نشریه جنگل و فراورده‌های چوب. مجله منابع طبیعی ایران
دوره ٦٦. شماره ٣. پاییز ١٣٩٢

تاریخ دریافت: ١٣٩٠/٧/٣٠
تاریخ پذیرش: ١٣٩١/٨/١٤

رفتار ذخیره‌ای و حساسیت به خشکی بذرهای سیاه کرکو (Acer Monspessulanum Sub. Turcomanicum)

غفار صلواتی؛ دانشجوی کارشناسی ارشد جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
وحیده پیام نور *؛ استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گرگان، گرگان، ایران
محمدرضا کاوسی؛ استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گرگان، گرگان، ایران
علیرضا علی‌عرب؛ استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گرگان، گرگان، ایران

Archive of SID

چکیـــده

این تحقیق با هدف شناخت رفتار ذخیره‌ای، حساسیت به خشکی، و اثر رطوبت داخلی بذر بر صفات جوانه‌زنی و خصوصیات اولیهٔ بذر و نونهال‌های حاصلهٔ بذرهای سیاه کرکو[1] انجام شده است. بذور سالم و رسیدهٔ درختان افرا کرکو از درهٔ زرین‌گل علی‌آباد استان گلستان در دامنهٔ ارتفاعی ٥٠٠ تا ١١٠٠ متری از سطح دریا و با رطوبت اولیهٔ ٤٦ درصد جمع‌آوری و برای غلبه بر خواب بذر به مدت شش ماه استراتیفه شدند؛ سپس برای تشکیل ٩ سطح رطوبتی شامل رطوبت ٤٥ (شاهد)، ٤٠، ٣٥، ٣٠، ٢٥، ٢٠، ١٥، ١٠، و ٥ درصد در مجاورت مادهٔ رطوبت‌گیر سیلیکاژل[2] و در دمای ٢٥ درجهٔ سانتی‌گراد قرار گرفته و پس از ٢٤ ساعت آبنوشی با استفاده از طرح فاکتوریل کاملاً تصادفی با ٤ تکرار به‌مدت ٣٠ روز در ژرمیناتور کاشته و بذور جوانه‌زده هر روز شمارش شدند. نتایج نشان داد بذرهای افرا کرکو دارای رفتار ذخیره‌ای حد واسط‌اند. حد آستانه، حد بحرانی، و حد کشندهٔ رطوبت داخلی بذر این گونه به‌ترتیب ٤٠، ٢٠، و ٥ درصد بوده و با کاهش رطوبت داخلی، صفات جوانه‌زنی بذر (ظرفیت حیاتی، سرعت، ارزش، انرژی، درصد جوانه‌زنی، و شاخص بنیهٔ بذر)، و خصوصیات اولیهٔ نونهال‌ها (وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه و طول گیاهچه) کاهش می‌یابد. با بررسی این تحقیق پایه‌ای مشخص می‌شود که بذور این گونه قابلیت نگه‌داری بلندمدت ندارند. برای به‌دست‌آوردن نهال بذری با ویژگی‌های مطلوب نباید رطوبت بذر این گونه در زمان کاشت، از حد آستانهٔ ٤٠ درصد کمتر باشد.

واژگان کلیدی: افرا کرکو، رفتار ذخیره‌ای، صفات جوانه‌زنی.

