.ac.ir

مقدمه و هدف

کیکم (*Acer monspessulanum* L.)، نام عمومی یکی از گونه‌های جنس افرا، دارای گسترده‌ترین محدودهٔ پراکنش و بیشترین تعداد زیرگونه در بین گونه‌های بومی این جنس در کشور است (ثابتی، ۱۳۸۲؛ مظفریان، ۱۳۸۵). زیرگونه‌های کیکم خشکی‌پسندترین تاکسون در تمام جنس افرا محسوب می‌شوند (Browicz, 1984). بنابراین، کیکم قفقازی یا سیاه کرکو (*Acer monspessulanum* subsp. *ibericum* (M.B.) Yaltirik) درختی مناسب برای احیای جنگل‌های خشک و نیمه‌خشک نواحی کوهستانی به‌شمار می‌آید. این گونه، درختی کوچک و نورپسند است و ارتفاع آن تا ۸ متر می‌رسد. پراکنش جهانی آن قفقاز، شمال‌شرقی ترکیه، شمال و شمال‌غرب ایران است (Van Gelderen, 1994). پایین‌ترین ارتفاع انتشار آن در ایران، رودبار (۶۰۰ متر از سطح دریا) و بالاترین آن پنجاب، واقع در درهٔ هراز (ارتفاع ۲۰۰۰ متر از سطح دریا) است (ثابتی، ۱۳۸۱). روش اصلی ازدیاد و پراکنش کیکم قفقازی استفاده از بذر است و در رویشگاه‌های طبیعی به آسانی جوانه می‌زند، اما به دلایل بکرزایی[1] و خواب پیچیده، موفقیت تولید نهال آن کم است (Van Gelderen, 1994).

به‌طورکلی، تغییر وضعیت از خواب به جوانه‌زنی را می‌توان با استفاده از بعضی تیمارها متناسب با شرایط طبیعی رویشگاه پایه‌های مادری برطرف کرد. این درحالی است که برخی نیازهای فیزیولوژیک بذرهای دارای خواب به کمک خراش‌دهی (مکانیکی و شیمیایی)، شست‌وشو در جریان آب، نگهداری خشک[2]، شرایط سرد و مرطوب[3]، نور، دود و تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی (مانند اسید جیبرلیک و سیتوکینین و غیره) قابل برطرف شدن است (Finch-Savage and Leubner-Metzger, 2006).

جوانه‌زنیِ با تأخیر، از ویژگی‌های ذاتی و بارز گونه‌های جنس افرا است؛ هرچند که ماهیت و شکل ظهور خواب در همهٔ گونه‌های آن یکسان نیست (Bewley and Black, 1982). مطالعات زیادی در مورد روش‌های شکست خواب بذر گونه‌های جنس افرا به‌کمک تیمارهای لایه‌گذاری و استفاده از ترکیبات شیمیایی انجام گرفته است. در این راستا می‌توان به مطالعهٔ ۱) تاثیر لایه‌گذاری سرد در بذر گونه‌های *A. trautvetterii* Medv. (Yilmaz, 2006)، افرای هیمالیایی یا *A. caesium* Wall. ex. Brandis (Phartyal *et al*., 2003)، سیاه‌کرکو یا *A. monspessulanum* L. subsp. *Turcomanicum* (Pojark.) (صلواتی و همکاران، ۱۳۹۲)، کیکم *A. monsspesulanum* L. (نصیری، ۱۳۸۷؛ ۲) تأثیر دمای فراسرد در کیکم *A. monsspesulanum* L. (حاتمی و همکاران، ۱۳۸۹)؛ و ۳) تأثیر تیمارهای لایه‌گذاری گرم-سرد در افرای کرب *A. campestre* L. (ناصری و طبری، ۱۳۹۴) اشاره کرد. البته، در برخی گونه‌ها، ترکیبات شیمیایی مثل اسید جیبرلیک یا اتیلن می‌توانند جایگزین اثر دمای کم برای شکست خواب بذر شده و سبب تحریک جوانه‌زنی شوند (Bewley *et al*., 2012).

به‌رغم تأثیر قوی محرک‌های شیمیایی و هورمونی مانند جیبرلین (Kucera *et al*., 2005) و آب اکسیژنه (Imani *et al*., 2001) بر شکست خواب و تحریک جوانه‌زنی بذرها، اثر این ترکیبات در مورد بذر گونه‌های جنس افرا، به‌جز چند مطالعهٔ محدود، کمتر بررسی شده است (Phartyal *et al*., 2003). با توجه به مشکلات جوانه‌زنی و ندرت اطلاعات تیمار بذر کیکم‌قفقازی و نیز اهمیت زیرگونه‌های کیکم در برنامه‌های توسعهٔ جنگل، هدف این تحقیق، بررسی روش‌های غلبه بر خواب بذر و تأثیر استفاده از محرک‌های جوانه‌زنی به‌منظور معرفی تیمارهای مطلوب برای تحریک جوانه‌زنی و بهبود صفات جوانه‌زنی بذر آن است. در این راستا، دامنه‌ای از

[1] Parthenocarpy
[2] Dry storage
[3] Moist chilling or cold stratification

تیمارهای لایه‌گذاری گرم و سرد در دوره‌های زمانی مختلف و استفاده از محرک‌های شیمیایی به‌منظور یافتن پاسخ به پرسش‌های زیر در نظر گرفته شد:

۱. تیمارهای مختلف لایه‌گذاری تا چه اندازه بر شکست خواب بذر کیکم قفقازی موثرند؟

۲. استفاده از محرک‌های جوانه‌زنی تا چه حد قابل جایگزینی با تیمارهای لایه‌گذاری‌اند؟

