جنگل و فرآورده‌های چوب، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۶۸، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴
ص۴۱۹-۴۲۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۲/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۲/۷

اثر اسید جیبرلیک و لایه‌گذاری بر شکست خواب بذر افرای کَرب

❖ **بهرام ناصری؛** دانشجوی دکتری جنگل‌داری، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران
❖ **مسعود طبری کوچکسرایی *؛** استاد گروه جنگل‌داری، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

Archive of SID

چکیده

برای شکست خواب بذر افرای کَرب تیمارهای اسید جیبرلیک در چهار غلظت (۰، ۲۵۰، ۵۰۰، و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و آغشتگی در مدت‌های ۲۴ و ۴۸ ساعت و لایه‌گذاری در بستر ماسهٔ مرطوب در شرایط دمای گرم (۱۸ تا ۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد) و سرد (۲ تا ۴ درجهٔ سانتی‌گراد) با مدت‌های متغیر انجام شد. اسید جیبرلیک و لایه‌گذاری و تأثیر توأم آن‌ها بر درصد و سرعت جوانه‌زنی معنادار بود. بیشترین درصد جوانه‌زنی بدون استفاده از اسید جیبرلیک در لایه‌گذاری ۱۲ هفته گرم و ۲۲ هفته سرد (۵۳ درصد) و ۸ هفته گرم و ۲۶ هفته سرد (۳۸ درصد) و نیز با استفاده از اسید جیبرلیک غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر (۲۴ ساعت) در تلفیق با لایه‌گذاری ۱۲ هفته گرم و ۲۲ هفته سرد (۳۹ درصد) اتفاق افتاد. در تیمارهای با و بدون اسید جیبرلیک در تلفیق با لایه‌گذاری فقط سرد (۳۴ هفته) جوانه‌زنی رخ نداد. بیشترین سرعت جوانه‌زنی در تیمار لایه‌گذاری ۱۲ هفته گرم و ۲۲ هفته سرد (بدون اعمال اسید جیبرلیک) و سپس در تیمار اسید جیبرلیک ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر (۲۴ و ۴۸ ساعت) در لایه‌گذاری ۱۲ هفته گرم و ۲۲ هفته سرد رخ داد. در غلظت‌های ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید جیبرلیک، سرعت جوانه‌زنی با افزایش دورهٔ لایه‌گذاری گرم و کاهش دورهٔ لایه‌گذاری سرد افزایش یافت. این تحقیق نشان داد لایه‌گذاری گرم و سرد به مدت ۱۲هفته تیمار نسبتاً خوبی برای شکست خواب بذر کرب است. ادامهٔ آزمایش با افزایش دورهٔ لایه‌گذاری گرم و نیز استفاده از سایر ترکیبات محرک جوانه‌زنی ممکن است به نتایج بهتری برای شکست خواب بذر افرای کرب منتهی شود.

واژگان کلیدی: اسید جیبرلیک، جوانه‌زنی، شکست خواب بذر، کرب، لایه‌گذاری.

* نویسندهٔ مسئول تلفن همراه: ۰۹۱۱۲۲۴۶۲۵۰
Email: mtabari@modares.ac.ir

www.SID.ir

مقدمه

خواب بذر یکی از ویژگی‌های مهم گونه‌های درختی مناطق معتدله است [۱] که القای آن تحت کنترل دو عامل ژنتیک و محیط انجام می‌شود [۲] و متضمن وقوع جوانه‌زنی طی دورهٔ مناسب برای استقرار نهال و تکمیل چرخهٔ حیات آن است [۳]. آگاهی از علت یا سازوکار خواب از دو جنبهٔ تشخیص نیاز یا عدم نیاز به تیمار خاص برای رفع آن و نیز تعیین مؤثرترین روش برای هر گونه اهمیت دارد [۴]. باسکین و باسکین تقسیم‌بندی خواب بذر را به پنج ردهٔ مختلف فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی، مرفوفیزیولوژیکی، فیزیکی، و ترکیبی، که هر یک سطوح و انواع مختلف دارند، همراه روش‌های شکست آن‌ها ارائه کردند [۲]. روش‌های متعدد غلبهٔ خواب بذر در گونه‌های مختلف به کار می‌رود. سازوکار شکستن خواب بذر از یک گونه به گونهٔ دیگر متفاوت است و در بسیاری موارد شامل خشک‌کردن، قراردادن در دماهای بالا یا پایین، نوردهی، شست‌وشوی بازدارنده‌های شیمیایی از طریق غوطه‌ورکردن در آب سرد یا گرم، و خراش‌دهی مکانیکی مانند شکاف‌دادن به کمک سنگ‌ریزه و اسید است [۵]. شکستن خواب بذر و جوانه‌زنی فرایندهایی پیچیده‌اند که تحت تأثیر عوامل متعدد ناشی از بیان ژن‌ها کنترل می‌شوند. تنظیم‌کننده‌های رشد، از جمله اسید جیبرلیک (GA3) و اسید آبسیسیک (ABA) و اتیلن و پلی‌آمین‌ها، قادر به تأثیر بر بیان ژن‌ها هستند [۴، ۶، ۷]. اسید جیبرلیک در کنترل خواب بذر و جوانه‌زنی دخالت دارد [۸] و یافته‌های متعدد به تأثیر آن بر القای جوانه‌زنی بذر گونه‌های مختلف تأکید دارند [۹ــ ۱۱]؛ از آن‌ها می‌توان به مطالعهٔ بذر *Vaccinium myrtillus* [۱۲]، *Fagus sylvatica* [۱۳]، *Morus nigra* [۱۴]، و *Fagus orientalis* [۱۵] اشاره کرد. در مورد بذر برخی گونه‌های معتدله لایه‌گذاری سرد و نگهداری در دمای پایین، تحت بستر مرطوب برای ایجاد تحریک در جهت برقراری تعادل هورمونی، لازم است [۴].