* نویسنده مسئول تلفن: ٠٩١١٣٧٣٥٨١٢
E. mail: mnoori56@gmail.com

1. A.Monspessulanum Sub.Turcomanicum
2. Silica Gel

www.SID.ir

مقدمه

اکثر گونه‌های درختی همه‌ساله بذر نمی‌دهند و فقط در سال بذردهی‌شان تولید بذر مناسب می‌کنند. در این شرایط نگه‌داری بذر در سردخانه و توجه به وضعیت بذر از نظر میزان رطوبت اهمیت ویژه‌ای می‌یابد [۱]. رطوبت داخلی بذر، از مهم‌ترین عواملی است که در نگه‌داری و انبار بذرها تأثیر فراوانی دارد و کاهش آن، تأثیرات نامطلوبی بر حفظ قدرت رویشی بذر دارد [۲]. در طبیعت رطوبت داخلی بذر هم‌زمان با رسیدن و آمادگی آن برای جداشدن از درخت و پراکنده‌شدن، در بسیاری از گونه‌ها کاهش می‌یابد و پس از جداشدن از درخت مادری و تحت تأثیر رطوبت موجود در محیط به تعادل می‌رسد. بذور علاوه بر میزان رطوبت، به تغییرات رطوبتی نیز حساس‌اند و چنان‌چه رطوبت موجود در آن‌ها بنا به شرایط خاص محل نگه‌داری، تغییرات مداومی داشته باشد، با صدمات بسیاری مواجه خواهند شد [۳]. فراهم‌آوردن شرایط بهینه برای نگه‌داری بذور تا زمان شروع عملیات جنگل‌کاری و امکان تعیین مناسب‌ترین فصل کاشت از دیگر فواید شناخت رفتار ذخیره‌ای بذر است [٤]. به طور کلی، واکنش بذر گیاهان گوناگون به ازدست‌دادن رطوبت داخلی یکسان نیست و گیاهان از این نظر به سه دستهٔ مجزا شامل بذرهای مقاوم (ارتودوکس)، حد واسط، و حساس (ریکال سیترانت) طبقه‌بندی می‌شوند [۲]. بذور ارتودوکس در برابر کاهش رطوبت داخلی خود مقاوم‌اند و می‌توانند مدت‌زمان طولانی رطوبت کمتر از ۵ درصد را تحمل کنند [۵]؛ اما بذرهای حد واسط و ریکال سیترانت نسبت به کاهش رطوبت داخلی خود حساس‌اند و به‌ترتیب وقتی رطوبت داخلی آن‌ها به کمتر از ۵ و ۱۰ درصد برسد، قدرت حیاتی خود را از دست می‌دهند و می‌میرند [۲]. با توجه به اینکه نگه‌داری بذر گونه‌های ارتودوکس به‌راحتی ممکن است، جنگل‌کاری با این گونه‌ها از انعطاف‌پذیری زیادی برخوردار است، اما در گونه‌های ریکال سیترانت به‌علت حساس‌بودن بذرها نسبت به کاهش رطوبت، عملیات جمع‌آوری، نگه‌داری، و کشت بذرها با محدودیت‌های فراوانی مواجه است [٦]. از این رو، لازم است قبل از کارکردن با بذرهای یک گونه، رفتار ذخیره‌ای بذرها مشخص شود. در مورد اکثر گونه‌ها مطالعات رفتارهای ذخیره‌ای صورت نگرفته و لازم است تحقیقات کاملی در این زمینه انجام گیرد. با این حال، در مورد اکثر بذور جنس افرا تنظیم رطوبت بین ۱۰ـ۱۵ درصد، قبل از نگه‌داری توصیه شده است [۱]. مطالعات صورت‌گرفته درمورد حساسیت به خشکی و رفتار ذخیره‌ای بذر گونه‌های افرا در نقاط گوناگون دنیا، نشان داده است گونه‌های متفاوت افرا رفتارهای متفاوتی از این نظر از خود نشان می‌دهند. چنان‌چه برخی گونه‌ها مثل بذور افرا قندی[1] و افرا شبه‌چناری[2] رفتار ریکال سیترانتی، و برخی دیگر مانند A. Rubrum رفتار ارتودوکسی از خود بروز می‌دهند. برخی نیز مانند A. Macrophyllum حد واسط‌اند [۸ ، ۹]. در تحقیقی حساسیت به خشکی و جوانه‌زنی بذرهای دو گونهٔ افرا شبه‌چناری و افرا شیردار با هم مقایسه و مشخص شد بذرهای افرا شیردار[3] تا ۱۰ درصد محتوای رطوبتی، جوانه‌زنی دارند و دارای رفتار ذخیره‌ای ارتودوکس‌اند. بذرهای افرا شبه‌چناری در ۱۰ درصد محتوای رطوبتی از بین می‌روند و دارای رفتار ذخیره‌ای ریکال سیترانت‌اند [۹]. در بررسی دیگری مشخص شده است ارتباط مشخصی بین رفتار ذخیره‌ای و شکستن خواب بذور جنس افرا وجود ندارد و این فرایندها به‌صورت جداگانه و مستقل عمل می‌کنند [۱۰]. مقاومت به خشکی بذرهای گونهٔ A. Trautvetteri بررسی و در دستهٔ ارتودوکس طبقه‌بندی شده است [۱۱]. ویژگی‌های فیزیکی و فیزیولوژیکی و مقاومت به خشکی در بذر گونهٔ شیردار نیز بررسی شده و ویژگی‌های فیزیکی شامل رطوبت و تعداد در کیلوگرم و ویژگی‌های فیزیولوژیکی شامل زنده‌مانی و