مواد و روش‌ها

بذرهای مورد نیاز از ۱۰ پایهٔ مادری در تاریخ ۱۳۹۰/۸/۱ از جنگل گوگلی، بخش اشک واقع در حوزهٔ جنگل‌های شرکت فریم، سوادکوه مازندران، با مختصات عرض شمالی "۳۶°۰۰'۵۶ و طول شرقی "۵۳°۱۶'۵۹ در ارتفاع ۱۹۰۰ متری از سطح دریا تهیه شد. بذرها پس از حمل به مرکز بذر جنگلی خزر (کیلومتر ۸ جاده آمل به محمودآباد) در سردخانه (۴- ۲ درجه سانتی‌گراد) نگهداری شد. بذر پایه‌های مختلف با یکدیگر مخلوط شدند و از میان آنها مقدار لازم برای آزمایش‌های جوانه‌زنی و خصوصیات فیزیکی به‌طور تصادفی جدا شد. در ابتدا، کیفیت‌های فیزیکی بذر شامل تعیین رطوبت نسبی بذر (دو نمونه به‌روش آون در دمای ۱۰۳ درجهٔ سانتی‌گراد به‌مدت ۱۷ ساعت)، وزن هزاردانه (توزین ۸ تکرار ۱۰۰ تایی و محاسبات بعدی)، خلوص (توزین یک نمونهٔ ۱۰۰ گرمی، جداسازی ناخالصی‌ها و محاسبات لازم) و مشخصات فیزیولوژیکی تودهٔ بذر (زنده‌مانی به روش آزمایش تترازولیوم) براساس مقررات انجمن بین‌المللی آزمون بذر (ISTA, 2009)، تعیین شد. بر اساس نتایج، نمونه‌های بذر دارای زنده‌مانی ۷۰ درصد، رطوبت ۱۲/۴ درصد، خلوص ۹۰ درصد و وزن هزاردانه ۷۳/۹ گرم بودند.

برای آزمایش جذب آب، ابتدا ۴۰ عدد بذر سالم (در چهار تکرار ۱۰ تایی) با ترازوی حساس (Sartorius- TS 153S, d=0.001gr) وزن شد و در دمای اتاق روی کاغذ صافی مرطوب داخل پتری‌دیش ۱۰ سانتی‌متری قرار گرفت. بذرها طی فواصل زمانی ۰/۵، ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۸، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ساعت از ظرف خارج شدند و پس از خشک کردن سطحی با کاغذ صافی دوباره وزن شدند. درصد جذب آب به‌عنوان افزایش تودهٔ بذر بر مبنای تودهٔ خشک تعیین شد (Baskin *et al*., 2002).

در ادامه، بذرهای لازم به‌مدت ۴۸ ساعت در آب خیسانده شدند (Willan, 1985)؛ سپس به اندازهٔ پنج برابر حجم با ماسهٔ استریل مرطوب مخلوط شدند و در کیسه‌های پلی‌اتیلنی قرار گرفتند. کیسه‌های حاوی مخلوط بذر و ماسه ابتدا تحت پیش‌تیمار گرم (۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد) طی مدت‌های مختلف (۰، ۴، ۸ و ۱۲ هفته) قرار گرفتند. در پی هر یک از دوره‌های پیش‌تیمارگرم، بذرها در قالب سه تکرار ۵۰ تایی در هر یک از محلول‌های اسیدجیبرلیک (GA3) با غلظت‌های ۰، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ قسمت در میلیون[1] و آب اکسیژنه (H_2O_2) با غلظت‌های ۰، ۱، ۲ و ۳ درصد به‌مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند و پس از این مرحله در شرایط لایه‌گذاری سرد (۴-۲ درجهٔ سانتی‌گراد) قرار داده شدند. کنترل رطوبت، مشاهده و ثبت پدیده‌های جوانه‌زنی در تیمارها به‌طور هفتگی و طی ۴۱ هفته (با احتساب دورهٔ پیش‌تیمار گرم) انجام شد. به‌عبارت دیگر، بذرهایی که به‌مدت ۰، ۴، ۸ و ۱۲ هفته در پیش‌تیمار لایه‌گذاری گرم قرار داشتند به‌ترتیب به‌مدت ۴۱، ۳۷، ۳۳ و ۲۹ هفته در لایه‌گذاری سرد نگهداری شدند و جوانه‌زنی آنها ثبت شد. شایان ذکر است که طول دوره مناسب برای بررسی جوانه‌زنی جنس افرا در حدود ۱۰ هفته و حداکثر تا ۲۰ هفته در لایه‌گذاری سرد است (Baskin and Baskin, 2014). بنابراین، با وجود طولانی بودن زمان قرارگیری در لایه‌گذاری سرد (بین ۲۹ هفته تا ۴۱ هفته در تیمارهای مختلف)، تمامی بذرهای دارای قابلیت جوانه‌زنی طی ۲۰-۱۰ هفته در خلال این زمان جوانه زدند که موکد این است که با

[1] Part per million (ppm)

توجه به سرشت بذرهای افرا، جوانه‌زنی در دورهٔ لایه‌گذاری سرد رخ داده است (Phartyal *et al.*, 2003). با این حال، بذرهای جوانه‌نزده به محیط گرم ژرمیناتور انتقال یافتند، اما در این محیط هیچ جوانه‌زنی مشاهده نشد. در این تحقیق، مولفه‌هایی چون درصد جوانه‌زنی[1] (خروج ریشه‌چه به اندازه ۲ میلی‌متر)، زمان شروع جوانه‌زنی[2]، سرعت جوانه‌زنی[3] و زمان جوانه‌زنی ۵۰ درصد[4] با استفاده از فرمول‌های مربوط در جدول ۱ محاسبه و تعیین شد.

هر کدام از دو آزمایش ۱. لایه‌گذاری چهار سطح و اسیدجیبرلیک چهار سطح؛ ۲. لایه‌گذاری ۴ سطح و آب اکسیژنه چهار سطح، بر مبنای طرح پایهٔ کاملاً تصادفی به‌صورت فاکتوریل و با سه تکرار ۵۰ تایی انجام گرفت. داده‌های حاصل از درصد جوانه‌زنی و پارامترهای آن با استفاده از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۱۷) تجزیهٔ آماری شدند. ابتدا شرط نرمال بودن داده‌ها به‌کمک آزمون Shapiro-Wilk و همگنی واریانس داده‌ها به‌کمک آزمون Levene بررسی شد. تجزیهٔ واریانس با آزمون GLM (General Linear Model) و مقایسه میانگین‌ها با آزمون Tukey-HSD (p <۰/۰۵) انجام گرفت.