افراها[1] طیفی از انواع خواب بذر را به نمایش می‌گذارند؛ شامل فقدان کامل خواب در بذر گونه‌های *A. rubrum* و *A. sacharinum*، خواب پوسته در افرای سیاه[2]، خواب جنین در افرای قندی[3]، افرای تاتاری[4]، و افرای چناری یا کَرکَف[5]، و خواب ترکیبی (خواب جنین و پوسته) در افرای شبه‌چناری[6] [۱۶ــ ۱۸]. برخی مطالعات نشان دادند خواب جنین در افرای چناری با نگهداری بذر در شرایط رطوبت ۳۶ درصد و دمای ۰ تا ۱ درجهٔ سانتی‌گراد برطرف می‌شود؛ در حالی که در دمای ۵ تا ۷ درجهٔ سانتی‌گراد جوانه‌زنی به تأخیر می‌افتد و در دمای ۱۵ تا ۱۸ درجهٔ سانتی‌گراد خواب ثانویه رخ می‌دهد [۱۹]. بررسی اثر تیمار تحت شرایط مختلف دما (۳ و ۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد) و بستر (با و بدون) بر بذر افرای کَرب[7] نشان داد هیچ‌یک از تیمارهای دمایی در بسترهای مطالعه‌شده، پس از گذشت ۱۳ هفته، اثر قابل توجهی بر جوانه‌زنی بذر این گونه ندارد [۲۰]. اعمال تیمار سرد با مدت‌های ۱ و ۲ و ۳ ماه بر بذر

1. Acer spp.
2. A. negundo
3. A. sacharum
4 A. tataricum
5. A. platanoides
6. A. pseudoplatanus
7. A. campestre

Archive of SID

www.SID.ir

افرای *A. trautvettri* نشان داد خواب آن فیزیولوژیکی است که بر اثر این تیمارها به ترتیب تا حدّ ۳۹ و ۷۶ و ۹۶ درصد افزایش می‌یابد [۲۱]. تأثیر ترکیبات مختلف شیمیایی بر جوانه‌زنی و رشد اولیهٔ بذر سه گونه افرای نقره‌ای[1]، قرمز[2]، و هیبرید[3] نشان داد اسید جیبرلیک قادر به رفع خواب بذر القاشده به وسیلهٔ ترکیبات محدودکنندهٔ جوانه‌زنی (پاکلوبوترازول و آبسیسیک اسید) نیست [۲۲]. افرای کرب از درختان پراکنده در مناطق ارتفاعی جنگل‌های خزری است [۲۳] که عملیات تولید نهال آن در برنامهٔ توسعهٔ جنگل‌های کوهستانی در دست اقدام است. با توجه به خواب طولانی این نوع بذر، مطالعه جهت شناخت ماهیت خواب بذر، چگونگی شکست خواب، و افزایش جوانه‌زنی حائز اهمیت است. در این تحقیق، شناخت ماهیت خواب بذر افرای کرب و روش‌های غلبه بر آن از طریق به‌کارگیری اسید جیبرلیک (غلظت و زمان آغشتگی مختلف) و قراردادن بذر در بستر لایه‌گذاری با شرایط مختلف دما و مدت زمان نگهداری صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

میوه‌های مورد نیاز افرای کرب در تاریخ ۱۳۹۰/۸/۱ از درختان جنگل گوگلی واقع در بخش اشک حوزهٔ شرکت چوب فریم، در شهرستان سوادکوه استان مازندران، در ارتفاع ۲۰۰۰ متری از سطح دریا، تهیه شد. کاهش رطوبت اولیه و پاک‌سازی ناخالصی‌های بذرها، پس از انتقال به مرکز بذر جنگلی خزر، انجام شد. بذرها، برای حفظ کیفیت، تا شروع آزمایش در سردخانه نگهداری شدند. در شروع آزمایش، کیفیت فیزیکی (رطوبت، وزن هزاردانه، خلوص) و فیزیولوژیکی (زنده‌مانی بر اساس آزمایش تترازولیوم) تودهٔ بذر (جدول ۱) بر اساس مقررات انجمن بین‌المللی آزمون بذر (ISTA) تعیین شد [۵]. سپس، بذرها به مدت ۴۸ ساعت در آب خیسانده شد و تیمارهای مورد نظر به شرح زیر بر آن‌ها انجام شد.