1. A. Saccharinum
2. A. Pseudoplatanus
3. A. Platanoides

Archive of SID

www.SID.ir

نیز مقاومت به خشکی اندازه‌گیری شده است. آستانهٔ شروع افت زنده‌مانی در رطوبت حدود ۱۷ درصد بوده و بذر این گونه در گروه ریکال سیترانت قرار گرفت [۱۲]. این تحقیق با هدف مشخص‌کردن رفتار ذخیره‌ای بذر سیاه کرکو یا کیکم ترکمن، تأثیر کاهش رطوبت بر صفات اولیهٔ بذر، و خصوصیات نونهال‌های این گونه انجام گرفته است.

سیاه کرکو یا کیکم ترکمن[1]، یکی از گونه‌های جنس افرا، از خانوادهٔ افرا[2] و راستهٔ Sapindales، بومی مناطق جنوبی اروپا بوده و در ایران دارای ۵ زیرگونه است که به‌طور عمده در دامنه‌های البرز و زاگرس انتشار دارند. زیرگونه‌های آن در ایران شامل کیکم کردستانی[3]، کیکم قفقازی[4]، سیاه کرکو یا کیکم ترکمن[5]، کیکم شیرازی[6]، و کیکم ایرانی[7] است. پراکنش زیرگونهٔ سیاه کرکو یا کیکم ترکمن فقط در ترکمنستان و ایران است [۱۳] و در نواحی شمال شرق کشور و از گرگان تا شمال خراسان امتداد دارد [۱٤]. درختی غالباً کوتاه یا درختچه‌ای، دارای فندقه‌های قهوه‌ای بالدار، تقریباً متقارن و به‌شکل تخم‌مرغی با برگ‌های سه‌لوبی به طول ۳/۵ تا ٤ سانتی‌متر و به عرض ۵ تا ٦ سانتی‌متر است که در جوانی کرکدارند و سرانجام بی‌کرک می‌شوند [۱۳]. طی تحقیقات و پایش نویسندگان، با وجود بذردهی هرساله، سال بذردهی این گونه سه سال یک‌بار اتفاق می‌افتد؛ در عین حال، قوهٔ نامیهٔ بذر پایین است؛ ضمناً به‌شدت مورد حملهٔ آفات بذرخوار بوده و پس از رسیدن، در رویشگاه‌های مختلف، ۵۰ـ۷۰ درصد بذور، پوک و آسیب دیده‌اند. خواب بذر دارد و قوهٔ نامیهٔ آن پس از طی دورهٔ سرمادهی کمتر نیز می‌شود. اساساً میزان تولید بذر باکیفیت، زیاد نبوده و باید برای حفظ قوهٔ نامیهٔ بذور باقی‌مانده تلاش شود. از آنجا که تاکنون تحقیقی مبنی بر تعیین نوع رفتار ذخیره‌ای بذرهای این گونه صورت نگرفته است، در خصوص امکان نگه‌داری بذر آن نیز اطلاعاتی وجود ندارد؛ بنابراین، این تحقیق با هدف تعیین نوع رفتار ذخیره‌ای بذرهای کیکم ترکمن و شناخت میزان حساسیت به خشکی (کاهش رطوبت) بذور و بررسی اثر رطوبت داخلی بذر بر صفات جوانه‌زنی و خصوصیات اولیهٔ بذر و نونهال‌های حاصله انجام گرفته است.