جدول ۱- روابط استفاده‌شده در محاسبهٔ جوانه‌زنی و مؤلفه‌های آن

مولفه جوانه‌زنی	فرمول	منبع
درصد جوانه‌زنی (G)	n*100/N	
زمان شروع جوانه‌زنی	زمان طی شده از شروع جذب آب تا خروج ریشه‌چه	Matthews and Powell,2012
سرعت جوانه‌زنی	$S= (N_1 \times 1) + (N_2 - N_1) \times 1/2 + ... (N_n - N_n-1) \times 1/n$	Wardle *et al.*, 1991
زمان جوانه‌زنی ۵۰ درصد	$T50= t_i + \{(N_x/2)-ni\}*(t_i-t_j) / n_i-n_j$	Josep and Maria, 2002
تعداد بذرهای جوانه‌زده		n
تعداد بذرهای کاشته‌شده		N
تعداد بذرهای جوانه‌زدهٔ روزهای اول، دوم، سوم....		$N_1, N_2, N_3 \ldots N_n$
تعداد کل بذرهای جوانه‌زده (در فرمول T_{50})		Nx
تعداد تجمعی بذرهای جوانه‌زده روزهای t_i و t_j وقتی که $n_i < N/2 < n_j$		n_i , n_j

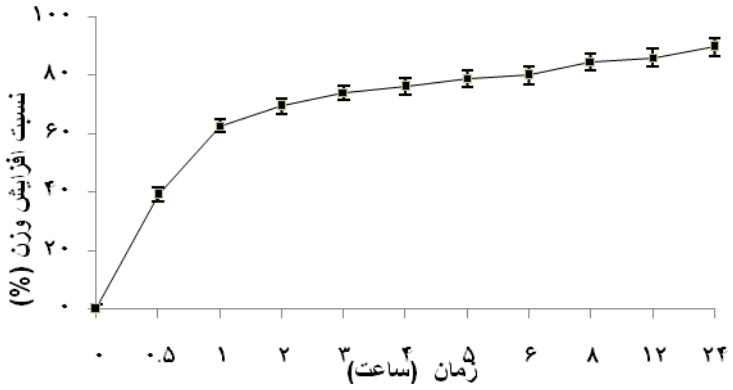
نتایج

بررسی روند جذب آب در بذر کیکم قفقازی طی یک دورهٔ ۲۴ ساعته نشان داد که بیشینهٔ افزایش تودهٔ بذر در نیم ساعت اول به حدود ۴۰ درصد و طی ۲۴ ساعت نزدیک به ۹۰ درصد وزن توده اولیه رسید (شکل ۱). به این ترتیب می‌توان گفت پوسته چوبی بذر این گونه، نسبت به آب نفوذپذیر است.

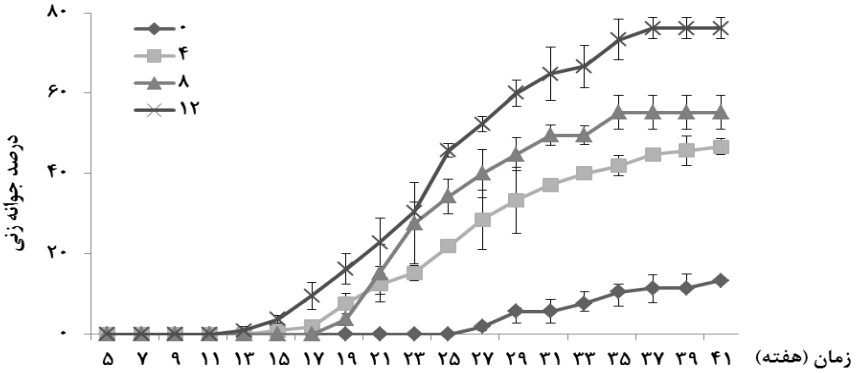
بذرهایی که مدت ۸ و ۱۲ هفته‌ای را در لایه‌گذاری گرم گذراندند، پس از طی دورهٔ لایه‌گذاری سرد، جوانه‌زنی‌شان دیرتر و به ترتیب در هفته‌های ۲۳ و ۲۵ آغاز شد، طوری که به‌ترتیب تا هفته ۳۱ و ۳۵ روند افزایشی داشت و سپس تا انتهای دوره ثابت ماند. البته، بذرهایی که لایه‌گذاری گرم را طی نکردند چند هفته زودتر (یعنی در هفتهٔ ۱۹) شروع به جوانه‌زنی کردند و تا هفته ۲۷ به‌طور تراکمی جوانه‌زنی داشتند. بذرهایی که چهار هفته لایه‌گذاری گرم شدند، جوانه‌زنی شان در هفتهٔ ۱۹ شروع شد و در هفته ۲۸ به پایان رسید و سپس تا پایان دوره ثابت ماند (شکل ۲).

[1] Germination percentage
[2] Lag time
[3] Germination speed
[4] T_{50}

مطابق آنالیز واریانس، تأثیر لایه‌گذاری و غلظت اسید جیبرلیک و نیز تأثیر متقابل آن دو، بر صفات مختلف جوانه‌زنی معنی‌دار بود. به‌طور مشابه، تاثیر لایه‌گذاری و غلظت آب اکسیژنه و تأثیر متقابل آن دو بر دیگر صفات جوانه‌زنی نیز معنی‌دار بود (جدول ۲).



شکل ۱- منحنی روند جذب آب به‌وسیلهٔ بذرهای سالم کیکم قفقازی



شکل ۲- درصد جوانه‌زنی تجمعی بذر کیکم قفقازی تحت تأثیر مدت پیش‌تیمار گرم (در دورهٔ لایه گذاری گرم- سرد ۴۱ هفته)

جدول ۲- آنالیز واریانس اثرهای اصلی و متقابل لایه‌گذاری و غلظت‌محرک‌ها بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی بذر کیکم قفقازی

	منابع تغییر	d.f.	درصد جوانه‌زنی		زمان شروع جوانه‌زنی		سرعت جوانه‌زنی		زمان جوانه‌زنی ۵۰٪	
			F value	P value	F value	P value	F value	P value	F value	P value
جیبرلیک	لایه‌گذاری	۳	۳۰۳/۱	<۰/۰۰۱	۵۱/۲	<۰/۰۰۱	۱۶/۸	<۰/۰۰۱	۶/۱۵	<۰/۰۰۲
	غلظت	۳	۴۷/۱	<۰/۰۰۱	۳۶/۹	<۰/۰۰۱	۴/۳	<۰/۰۱۱	۴/۸۲	<۰/۰۰۶
	لایه‌گذاری× غلظت	۹	۵/۸۹	<۰/۰۰۱	۱۶/۶	<۰/۰۰۱	۸/۰۴	<۰/۰۰۱	۲/۲۱	<۰/۰۴۷
آب اکسیژنه	لایه‌گذاری	۳	۲۶۷/۴	<۰/۰۰۱	۱۰۷/۳	<۰/۰۰۱	۱۶/۶	<۰/۰۰۱	۱۸/۸۳	<۰/۰۰۱
	غلظت	۳	۷۳/۴	<۰/۰۰۱	۹۵/۸	<۰/۰۰۱	۱۷/۷	<۰/۰۰۱	۱۴/۹۶	<۰/۰۰۱
	لایه‌گذاری× غلظت	۹	۱۳/۴	<۰/۰۰۱	۳۶/۶	<۰/۰۰۱	۱۵/۱	<۰/۰۰۱	۱۲/۴۸	<۰/۰۰۱

بیشترین درصد جوانه‌زنی در پیش‌تیمار لایه‌گذاری گرم به‌مدت ۱۲ هفته (بدون استفاده از اسیدجیبرلیک) به میزان ۷۶/۳ درصد بود. در شرایط بیشینهٔ دورهٔ لایه‌گذاری گرم، هنگامی که از اسیدجیبرلیک و آب‌اکسیژنه استفاده شد، در همهٔ غلظت‌ها جوانه‌زنی به ترتیب، ۶۰ تا ۶۴ درصد (جدول ۳) و ۴۸ تا ۷۳ درصد بود (جدول ۴).