جدول ۱. ویژگی‌های اولیهٔ بذر افرای کرب

وزن هزاردانه (گرم)	خلوص (٪)	رطوبت (٪)	زنده‌مانی (٪)
۸۱٫۹۴	۹۰	۱۳٫۹	۷۰

تیمار لایه‌گذاری

تیمارهای لایه‌گذاری، شامل نگهداری بذور در بستر ماسهٔ مرطوب در دمای گرم (۱۸ تا ۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد) و سرد (۲ تا ۴ درجهٔ سانتی‌گراد)، طی دوره‌های زمانی مختلف (در کل ۳۴ هفته)، به شرح زیر بوده است.

تیمار سرد: نگهداری بذرها از ابتدای آزمایش در شرایط سرد؛

تیمار ترکیبی گرم- سرد: نگهداری بذرها در مدت‌های متغیر ۴ و ۸ و ۱۲ هفته در شرایط گرم و سپس انتقال به شرایط سرد (در مدت‌های ۳۰ و ۲۶ و ۲۲ هفته).

توضیح اینکه طی اعمال همهٔ شرایط تیمارهای دمایی، بذرها در بستر ماسهٔ استریل و مرطوب قرار داشتند و کنترل رطوبت بذر طی دورهٔ نگهداری به شکل هفتگی انجام شد.

1. A. saccharinum
2. A. rubrum
3. A. rubrum×A. saccharinum

Archive of SID
www.SID.ir

تیمار هورمونی (اسید جیبرلیک)

ترکیب تیمارهای استفاده‌شده در این آزمایش اسید جیبرلیک (GA3) با غلظت‌های مختلف ۰ و ۲۵۰ و ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر در دو دورهٔ زمانی ۲۴ و ۴۸ ساعت بود. بدین منظور، مقدار مورد نیاز محلول‌های اسید جیبرلیک با غلظت‌های مورد نظر از طریق حل‌کردن مقدار لازم از پودر این ترکیب در الکل اتیلیک و اضافه‌کردن آب مقطر برای رساندن آن به حجم مورد نیاز تهیه شد.

گفتنی است در هر مرحلهٔ اعمال تیمارهای لایه‌گذاری، با توجه به مدت‌های اشاره‌شده، بذور به دنبال لایه‌گذاری گرم، در محلول اسید جیبرلیک، با غلظت و مدت‌های یادشده، قرار گرفتند و آن‌گاه به شرایط لایه‌گذاری سرد انتقال یافتند.

با آغاز سبزشدن بذور، جوانه‌زنی به صورت روزانه ثبت شد. محاسبهٔ درصد (GP) و سرعت جوانه‌زنی (GS) (تعداد در روز) به کمک فرمول‌های ۱ و ۲ انجام شد [۸ و ۲۴]:

$$GP = (n / N) \times 100 \qquad (۱)$$

n = تعداد کل بذرهای جوانه‌زده طی دوره

N = تعداد بذر کاشته‌شده

$$GS = \sum (n / WSS) \qquad (۲)$$

N= تعداد بذر جوانه‌زده در روزهای شمارش

WSS = تعداد روز از زمان شروع جوانه‌زنی

آنالیز آماری

آزمایش بر مبنای طرح کاملاً تصادفی با مدل فاکتوریل انجام شد. در هر یک از ترکیب تیمارها ۳ تکرار و در هر تکرار ۵۰ عدد بذر وجود داشت. برای آزمون‌های آماری از نرم‌افزار SPSS (Ver. 17) استفاده شد. برای تجزیه‌وتحلیل واریانس داده‌ها از آزمون GLM و برای مقایسهٔ میانگین‌ها از آزمون Duncan استفاده شد. گفتنی است چون در لایه‌گذاری ۳۴ هفته سرد اساساً جوانه‌زنی اتفاق نیفتاد، این سطح تیمار در آنالیز آماری قرار نگرفت.

یافته‌ها و بحث

بر اساس نتایج، تیمارهای لایه‌گذاری، غلظت اسید جیبرلیک، زمان آغشتگی اسید، مدت لایه‌گذاری در غلظت اسید، و نیز مدت لایه‌گذاری در غلظت اسید در زمان اعمال اسید تأثیری معنادار بر درصد جوانه‌زنی داشتند (جدول ۲). همان‌گونه که در روش تحقیق اشاره شد، در لایه‌گذاری سرد (۳۴ هفته) با و بدون اعمال اسید جیبرلیک هیچ جوانه‌زنی اتفاق نیفتاد. بیشترین درصد جوانه‌زنی (۵۳ درصد) تحت لایه‌گذاری ۱۲ هفته گرم و ۲۲ هفته سرد، بدون اعمال اسید جیبرلیک، مشاهده شد. بعد از آن، تیمارهای لایه‌گذاری ۸ هفته گرم و ۲۶ هفته سرد بدون اعمال اسید جیبرلیک و سپس اسید جیبرلیک غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر (مدت ۲۴ ساعت)، در لایه‌گذاری ۱۲ هفته گرم و ۲۲ هفته سرد، به ترتیب، دارای جوانه‌زنی ۳۸ و ۳۹ درصد بودند (جدول ۳).