شکل ۱. درخت و بذر کیکم ترکمن یا سیاه کرکو

1. A.Monspessulanum L
2. Aceraceae
3. A.M. Sub. Assyriacum
4. A.M. Sub. Ibericum
5. A.M. Sub.Turcomanicum
6. A.M .Sub. Cinerascens
7. A.M. Sub. Persicum

Archive of SID
www.SID.ir

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری بذور: بذرهای رسیدهٔ درختان افرا کرکو در منطقهٔ درهٔ زرین‌گل واقع در ۱۷ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان علی‌آباد استان گلستان، در ۱۳۸۹/۵/۲۵ در یک نوار طولی ۵ کیلومتری –SW – NE– و در دامنهٔ ارتفاعی ۵۰۰ تا ۱۱۰۰ متری از سطح دریا، از ۱۱ پایه درخت مادری با ویژگی‌های ریخت‌شناختی برتر (قطر برابر سینه، طول، درصد ابتلا به آفت، شادابی، و قطر تاج) و با فاصلهٔ حداقل ۱۰۰ متری از هم و از نقاط و جهات مختلف تاج جمع‌آوری شد. مشخصات کلی بذور محاسبه و از آزمون غوطه‌ورسازی برای تعیین میزان بذر خالص استفاده شد (جدول ۱). قوهٔ نامیهٔ بذور بلافاصله پس از جمع‌آوری به کمک آزمون تترازولیوم ۴۸/۵ درصد محاسبه گردید.

جدول ۱. مشخصات کلی بذور افرا کرکو

بالها (درصد)	بذر پوک و آفت‌زده (درصد)	بذر خالص (درصد)	متوسط وزن هر بذر (گرم)	تعداد در کیلوگرم	وزن هزار دانه (گرم)	رطوبت اولیه (درصد)
۴/۰۶	۷۴/۰۷	۲۱/۸۶	۰/۰۷۸	۱۲۷۵۱	۷۸/۴۲۱	۴۶/۷۸

آماده‌سازی بذور: پس از جمع‌آوری حدود ۳/۵ کیلوگرم بذر رسیده، به‌منظور جلوگیری از کاهش رطوبت، بذرها در کیسه‌های پلاستیکی بسته‌بندی و در محیط سایه و خنک به آزمایشگاه منتقل و پس از جداکردن ناخالصی‌ها، رطوبت اولیهٔ بذور اندازه‌گیری شد؛ بدین صورت که ۵ گرم بذر خالص به‌صورت تصادفی با ٤ تکرار (مجموعاً ۲۰ گرم) انتخاب و بر اساس رطوبت اولیهٔ بذور (٤٦/۷۸ درصد) تعیین شد [۱۵].