با توجه به جدول‌های ۳ و ۴ می‌توان گفت بدون استفاده از محرک (فقط در لایه‌گذاری)، با افزایش دورهٔ لایه‌گذاری گرم، زمان شروع جوانه‌زنی زودتر آغاز شد. سرعت جوانه‌زنی بدون استفاده از محرک (فقط در لایه‌گذاری)، با افزایش دورهٔ لایه‌گذاری گرم و نیز در شرایط استفاده از محرک، در برخی غلظت‌ها روند افزایشی داشت (حدود چهار بذر سبزشده در هفته در لایه‌گذاری ۱۲ هفته گرم). بر عکس، زمان جوانه‌زنی هم بدون استفاده از محرک (فقط در لایه‌گذاری)، با افزایش دورهٔ لایه‌گذاری گرم روند کاهشی نشان داد. در حقیقت، در دورهٔ لایه‌گذاری گرم ۱۲ هفته‌ای ۵۰ درصد بذرها در هفتهٔ ششم، و در شرایط اعمال اسید جیبرلیک و آب اکسیژنه بعد از هفته‌های هفتم و هشتم سبز شدند.

در دوره‌های لایه‌گذاری گرم (به‌ویژه ۸ و ۱۲ هفته)، جوانه‌زنی در بذرهایی که به اسید جیبرلیک و آب‌اکسیژنه آغشته نشده بودند زودتر آغاز شد (شکل ۳).

جدول ۳- مقایسهٔ میانگین‌های مؤلفه‌های جوانه‌زنی بذر کیکم قفقازی تحت تأثیر مدت پیش‌تیمار گرم و اسید جیبرلیک

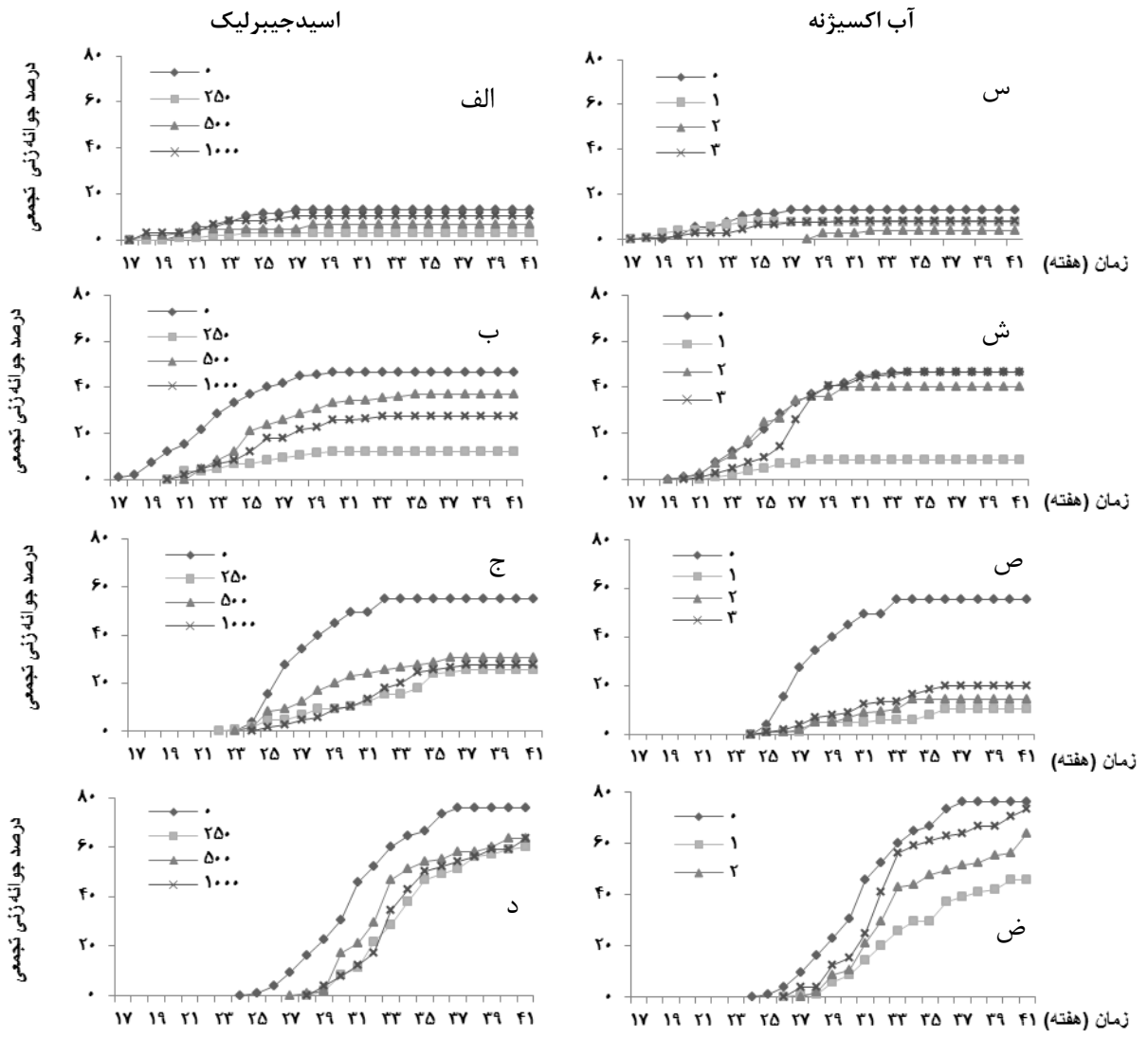
مولفه	غلظت (میلی‌گرم/لیتر)	دورهٔ پیش‌تیمار گرم (هفته) ۰		۴		۸		۱۲	
درصد جوانه‌زنی	۰	۱۳/۰ ± ۱/۷	Ca	۴۵/۶ ± ۲/۶	Ba	۵۵/۰ ± ۲/۶	Aa	۷۶/۳ ± ۴/۰	
	۲۵۰	۳/۰ ± ۰/۰	Cb	۱۲/۳ ± ۰/۹	CC	۲۶/۰ ± ۱/۷	Bb	۶۰/۰ ± ۴/۵	Ab
	۵۰۰	۸/۶ ± ۱/۴	Cab	۳۷/۰ ± ۳/۴	Bab	۳۰/۳ ± ۲/۳	Bb	۶۴/۰ ± ۲/۶	Aab
	۱۰۰۰	۱۳/۳ ± ۳/۳	Ca	۲۷/۶ ± ۱/۶	Bb	۲۷/۶ ± ۳/۲	Bb	۶۴/۰ ± ۲/۰	Aab
زمان شروع جوانه‌زنی (هفته)	۰	۲۰/۳ ± ۰/۳	Aab	۱۵/۰ ± ۰/۵	BCab	۱۶/۳ ± ۰/۳	Bb	۱۳/۶ ± ۰/۳	Cd
	۲۵۰	۲۳/۰ ± ۱/۱	ABa	۱۷/۶ ± ۰/۶	Ca	۱۹/۶ ± ۰/۸	BCab	۲۵/ ۰± ۰/۵	Aa
	۵۰۰	۱۶/۶ ± ۱/۳	BCb	۱۴/۰ ± ۰/۰	Cb	۲۱/۰ ± ۰/۹	Aa	۲۰/۰ ± ۰/۵	ABb
	۱۰۰۰	۱۸/ ± ۰/۰	Bb	۱۰/۰ ± ۰/۹	CC	۲۲/۳ ± ۰/۸	Aa	۱۷/۰ ± ۰/۵	BC
سرعت جوانه‌زنی (تعداد/هفته)	۰	۱/۴ ± ۰/۰	Ba	۲/۵ ± ۰/۴	Aa	۳/۶ ± ۰/۱	Aa	۳/۰ ± ۰/۴	Aa
	۲۵۰	۱/۰ ± ۰/۰	Ba	۲/۱ ± ۰/۳	Ba	۱/۵ ± ۰/۱	Bb	۴/۶ ± ۰/۳	Aa
	۵۰۰	۱/۴ ± ۰/۲	Ba	۲/۹ ± ۰/۵	Ba	۲/۸ ± ۰/۲	Bb	۴/۷ ± ۰/۶	Aa
	۱۰۰۰	۱/۸ ± ۰/۲	Ba	۲/۰ ± ۰/۲	Ba	۲/۱ ± ۰/۳	Bb	۴/۷ ± ۰/۲	Aa
زمان جوانه زنی ۵۰٪ (هفته)	۰	۹/۸ ± ۱/۱	Aa	۶/۹ ± ۰/۴	Ba	۶/۰ ± ۰/۹	Bb	۶/۳ ± ۰/۱	Ba
	۲۵۰	۱۰/۸ ± ۱/۵	Aa	۷/۸ ± ۱/۲	Aa	۹/۷ ± ۲/۰	Aab	۸/۱ ± ۱/۱	Aa
	۵۰۰	۹/۸ ± ۲/۸	Aa	۸/۶ ± ۰/۲	Aa	۷/۰ ± ۱/۹	Aab	۷/۰ ± ۰/۲	Aa
	۱۰۰۰	۸/۵ ± ۰/۵	Aa	۹/۲ ± ۱/۷	Aa	۱۰/۶ ± ۱/۰	Aa	۷/۹ ± ۱/۴	Aa