لایه‌گذاری در بستر مرطوب (سرد یا گرم) روشی مرسوم برای شکستن خواب جنین و تحریک جوانه‌زنی است که در گونه‌های متعددی به کار می‌رود [۲۵]. به‌علاوه، نتایج تحقیقات متعدد تأثیر استعمال خارجی اسید جیبرلیک را بر شکست خواب بذر و نیز نقش این هورمون را به جای لایه‌گذاری سرد در بسیاری از گونه‌ها تأیید می‌کند [۱، ۱۵، ۲۶،

Archive of SID

www.SID.ir

۲۷، ۲۸]. در تحقیق حاضر، میزان زنده‌مانی بذر کرب با استفاده از روش تترازولیوم ۷۰ درصد بود که انتظار می‌رود جوانه‌زنی آن در شرایط آزمایشگاه یا در عرصه کمتر باشد. بر همین اساس، در نتایج این تحقیق آشکار شد تیمار لایه‌گذاری بذر کرب در شرایط گرم‌سرد به مدت ۱۲هفته (بدون اعمال اسید جیبرلیک) جوانه‌زنی نسبتاً خوبی را تأمین می‌کند.

به طور کلی، در ارتباط با تأثیر دورهٔ سرما روی شکست خواب بذر گونه‌های جنس افرا گزارش‌های متفاوتی منتشر شده است. مثلاً، در تحقیقی، لایه‌گذاری گرم (۲۰ درجهٔ سانتی گراد) بذر کرب با مبدأ جنوب رومانی در بستر ماسهٔ مرطوب در یک دورهٔ ۱۵ هفته‌ای سبب پوسیدگی بذرها شد و در شرایط بدون بستر (طی دورهٔ مشابه و همین دما) جوانه‌زنی در حد صفر بود. به‌علاوه، لایه‌گذاری سرد (۳ درجهٔ سانتی گراد) نیز به مدت ۱۳ هفته در بستر ماسهٔ مرطوب بر شکست خواب بذر آن بی‌تأثیر بود (کمتر از ۳ درصد) [۲۰]. این در حالی است که در تحقیق ما بدون استفاده از محرک (اسید جیبرلیک)، بذرهای لایه‌گذاری‌شده کرب به مدت ۳۴ هفته در محیط گرم (۱۲ هفته) و سرد (۲۲ هفته) توانستند به درصد مطلوبی از جوانه‌زنی (۵۳ درصد) برسند. از برآیند این دو مطالعه ممکن است دریافت شود که اگرچه بذر کرب، برای شکست خواب و جوانه‌زنی، مدتی به نگهداری در محیط سرد نیاز دارد اما قبل از آن بهتر است یک دورهٔ گرم را سپری کند. در این زمینه، تحقیق باسکین و باسکین (۲۰۰۴) حکایت از آن دارد که تیمار سرد به دنبال یک دوره تیمار گرم برای شکستخواب مرفو- فیزیولوژیکی بذر بعضی گونه‌ها مؤثر است؛ ضمن اینکه می‌تواند محرک شکست خواب فیزیولوژیک بذر برخی گونه‌های دیگر باشد، طوری که احتمالاً تیمار گرم سبب افزایش اثربخشی تیمار سرد در رفع خواب فیزیولوژیکی بذر می‌شود [۲]. در همین زمینه می‌توان به علت خواب بذر ممرز[1]، که مربوط به پوسته و جنین است و از طریق لایه‌گذاری سرد (بعد از یک دوره لایه‌گذاری گرم) قابل رفع است، اشاره کرد. ناگفته نماند که طول دورهٔ لایه‌گذاری گرم و سرد بین گونه‌های مختلف جنس *Carpinus* متفاوت است [۲۹]. از طرفی، می‌توان گفت تغییرات غلظت اسید آبسیسیک (ABA) می‌تواند در این خصوص تأثیرگذار باشد؛ به نحوی که طی لایه‌گذاری گرم کاهش غلظت اسید آبسیسیک قابل ملاحظه است [۳۰، ۳۱]، اما سطح جیبرلین‌ها (هورمون‌های محرک جوانه‌زنی) طی لایه‌گذاری سرد افزایش می‌یابد [۳۰].

در تحقیقی روی بذر کَرکَف (افرای چناری)[2] با لایه‌گذاری سرد (۱۳ هفته) میزان جوانه‌زنی به حدود ۶۰ درصد رسید. این در حالی است که در شرایط بدون بستر در دمای مشابه اساساً هیچ جوانه‌زنی مشاهده نشد [۲۰]. این یافته حاکی از آن است که رفتار ذخیره‌ای بذر یا چگونگی رفع خواب و جوانه‌زنی بذر کرکف ممکن است با بذر کرب متفاوت باشد؛ طوری که بذر کرکف بدون قرارگرفتن در محیط گرم و صرفاً نگهداری در محیط سرد به جوانه‌زنی مناسبی دست یافته است، در حالی که بذر

1. Carpinus betulus
2. A. platanoides

Archive of SID
www.SID.ir

کرب آزمایش شده در تحقیق ما برای رفع شکست خواب و رسیدن به جوانه‌زنی مناسب دورهٔ لازم در محیط گرم را سپری کرده است.