اجرای آزمایش: به‌منظور جداسازی بذور پوک و ناسالم، بذرها به‌مدت ۲٤ ساعت در آب غوطه‌ور شدند. استریل بذرها به‌مدت ٤ دقیقه با استفاده از محلول هیپوکلریت سدیم ۱ درصد و پس از آن ۳ بار شست‌وشو با آب صورت گرفت. با هدف حذف کمون، بذور در ماسهٔ استریل مرطوب (۵۰ درصد رطوبت اشباع)، در کیسه‌های پلاستیکی با قابلیت تهویهٔ مناسب در دمای ۳ تا ۵ درجهٔ سانتی‌گراد به‌مدت ٦ ماه استراتیفه شدند. رطوبت ماسه و بذور در طی مدت استراتیفه کنترل شد. پس از استراتیفه برای تعیین درصد قوهٔ نامیه از آزمون تترازولیوم استفاده شد. مشخص شد قوهٔ نامیهٔ بذور پس از طی دورهٔ استراتیفه (۱۲/۵ درصد) کاهش زیادی در حدود ۳٦ درصد داشته است. پس از طی این مدت، بر اساس رطوبت اولیهٔ بذرهای این منطقه (٤٦/۷۸ درصد)، ۹ سطح رطوبتی شامل رطوبت ٤۵، ٤۰، ۳۵، ۳۰، ۲۵، ۲۰، ۱۵، ۱۰، و ۵ درصد انتخاب شد. وزن مورد انتظار برای هر سطح رطوبتی با استفاده از فرمول زیر [۲] و ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم محاسبه گردید. در ۹ نمونهٔ ۳۰۰ بذری پس از رسیدن وزن نمونه‌ها به وزن مورد انتظار و سطح رطوبتی مرتبط با آن، ٤ تکرار ۲۵ تایی به‌منظور تعیین مقدار دقیق رطوبت در سطح رطوبتی مورد نظر و افزایش دقت کار، در دستگاه آون به‌مدت ۲٤ ساعت و در دمای ۱۰۳ درجهٔ سانتی‌گراد خشک گردید [۱۵] و ٤ تکرار ۵۰ تایی پس از یک روز آبنوشی، به‌منظور تعیین اثر کاهش رطوبت بر بنیهٔ بذر و مشخص‌شدن میزان حساسیت بذرها نسبت به کاهش رطوبت، با استفاده از طرح یک‌عاملهٔ کاملاً تصادفی با ۹ تیمار رطوبتی ذکرشده تحت آزمون جوانه‌زنی قرار گرفتند؛ برای این کار بذور توزین شده و در کیسه‌های مشبک مخصوص و در دمای ۲۵ تا ۳۰ درجهٔ سانتی‌گراد در مجاورت مادهٔ سیلیکاژل نگه‌داری شدند [۲]. میزان رطوبت با توزین نمونه‌ها در فواصل

Archive of SID

www.SID.ir

زمانی مختلف و محاسبهٔ اختلاف وزن به‌وجودآمده در نمونه‌ها مشخص شد. با گذشت زمان و کاهش رطوبت و با پایش نمونه‌ها از طریق وزن‌کردن آن‌ها، به محض رسیدن نمونه به وزن مورد انتظار، از مادهٔ سیلیکاژل خارج شد.

$$\frac{(\%\ IMC - ۱۰۰)}{(\%\ DMC - ۱۰۰)} \times IW$$

IMC : رطوبت اولیه

IW : وزن اولیهٔ بذور

DMC : رطوبت مورد نظر

بررسی اثر کاهش رطوبت داخلی و آزمون جوانه‌زنی: به‌منظور بررسی اثر کاهش رطوبت داخلی بر بنیهٔ بذر و مشخص‌شدن میزان حساسیت بذرها نسبت به کاهش رطوبت و تعیین رفتار ذخیره‌ای بذر، ۲۰۰ عدد بذر (٤ تکرار ۵۰ تایی) برای هر تیمار رطوبتی (٤۵، ٤۰، ۳۵، ۳۰، ۲۵، ۲۰، ۱۵، ۱۰، و ۵ درصد) و در مجموع ۱۸۰۰ عدد بذر پس از یک روز خیساندن، در داخل ماسهٔ استریل‌شدهٔ مرطوب (۵۰ درصد رطوبت اشباع) کاشته شد و در داخل ژرمیناتور با شرایط محیطی کنترل‌شده و کاملاً مناسب برای جوانه‌زنی بذر افرا (دمای ۲۰ تا ۲۲ درجهٔ سانتی‌گراد، رطوبت ٦۰ درصد، ۸ ساعت روشنایی، و ۱٦ ساعت تاریکی) و به‌مدت ۳۰ روز قرار گرفتند [۱٦]. بذرهای جوانه‌زده روزانه شمارش شد. در پایان آزمون جوانه‌زنی وزن خشک ساقه‌چه و وزن خشک ریشه‌چهٔ نونهال‌های حاصل با دقت ۰/۰۰۱ گرم، همچنین طول گیاه‌چه با دقت ۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. صفات جوانه‌زنی شامل قدرت حیاتی، قوهٔ نامیه، سرعت، نیرو، ارزش جوانه‌زنی و نیز شاخص بنیهٔ بذرها با استفاده از روابط مندرج در جدول ۲ محاسبه شد [۱۰، ۱۱].