حروف بزرگ مبین تفاوت‌های معنی‌دار در هر ردیف (اثر پیش‌تیمار گرم) و حروف کوچک نشان‌دهندهٔ تفاوت‌ها در هر ستون (سطوح غلظت) است.

جدول ۴- مقایسهٔ میانگین‌های مؤلفه‌های جوانه‌زنی بذر کیکم قفقازی تحت تأثیر مدت پیش‌تیمار گرم و آب‌اکسیژنه

مولفه	غلظت (٪)	دورهٔ پیش‌تیمار گرم (هفته) ۰		۴		۸		۱۲	
درصد جوانه‌زنی	۰	۱۳/۰ ± ۲/۰	Ca	۴۵/۶ ± ۲/۶	Ba	۵۵/۰ ± ۲/۶	Ba	۷۶/۳ ± ۴/۰	Aa
	۱	۷/۶ ± ۰/۹	Bab	۸/۵ ± ۱/۶	Bb	۱۰/۴ ± ۲/۶	Bb	۴۸/۵ ± ۵/۷	AC
	۲	۳/۸ ± ۰/۶	Db	۳۹/۹ ± ۲/۸	Ba	۱۸/۰ ± ۲/۵	Cb	۵۶/۱ ± ۳/۴	AbC
	۳	۸/۵ ± ۱/۶	Dab	۴۶/۶ ± ۳/۴	Ba	۲۰/۰ ± ۱/۶	Cb	۷۳/۳ ± ۲/۵	Aab
زمان شروع جوانه‌زنی (هفته)	۰	۲۰/۳ ± ۰/۶	Aab	۱۵/۰ ± ۱/۰	BCa	۱۶/۳ ± ۰/۶	BbC	۱۳/۶ ± ۰/۶	CC
	۱	۱۷/ ± ۰/۶	CC	۱۸/۰± ۱/۰	BCa	۲۱/۰ ± ۱/۷	Ba	۲۴/۳± ۱/۲	Aa
	۲	۲۹/ ± ۰/۶	ACa	۱۱/۶ ± ۰/۶	Db	۱۶/۶ ± ۱/۵	Cb	۲۱/۰ ± ۰/۰	Bb
	۳	۱۷/۶ ± ۱/۵	AC	۹/۰ ± ۲/۰	Cb	۱۲/۶ ± ۱/۵	BCC	۱۵/۰ ± ۰/۰	ABC
سرعت جوانه‌زنی (تعداد/هفته)	۰	۱/۴ ± ۰/۰	Ba	۲/۵ ± ۰/۴	Aa	۳/۶ ± ۰/۱	Aa	۳/۸ ± ۰/۴	Aa
	۱	۱/۴ ± ۰/۰	Ba	۱/۶ ± ۰/۱	Bb	۱/۲ ± ۰/۰	Bb	۲/۶ ± ۰/۴	Aa
	۲	۱/۰ ± ۰/۰	Ba	۲/ ۳ ± ۰/۱	Bab	۱/۶ ± ۰/۱	Bb	۳/۰ ± ۰/۲	Aa
	۳	۱/۳ ± ۰/۱	Ba	۳/۴ ± ۰/۳	Aa	۱/۹ ± ۰/۲	ABb	۲/۸ ± ۰/۴	Aa
زمان جوانه‌زنی ۵۰٪ (هفته)	۰	۹/۸ ± ۱/۱	Aa	۶/۹ ± ۰/۴	Ba	۶/۰ ± ۰/۹	Aa	۶/۳ ± ۰/۱	Bb
	۱	۶/۸ ± ۰/۷	Ba	۷/۱ ± ۰/۷	Aa	۷/۱ ± ۱/۴	Aa	۸/۹ ± ۱/۴	Aa
	۲	۱۶/۵ ± ۱/۷	Aa	۷/۲ ± ۰/۹	Ba	۸/۵ ± ۱/۳	Ba	۷/۸ ± ۰/۸	Aab
	۳	۷/۸ ± ۲/۰	Ba	۸/۵ ± ۱/۰	Aa	۷/۵ ± ۰/۵	Aa	۷/۶ ± ۰/۳	Aab