تحقیق دربارهٔ اثر غلظت‌های مختلف اسید جیبرلیک (۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰، و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) در مدت ۳۰ ساعت روی بذر گونه‌های مختلف جنس ممرز[1] تحت شرایط لایه‌گذاری سرد در ماسهٔ مرطوب نشان داد که افزایش غلظت اسید جیبرلیک و طول دورهٔ لایه‌گذاری (از ۴ هفته به ۱۶ هفته) نتایج خوبی را بر شکست خواب و جوانه‌زنی بذر دارد [۳۲]. همچنین، استفاده از غلظت‌های مختلف اسید جیبرلیک (۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰، و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) در شرایط با و بدون لایه‌گذاری نشان داد غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر بهترین شرایط برای تحریک جوانه‌زنی بذر محلب[2] است [۳۳]. در مطالعه‌ای مشابه روی بذر راش شرقی[3] معلوم شد که استعمال این هورمون در همهٔ غلظت‌ها و زمان‌های مورد استفاده بر بذور با و بدون پریکارپ در شرایط لایه‌گذاری در ماسهٔ سرد مرطوب مؤثر است [۲۸]. تحقیق انجام‌شده روی داغداغان[4] نیز آشکار ساخت که استفاده از اسید جیبرلیک (۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و به دنبال آن لایه‌گذاری سرد به مدت ۶ ماه میزان جوانه‌زنی را ترقی می‌دهد [۱۱]. در تحقیق حاضر نیز اعمال اسید جیبرلیک در تلفیق با تیمار لایه‌گذاری توانست جوانه‌زنی بذر *Acer campestre* را تحریک کند و بر کنترل خواب آن فائق آید. با وجود این، این تحقیق آشکار ساخت در تیمار لایه‌گذاری در صورت افزایش دورهٔ گرم تا ۱۲ هفته، حتی بدون اعمال اسید جیبرلیک، درصد جوانه‌زنی به بیشترین مقدار (۵۳ درصد) خود می‌رسد. در حقیقت، از این نکته می‌توان دریافت که افزایش دورهٔ گرما در تیمار لایه‌گذاری می‌تواند جایگزین استفاده از اسید جیبرلیک شود.

سرعت جوانه‌زنی تحت تأثیر لایه‌گذاری، غلظت اسید جیبرلیک، لایه‌گذاری در غلظت اسید جیبرلیک، لایه‌گذاری در زمان اعمال اسید جیبرلیک، و همچنین لایه‌گذاری در غلظت اسید جیبرلیک و زمان اعمال اسید جیبرلیک قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین میزان سرعت جوانه‌زنی در تیمار لایه‌گذاری ۱۲ هفته گرم و ۲۲ هفته سرد بدون اعمال اسید جیبرلیک و بعد از آن در همین تیمار لایه‌گذاری با اعمال اسید جیبرلیک مشاهده شد. در غلظت‌های ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید جیبرلیک، با افزایش دورهٔ لایه‌گذاری گرم و کاهش دورهٔ لایه‌گذاری سرد، سرعت جوانه‌زنی افزایش یافت. با تحقیق روی بذر *Celtis australis* نیز معلوم شد، در مقایسه با اسید سولفوریک، اسید جیبرلیک (۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) در تلفیق با لایه‌گذاری سرد سرعت جوانه‌زنی را ارتقا می‌دهد [۱۱]. در تحقیق حاضر، مقایسهٔ تیمار اسید جیبرلیک از نظر طولِ زمانِ تأثیر، مؤید آن است که مدت ۲۴ ساعت در مقایسه با ۴۸ ساعت در اکثر سطوح لایه‌گذاری نتیجهٔ بهتری دارد (جدول ۳). بررسی اثر تیمارهای مختلف طول دورهٔ خیس‌دادن و لایه‌گذاری سرد و مرطوب و دما بر ظرفیت و سرعت جوانه‌زنی بذر *Acer pensylvanicum* نیز نشان داد خیس‌دادن و لایه‌گذاری سرد و مرطوب به شکل معنادار سبب افزایش میزان و سرعت جوانه‌زنی می‌شود [۳۴].