حروف بزرگ مبین تفاوت‌های معنی‌دار در ردیف (اثر پیش‌تیمار گرم) و حروف کوچک نشان‌دهندهٔ تفاوت‌ها در ستون (سطوح غلظت) است.



شکل ۳- مقایسهٔ اثر دوره پیش‌تیمار گرم (در دورهٔ لایه‌گذاری گرم-سرد ۴۱ هفته)
و غلظت محرک‌ها بر جوانه‌زنی بذر کیکم قفقازی

(الف) اسید جیبرلیک با پیش‌تیمار گرم صفر هفته، ب) پیش‌تیمار گرم ۴ هفته، (ج) پیش‌تیمار گرم ۸ هفته، (د) پیش‌تیمار گرم ۱۲ هفته
(س) آب‌اکسیژنه با پیش‌تیمار گرم صفر هفته، (ش) پیش‌تیمار گرم ۴ هفته، (ص) پیش‌تیمار گرم ۸ هفته، (ض) پیش‌تیمار گرم ۱۲ هفته

بحث

نتایج این تحقیق بر تأثیر قوی، مثبت و معنی‌دار افزایش دورهٔ پیش‌تیمار گرم بر افزایش درصد جوانه‌زنی و تغییر مثبت صفات آن در بذر گونهٔ کیکم قفقازی طی لایه‌گذاری سرد تاکید دارد. پیش‌تیمار لایه‌گذاری گرم سبب افزایش اثربخشی لایه‌گذاری سرد در بذرها شد، طوری که تحت تأثیر بیشینهٔ دورهٔ این تیمار (۱۲ هفته گرم)، و در پی لایه‌گذاری سرد (۲۹ هفته)، جوانه‌زنی حداکثر (حدود ۷۶ درصد) مشاهده شد. این درحالی است‌که لایه‌گذاری سرد به تنهایی (بدون پیش‌تیمار لایه‌گذاری گرم) توانست فقط ۱۳ درصد از بذرها را به جوانه‌زنی وادارد. همچنین محققان در این زمینه به تأثیر مختلف پیش‌تیمار گرم در تحریک جوانه‌زنی بذر شامل

افزایش نفوذپذیری آندوکارپ استخوانی، نرم کردن پوسته‌های چوبی، تکمیل رشد جنین‌های نارس در گونه‌های دارای خواب مورفوفیزیولوژیک، و نیز کمک برای شکست برخی انواع خواب فیزیولوژیک، اشاره کرده‌اند (Baskin *et al*., 2002; Baskin and Baskin, 2004; Bonner and Karrfalt, 2008).

به‌طورکلی، استفاده از لایه‌گذاری سرد برای تحریک جوانه‌زنی بذر تیماری موفق در مورد گونه‌های افرا بیان شده است. از جمله، می‌توان به سیاه‌کرکو (صلواتی و همکاران، ۱۳۹۲)، افرای چناری یا *A. platanoides* L. (Baskin and Baskin, 2014)، افرای تراتوتری یا *A. trautvetterii* (Yilmaz, 2006) و افرای هیمالیایی یا *Acer caesium* Wall. ex. Brandis (Phartyal *et al*., 2003) اشاره کرد که شکست خواب فیزیولوژیک عمیق در آنها نیازمند لایه‌گذاری سرد بین ۱۲ تا ۲۸ هفته است. این درحالی است که استفاده از لایه‌گذاری گرم فقط در برخی افراها از جمله *A. circinatum* Pursh. (۶۰-۳۰ روز لایه‌گذاری گرم سپس ۱۸۰-۹۰ روز لایه‌گذاری سرد)، افرای صخره‌ای یا *A. glabrum* Torr. (تا ۱۸۰ روز لایه‌گذاری گرم و ۱۸۰ روز لایه‌گذاری سرد) گزارش شده است (Bonner and Karrfalt, 2008). در مورد افرای کرب نیز بیشترین درصد جوانه‌زنی (۵۳ درصد) در لایه‌گذاری ۸۴ روز گرم و سپس ۱۵۴ روز سرد اتفاق افتاد (ناصری و طبری، ۱۳۹۴).

در کل، از نظر مدت لایه‌گذاری گرم و سرد مورد نیاز برای تحریک جوانه‌زنی، بذر کیکم قفقازی، مشابهت زیادی با افراهای *A. ginnala* Maxim. و *A. circinatum* و *A. campestre* نشان داده است. البته، نصیری (۱۳۸۷) با مطالعه بذر کیکم مبدأ چهارطاق اردل، سرمادهی در بستر ماسه به‌مدت ۶ ماه را که سبب جوانه‌زنی ۳۳ درصد بذرها شد تیمار مناسب شکست خواب بذر معرفی کرد در حالی که لایه‌گذاری گرم در دمای متناوب ۲۵-۱۵ °C و سپس اعمال سرما طی سه ماه در بستر ماسه، به جوانه‌زنی حدود ۲۶ درصد منجر شد. در دسته‌بندی جدید خواب بذر، برای رفع شکست خواب سطوح مختلفی از خواب‌های فیزیولوژیک و مورفوفیزیولوژیک، از لایه‌گذاری گرم-سرد استفاده شده است (Baskin and Baskin, 2014). به‌طورکلی، می‌توان اظهار داشت لزوم دوره‌های طولانی لایه‌گذاری سرد (بین ۱۴ تا ۱۶ هفته) پیش از شروع جوانه‌زنی، در تمام پیش‌تیمارهای استفاده‌شده در تحقیق حاضر بر احتمال وجود خواب فیزیولوژیک عمیق در بذر این گونه دلالت دارد (Baskin and Baskin, 2004).

اصولاً، تسهیل فرایند جوانه‌زنی بذر و ارتقای صفات آن به‌کمک هورمون‌ها از فراگیرترین روش‌ها تلقی شده است (Mehanna *et al*., 1985). توان جیبرلین‌ها در غلبه خواب بذر تحت لایه‌گذاری سرد در گونه‌های افرا (*A. caesium*, *A. pseudoplatanus* *A. saccharum* Marsh.) گزارش شده است (Goldstein and Loescher, 1981; Phartyal *et al*., 2003). در بذر کیکم قفقازی اثر اسید جیبرلیک، هم در نتایج کلی و هم در روند تغییرات، تشابه زیادی با شرایط عدم استفاده از این ترکیب نشان می‌دهد. با اینکه در کلیهٔ صفات (درصد جوانه‌زنی، زمان شروع جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و زمان جوانه‌زنی ۵۰ درصد) کاهش جزئی (بدون تفاوت معنی‌دار یا معنی‌داری اندک) نسبت به شرایط عدم استفاده از این ترکیب مشاهده می‌شود. نکتهٔ شایان توجه این است که، روند تغییرات، متناسب با افزایش دورهٔ لایه‌گذاری گرم و نیز افزایش غلظت این ترکیب است. در مجموع، می‌توان اظهار داشت که پاسخ بذر کیکم قفقازی به اسید جیبرلیک، مشابه گونه‌های دارای خواب فیزیولوژیک عمیق از جمله افرای قندی است (Nikolaeva, 1970, 1977).

تأثیر استفاده از پیش‌تیمار آب اکسیژنه به‌عنوان یکی از ترکیبات اکسیدکننده بر شکست خواب بذر از گذشته شناخته شده است (Jann and Amen, 1977). در تحقیق پیش رو، بذرهای کیکم قفقازی پاسخ

خوبی به آب اکسیژنه از نظر مقادیر بیشینه و روند تغییرات درصد جوانه‌زنی و صفات آن نشان دادند، طوری‌که تحت تأثیر بیشینهٔ غلظت آب اکسیژنه و دورهٔ پیش‌تیمار گرم، بیشینهٔ جوانه‌زنی (۷۳ درصد) افزایش چشمگیری نسبت به اسید جیبرلیک (۶۴ درصد) نشان داد. سرعت جوانه‌زنی تحت تاثیر غلظت‌های مختلف آب اکسیژنه، با افزایش دورهٔ پیش‌تیمار گرم (همانند شرایط بی‌تأثیری محرک‌ها و نیز اسید جیبرلیک) افزایش یافت.

به‌طورکلی، با اینکه شکست خواب بذر کیکم قفقازی در شرایط سرد نیز اتفاق افتاد، پیش‌تیمار گرم سبب افزایش چشمگیر درصد جوانه‌زنی آن شد. از مجموع ۳۲ نوع ترکیب تیمارهای اعمال‌شده، فقط در هفت مورد جوانه‌زنی بیش از ۵۰ درصد مشاهده شد، که ۶ مورد آنها تحت تأثیر بیشینهٔ دورهٔ لایه‌گذاری گرم (۱۲ هفته) بود. با اعمال اسید جیبرلیک و آب‌اکسیژنه (بدون استفاده از لایه‌گذاری گرم)، جوانه‌زنی به‌ترتیب از ۱۳/۳ و ۸/۵ درصد و سرعت جوانه‌زنی از دو عدد در هفته تجاوز نکرد. البته، روندهای کلی نشان‌دهندهٔ تأثیر مثبت افزایش غلظت اسیدجیبرلیک و اثر افزایشی آن همراه با لایه‌گذاری گرم بر مؤلفه‌های مورد بررسی بوده است.

به‌این ترتیب، می‌توان اظهار داشت برای رفع خواب بذر کیکم قفقازی استفاده از لایه‌گذاری گرم-سرد (به‌ویژه لایه‌گذاری گرم به‌مدت ۱۲ هفته)، به‌جای محرک‌های اسید جیبرلیک و آب‌اکسیژنه، به‌دلیل اجرای آسان‌تر کار و صرفه‌جویی در هزینه‌ها، منطقی است. ممکن است با افزایش دورهٔ لایه‌گذاری گرم به بیش از ۱۲ هفته (در تیمار لایه‌گذاری تنها، یا همراه با افزایش غلظت‌های اسیدجیبرلیک و آب اکسیژنه)، درصد جوانه‌زنی و سایر صفات جوانه‌زنی ارتقا یابد. ازاین‌رو، برای تقلیل دورهٔ شکست خواب و افزایش جوانه‌زنی بذر کیکم قفقازی، ادامهٔ کار یا به‌کارگیری روش‌های دیگر پیشنهاد می‌شود.

منابع

ثابتی، حبیب ا.، ۱۳۸۱. جنگل‌ها، درختان و درختچه‌های ایران، دانشگاه یزد، چاپ سوم، ۸۲۶ ص.

حاتمی، فیروزه، مریم جبلی، محبت‌علی نادری شهاب، مسعود طبری و علی‌اشرف جعفری، ۱۳۸۹. نگهداری بذر کیکم (*Acer monspessulanum*) در شرایط فراسرد، تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران، ۱۸ (۱): ۱۲- ۲۳.

صلواتی، غفار، وحیده پیام نور، محمدرضا کاوسی و علی‌رضا علی‌عرب، ۱۳۹۲. رفتار ذخیره‌ای و حساسیت به خشکی بذرهای سیاه کرکو، جنگل و فرآورده های چوب، ۶۶ (۳): ۲۹۳- ۳۰۴.

ناصری، بهرام و مسعود طبری کوچکسرایی، ۱۳۹۴. اثر اسید جیبرلیک و لایه‌گذاری بر شکست خواب بذر افرای کَرب (*Acer campestre* L.)، جنگل و فرآورده های چوب، ۶۸ (۲). ۴۱۹-۴۲۸.

مظفریان، ولی الله، ۱۳۸۳. درختان و درختچه های ایران، چاپ اول، فرهنگ معاصر، ۹۹۱ ص.

نصیری، محسن، ۱۳۸۷. تعیین تیمار مطلوب جهت شکستن خواب و افزایش جوانه‌زنی بذر کیکم (*Acer monspessulanum*)، تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران، ۱۶ (۱): ۹۴- ۱۰۵.