1. C. betulus, C. orientalis
2. Prunus mahaleb
3. Fagus orientalis
4. Celtis australis

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۲. تجزیهٔ واریانس تأثیر سطوح مختلف تیمارهای لایه‌گذاری و اسید جیبرلیک بر درصد جوانه‌زنی بذر کرب

منابع تغییر	مجموع مربعات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	F	P
غلظت اسید	۱۳۳۰٫۸	۲	۶۶۵٫۴	۵۴٫۵۸	۰٫۰۰۰**
زمان اعمال اسید	۴۰۵٫۶	۱	۴۰۵٫۶	۳۳٫۲۷	۰٫۰۰۰**
مدت لایه‌گذاری	۷۹۲٫۸	۲	۳۹۶٫۴	۳۲٫۵۱	۰٫۰۰۰**
غلظت اسید × زمان اعمال اسید	۵۵٫۲۵	۲	۲۷٫۶۳	۲٫۲۶	۰٫۱۱۶ ns
مدت لایه‌گذاری × غلظت اسید	۱۱۱۱٫۴	۴	۲۷۷٫۸	۲۲٫۷۹	۰٫۰۰۰**
مدت لایه‌گذاری × زمان اعمال اسید	۲۴۸٫۱۴	۲	۱۲۴٫۰۷	۱۰٫۱۷	۰٫۰۰۰**
مدت لایه‌گذاری × غلظت اسید × زمان اعمال اسید	۹۱۲٫۲۹	۴	۲۲۸٫۰۷	۱۸٫۷	۰٫۰۰۰**

** معناداری در سطح ۰٫۰۱ ns عدم تفاوت معنادار

جدول ۳. میانگین درصد جوانه‌زنی بذر کرب تحت اثر تیمارهای مختلف

غلظت اسید جیبرلیک	زمان آغشتگی اسید جیبرلیک	مدت لایه‌گذاری گرم و سرد (هفته)		
(ppm)	ساعت	۴–۳۰	۸–۲۶	۱۲–۲۲
۰	۰	۲۶ (± ۲٫۰۰) cd	۳۸ (± ۴٫۰۰)b	۵۳ (± ۵٫۰۳) a
۲۵۰	۲۴	۲۳ (± ۵٫۷۷) cd	۲۵ (± ۲٫۰۳) cd	۱۱ (± ۲٫۳۰)fgh
۲۵۰	۴۸	۱۵ (± ۳٫۰۵)efg	۱۳ (± ۱٫۱۵)efgh	۱۱ (± ۵٫۰۳) fgh
۵۰۰	۲۴	۱۷ (± ۴٫۱۶)def	۶ (± ۲٫۰۰) gh	۲۱ (± ۴٫۶۲) cde
۵۰۰	۴۸	۱۰ (± ۲٫۰۰)fgh	۵ (± ۲٫۳۰)h	۸ (± ۲٫۰۰)gh
۱۰۰۰	۲۴	۸ (± ۲٫۰۰)gh	۲۷ (± ۵٫۰۳)c	۳۹ (± ۴٫۱۶)b
۱۰۰۰	۴۸	۲۵ (± ۳٫۰۵)cd	۱۷ (± ۴٫۱۶)def	۲۳ (± ۴٫۱۶) cd

جدول ۴. تجزیهٔ واریانس تأثیر سطوح مختلف تیمارهای مختلف بر سرعت جوانه‌زنی بذر کرب

منابع تغییر	مجموع مربعات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	F	P
غلظت اسید	۱۸٫۸	۲	۹٫۴۳	۲۵٫۹	۰٫۰۰۰**
زمان اعمال اسید	۰٫۵۱	۱	۰٫۵۱	۱٫۴۰	۰٫۲۴۳ ns
مدت لایه‌گذاری	۱۰۲٫۲	۲	۵۱٫۱۳	۱۴۰٫۷	۰٫۰۰۰**
غلظت اسید × زمان اعمال اسید	۱٫۶۵	۲	۰٫۸۲	۲٫۲۸	۰٫۱۱۵ ns
مدت لایه‌گذاری × غلظت اسید	۱۷٫۶	۴	۱۲٫۱۲	۲۱٫۳	۰٫۰۰۰**
مدت لایه‌گذاری × زمان اعمال اسید	۷٫۴۲	۲	۳٫۷۰	۱۰٫۲	۰٫۰۰۰**
مدت لایه‌گذاری×غلظت اسید×زمان اعمال اسید	۱۲٫۱۵	۴	۳٫۰۴	۸٫۳۶	۰٫۰۰۰**

** معناداری در سطح ۰٫۰۱ ns عدم تفاوت معنادار

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۵. میانگین سرعت جوانه‌زنی بذر کرب تحت اثر تیمارهای مختلف

غلظت اسید جیبرلیک	زمان آغشتگی اسید جیبرلیک	مدت لایه‌گذاری گرم و سرد (هفته)		
(ppm)	ساعت	۳۰-۴	۲۶-۸	۲۲-۱۲
۰	۰	۸٫۰۴ (±۱٫۴۲) de	۳٫۹۳ (±۰٫۶۴)defgh	۹٫۰۳ (± ۰٫۱۸)a
۲۵۰	۲۴	۲٫۶۵ (±۰٫۱۰) hi	۵٫۲۰ (± ۰٫۴۹) cd	۴٫ ۳۹(± ۰٫۵۲)def
۲۵۰	۴۸	۳٫۴۶ (±۰٫۰۴)efgh	۲٫۹۶ (±۰٫۰۹)fghi	۴٫۴۵ (± ۰٫۵۷)def
۵۰۰	۲۴	۲٫۸۰ (±۰٫۳۰)ghi	۱٫۷۴ (±۰٫۴۳)i	۶٫۴۱(± ۰٫۱۸) bc
۵۰۰	۴۸	۳٫۲۷ (±۰٫۱۵)fghi	۲٫۵۱(±۰٫۱۰)hi	۳٫۸۸ (± ۱٫۲۵) defgh
۱۰۰۰	۲۴	۳٫۰۷ (±۰٫۲۸) h	۳٫۹۸ (±۰٫۳۸)defgh	۷٫۰۴ (± ۱٫۱۴) b
۱۰۰۰	۴۸	۴٫۳۱(±۰٫۲۸) defg	۳٫۷۳ (±۰٫۲۲) defgh	۶٫۹۵ (± ۰٫۷۰) b