Baskin, C.C., and J.M. Baskin, 2014. Seeds: Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination, *Elsevier*, 1586 pp.

Baskin, C.C., O. Zackrisson, and J.M. Baskin, 2002. Role of warm stratification in promoting germination of seeds of *Empetrum hermaphroditum* (Empetraceae), a circumboreal species with a stony endocarp, *American Journal of Botany*, 89 (3): 486-493.

Baskin, J.M., and C.C. Baskin, 2004. A classification system for seed dormancy, *Seed Science Research*, 14: 1-16.

Bewley, J.D., and M. Black, 1982. Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination. Vol. 2. Viability, dormancy and environmental control, *Springer-Verlag*, 387 pp.

Bewley, J.D., K.J. Bradford., H.W.M. Hilhorst, and H. Nonogaki, 2012. Seeds: Physiology of development, germination and dormancy, third ed. *Springer-Verlag*, New York, 392 pp.

Bonner, F.T., and R.P. Karrfalt, 2008. The woody plant seed manual, Government printing office, 1222 pp.

Browicz, K., 1984. Chorology of trees and shrubs in South–West Asia and adjacent regions-Polish Scientific Publishers, Warsaw, 87 pp.

Finch-Savage, W.E., and G. Leubner-Metzger, 2006. Seed dormancy and the control of germination, *New Phytologist*, 171: 501–523.

Goldstein, J., and W. LoesCher, 1981. Germination requirements for *Acer macrophyllum*, bigleaf maple, *Ornamentals Northwest Newsletter* (May-June), 1-15.

Imani, A., M. Rasouli., R. Tavakoli., E. Zarifi., R. Fatahi., G. Barba-Espín, and P. Martínez-Gómez, 2011. Optimization of seed germination in *Prunus* species combining hydrogen peroxide or gibberellic acid pre-treatment with stratification, *Seed Science and Technology*, 39 (1): 204-207.

ISTA, 2009. International Rules for Seed Testing. Zurich, *Seed Science and Technology*, 13: 300-520.

Jann, R.C., Amen, R.D., 1977. What is germination? In: Khan AA (ed.), The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination, North Holland publishing, Amsterdam, 7- 28.

Josep, A.R., and M. Maria, 2002. Seed germination and reproductive features of *Lysimachia minoricensis* (Primulaceae), A wild–extinct plant, *Annals of Botany*, 89: 559–562.

KuCera, B., M.A. Cohn, and G. Leubner-metzger, 2005. Plant hormone interactions during seed dormancy release and germination, *Seed Sicence Research*, 15: 281–307.

Matthews, S. and A. Powell, 2011. Towards automated single counts of radicle emergence to predict seed and seedling vigour, *Seed Testing*, 142: 44-48.

Mehanna, H.T., G.C. Martin, and C. Nishijima, 1985. Effects of temperature, chemical treatments and endogenous hormone content on peach seed germination and subsequent seedling growth, *Scientia Horticulturae*, 27(1): 63-73.

Nikolaeva, M.G., 1970. On the hormonal nature of the regulation of deep dormancy of seeds. In: proceedings of the international symposium on seed physiology of woody plants. September 3-8, Kornik, Warszawa, 39-44.

Nikolaeva, M.G., 1977. Factors controlling the seed dormancy pattern. In: The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination, Edited by Khan, A.A., *Elsevier Biomedical Press*, 547 pp.

Phartyal, S.S., R.C. Thapliyal., J.S. Nayal, and G. Joshi, 2003. Seed dormancy in Himalayan maple (*Acer caesium*) I: Effect of stratification and phyto-hormones, *Seed Science and Technology*, 31(1): 1-11.

Van Gelderen, D.M., P.C. de Jong, and H.J. Oterdoom, 1994. Maples of the world, Timber Press, 457 pp.

Wardle, D.A., M. Ahmed, and K.S. Nicholson, 1991. Allelopathic influence of nodding thistle (*Carduus nutans* L.) seeds on germination and radicle growth of pasture plants, *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 34(2): 185-191.

Willan, R.L, 1985. A guide to forest seed handling, with special reference to the tropics, Forestr, Paper 20/2. Rome: FAO. 379 p.

Yilmaz, M., 2006. Depth of dormancy and desiccation tolerance in *Acer trautvetteri* Medv. seeds, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 31: 201-205.

Effect of warm stratification, GA_3 and H_2O_2 on seed germination of Caucasian maple (*Acer monspessulanum* subsp. *ibericum* M.B.)

B. Naseri[1], M. Tabari[2*], M. Abedi[3], and Sh. Phartyal[4]

[1]Ph.D. Student of Forest Ecology, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, I. R. Iran
[2] Prof., Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, I. R. Iran
[3]Assistant Prof., Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, I. R. Iran
[4]Assistant Prof., Department of Forestry and Natural Resources, School of Agriculture and Allied Sciences, HNB Garhwal University, India

(Received: 21 February 2015; Accepted: 18 July 2015)

Abstract

In order to break dormancy and germinate the seeds of Caucasian maple, they were collected from altitude of 1900 m of Googli Forest located in Savadkooh (north of Iran). Following pre-treatment of warm stratification (0, 4, 8, 12 weeks with 20°C), the seeds were soaked for 24 hours in two separate examinations 1) GA3 (0, 250, 500, 1000 mg/lit) and 2) H_2O_2 (0, 1, 2, 3%) and immediately moved into cold stratification environment (4°C, for 41 weeks, with consideration of warm stratification period). Both examinations were carried out as factorial with three replicates based on completely randomized design. Water absorption test revealed that in spite of the hard coat, the seeds were permeable to water. Results emphasized the positive effects of warm pretreatment on germination characters, whereas seed germination increased from 13 to 76% and germination speed from 1.4 to 3.8 unit/week. However, the lag time decreased from 20 to 13 weeks and germination period of 50 percent of seeds (T_{50}) from 10 to 6 weeks. Influence of GA3 and H_2O_2 increased with increase of concentration as well as warm stratification period, whereas GA3 in 500 and 1000 mg/lit was 64% and H_2O_2 in 2 and 3% was 56 and 73%, respectively. With increasing warm pre-treatment period, the general trend of germination speed enhanced in all concentrations of both promoters. Generally, stratification (warm-cold) without using the promoters mentioned here is easier and more economic for dormancy breaking of Caucasian maple seed.

Keywords: *Acer monspessulanum* subsp. *Ibericum*, Dormancy breaking, Seed germination, Warm stratification.

*Corresponding author Tel: +989112246250 Email: mtabari@modares.ac.ir