نتیجه‌گیری

از برآیند نتایج تحقیق حاضر دریافت می‌شود که اگرچه با تحریک بذر کرب به کمک اسید جیبرلیک و قرارگیری آن در تیمار لایه‌گذاری (به‌ویژه ۱۲هفته گرم و ۲۲ هفته سرد، با غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و مدت آغشتگی ۲۴ ساعت) می‌توان به جوانه‌زنی مناسب (۳۹ درصد) دست یافت، لیکن لایه‌گذاری بذر در شرایط گرم (۱۸ تا ۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد) و سرد (۲ تا ۴ درجهٔ سانتی‌گراد) به مدت ۱۲ هفته گرم و ۲۲ هفته سرد (بدون اعمال اسید جیبرلیک)، با توجه به درصد جوانه‌زنی (۵۳ درصد) و نیز سرعت جوانه‌زنی مطلوب‌تر، تیمار مناسب‌تری برای شکست خواب بذر کرب است. بدین ترتیب، ممکن است استنباط شود که افزایش دورهٔ گرما در تیمار لایه‌گذاری می‌تواند جایگزین استفاده از اسید جیبرلیک شود. انتظار می‌رود با ادامهٔ آزمایش از طریق طولانی‌ترکردن دورهٔ لایه‌گذاری گرم (با یا بدون استفاده از اسید جیبرلیک) یا استفاده از سایر هورمون‌های محرک جوانه‌زنی (از قبیل اکسین، سیتوکینین، آبسیسیک اسید، و ...) بتوان به نتایج بهتری از نظر کوتاه‌ترشدن دورهٔ شکست خواب و افزایش درصد و صفات جوانه‌زنی بذر کرب دست یافت.

Archive of SID

www.SID.ir

References

[1]. Smiris, P., Pipinis, E., Aslanidou, M., Mavrokordopoulou, O., Milios E., and Kouridakis, A. (2006). Germination study on *Arbutus unedo* L. (Ericaceae) and *Podocytisus caramanicus* Boiss. & Heldr. (Fabaceae). Journal of Biological Research, 5: 85-91.

[2]. Baskin, J. M. and Baskin, C. C. (2004). A classification system for seed dormancy. Seed Science Research, 14: 1-16.

[3]. Bradford, K. and Nonogaki, H. (2007). Seed development, dormancy and germination. In: Bradford, K. & Nonogaki, H. (eds). Annual Plant Reviews. Blackwell Publishing Press, Oxford. 27:176-263.

[4]. Anonymous .http//www. seednews.inf.br/ingles/seed94/artigocapa94a_ing.shtml (01/07/2005).

[5]. ISTA. (2008). International rules for seed testing. Seed Science and Technology, 13: 300-520.

[6]. Holdsworth, M. J., Bentsink, L., and Soppe, W. J. J. (2008). Molecular networks regulating Arabidopsis seed maturation, after ripening, dormancy and germination. New Phytologist, 179, 33-54.

[7]. Nakajima M., Shimada, A., and Takashi, Y. (2006). Identification and characterization of *Arabidopsis* gibberellin receptors. The Plant Journal, 46: 880-889.

[8]. Ogawa, M., Hanada, A., Yamauchi, Y., Kuwahara, A., Kamiya, Y., and Yamaguchi, S. (2003). Gibberellin biosynthesis and response during arabidopsis seed germination. Plant Cell, 15: 1591-1604.

[9]. Webb, D. P. and Wareing, P. F. (1972). Seed dormancy in *Acer pseudoplatanus* L.: The role of the covering structures. Journal of Experimental Botany, (23) 76: 813-829.

[10]. Willan, R. L. (1985). A guide to forest seed handling with special reference to the tropics. Food and Agriculture Organization of the United Nation Forestry Papers 20 (2): 379

[11]. Zarafshar, M., Tabari, M., Sattarian, A., and Bayat, D. (2012). The effect of gibberllic acid and sulfuric acid on germination characters of Mediterranean hackberry (*Celtis australis* L.). Research – Scientific Quarterly Plant and Ecosystem, 8 (30): 29-38.

[12]. GibaI Z., Grubisic´, D., and Konjevic´, R. (1993). The effect of white light, growth regulators and temperature on the germination of blueberry (*Vaccinium myrtillus* L.) seeds. Seed Science and Technology, 21: 521-529.

[13]. Nicolas C. and Rodrigues, D. (1996). Antagonistic effects of abscisic acid and gibberellic acid on the breaking of dormancy of *Fagus sylvatica* seeds. Physiologia Plantarum, 96: 244-250.

[14]. Koyuncu, F. (2005). Breaking seed dormancy in black mulberry (*Morus nigra* L.) by cold stratification and exogenous application of gibberellic acid. Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica, 4: 23-26.

[15]. Rehman, S. and Park, I. H. (2000). Effect of scarification, GA3 and chilling on the germination of goldenrain-tree (*Koelreuteria paniculata* Laxm.) seeds. Scientia Horticulturae, 85: 319-324.

[16]. Petrova, V. N. and Nikolaeva, M. G. (1974). Role of native abscisic acid in dormancy of seeds of Tatar maple. Soviet plant physiology (Eng.Transl. Fiziologiia Rastenii), 21: 279-284.

[17]. Schopmeyer, C. S. (1974). Seeds of Woody Plants in the United States, Technical Coordinator, Washington, D. C., U. S. Department of Agriculture. Forest Service, Agriculture Handbook No. 450, 883 pp.

Archive of SID

www.SID.ir

[18]. Toth, J. and Garrett, P. W. (1989). Optimum temperatures for stratification of several maple species, Tree Planters Notes: 9-12.

[19]. Jensen, M. (2001). Temperature relations of germination in *Acer platanoides* L. Seeds. In: Scandinavian Journal of Forest Researches, 16**:** 404-414.

[20]. Drăghici, C. and Abrudan, I. V. (2011). The effect of different stratification methods on the germination of *Acer platanoides* and *Acer campestre* seeds. bulletin of the Transilvania University of Braşov Series *II: Forestry. Wood Industry*. Agricultural Food Engineering, 4 (53): 29-34.

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

[22]. Marshall, J., Beardmore, T., Whittle, C. A., Wang, B., Rutledge, R. G., and Blumwald E. (1999). The effects of paclobutrazol, abscisic acid, and gibberellin on germination and early growth in silver, red, and hybrid maple. Canadian Journal of Forest Research, 30: 557-565.

[23]. Browicz, K. (1982). Chorology of trees and shrubs in south-west Asia and adjacent regions. Polish Academy of Sciences, Institute of Dendrology, Polish Scientific Publishers, Warsaw, Poland.

[24]. Panwar – Bhardwaj, S. D. (2005). Handbook of Practical Forestry. Agrobios (India): 191 pp.

[25]. Macdonald, B. (2006). Practical woody plant propagation for nursery growers. Timber Press, Inc., Portland, Oregon, USA, 669 pp.

[26]. Deng, Z. J., Cheng, H. Y., and Song, S. Q. (2010). Effects of temperature, scarification, dry storage, stratification, phytormone and light on dormancy-breaking and germination of *Cotinus coggygria* var. *cinerea* (Anacardiaceae) seeds. Seed Science and Technology, 38: 572-584.

[27]. Karam, N. S. and Al-Salem, M. M. (2001). Breaking dormancy in *Arbutus andrachne* L. seeds by stratification and gibberellic acid. Seed Science and Technology, 29: 51-56.

[28]. Rezaei. A., Yazdiyan, F., Nasery B., and Hedayati, M. A. (2012). A study of hydrogen peroxide effects on oriental beech *(Fagus orientalis*) nuts germination stimulation. Annals of Biological Research, 3 (10): 4728-4733.

[29]. Pijut, P. M. (2008). *Carpinus*. In: Bonner FT and Karrafalt RP (eds.). *Woody Plant Seed Manual*, Agriculture Handbook, 727, USDA Forest Service, Washington, DC. 328-332.

[30]. Chen, S. Y., Chien, C. T., Chung, J. D., Yang Y. S., and Kuo, S. R. (2007). Dormancy-break and germination in seeds of *Prunus campanulata* (Rosaceae): role of covering layers and changes in concentration of abscisicacid and gibberellins. Seed Science Research, 17: 21-32.

[31]. Chien, C. T., Kuo-Huang, L. L., and Lin, T. P. (1998). Changes in ultra-structure and abscisic acid level, and response to applied gibberellins in *Taxus mairei* seeds treated with warm and cold stratification. Annals of Botany, 81: 41-47.

[32]. Pipinis, E., Milios, E., Kiamos, N., Mavrokordopoulou, O., and Smiris, P. (2012). Effects of stratification and pre-treatment with gibberellic acid on seed germination of two *Carpinus* species. Seed Science and Technology, 40: 21-31.

[33]. Al-Absi, K. M. (2010). The effects of different pre-sowing seed treatments on breaking dormancy of mahaleb cherries seeds, *Prunus mahaleb* L. Seed Sciences & Technology, 38, 332-340.

[34]. Bourgoin, A. and Simpson, J. D. (2004). Soaking, moist-chilling, and temperature effects on germination of *Acer pensylvanicum* seeds. *Canadian Journal of Forest Research,* 34: 2181-2185.

Archive of SID

www.SID.ir