جدول ۲. روابط مورد استفاده در محاسبهٔ شاخص‌های جوانه‌زنی و بنیهٔ بذر

PV=Max(CG/DSS)	GV=PV×MDG	GC=((n+VS)/TS)×100	GP=(n/TS)×100
VI=n×RB	MDG=FCG/T+1	GS=∑(n/DSS)	GE=(Mng/TS)×100

GP، قوهٔ نامیه — MDG، میانگین روزانهٔ جوانه‌زنی — DSS، تعداد روزهای سپری‌شده از شروع آزمون

GC، قدرت حیاتی — VI، شاخص بنیهٔ بذر — Mng، ماکزیمم درصد تجمعی بذرهای جوانه‌زده

GV، ارزش جوانه‌زنی — n، تعداد بذرهای جوانه‌زده در هر تکرار — FCG، تعداد تجمعی نهایی بذرهای جوانه‌زده

PV، مقدار حداکثر — TS، تعداد کل بذرهای موردآزمون در هر تکرار — T، تعداد روزهای طی‌شده تا مقدار حداکثر درصد تجمعی

GE، نیروی جوانه‌زنی — VS، بذرهای زندهٔ جوانه‌نزده در انتهای آزمون — RB، وزن خشک ریشه‌چه

GS، سرعت جوانه‌زنی — CG، درصد جوانه‌زنی تجمعی

GS: Germination speed	PV: Peak Value	GV: Germination Value	GE: Germination Energy	GC: Germination Capacity	GP: Germination Percent

کمی‌کردن داده‌ها: از مهم‌ترین شاخص‌هایی که معمولاً برای کمی‌کردن حساسیت به خشکی در بذرها به‌کار می‌رود، حد بحرانی رطوبت داخلی است [٦]. این پارامتر در برخی منابع [۱۷] به‌عنوان سطح رطوبت داخلی، که در آن کاهش مشخصی در قدرت حیاتی بذرها ایجاد می‌شود، و در برخی دیگر

Archive of SID
www.SID.ir

از منابع [۱۸، ۱۹] به‌صورت سطح رطوبت داخلی، که در آن قدرت حیاتی بذرها ۵۰ درصد کاهش می‌یابد، تعریف شده است. در این تحقیق سطح رطوبت داخلی، که در آن قدرت حیاتی بذرها کاهش می‌یابد، حد آستانهٔ[1] رطوبت داخلی و نیز سطح رطوبت داخلی، که در آن قدرت حیاتی بذرها از ۵۰ درصد کمتر می‌شود، حد بحرانی[2] رطوبت داخلی نام گرفت. همچنین سطح رطوبت داخلی، که در آن مرگ کامل بذرها فرامی‌رسد، حد کشندهٔ[3] رطوبت داخلی در نظر گرفته شد [٦].

تجزیه و تحلیل آماری: با توجه به اینکه این تحقیق با استفاده از طرح آماری یک‌عاملهٔ کاملاً تصادفی صورت گرفت، به‌منظور بررسی اثر رطوبت داخلی بذر بر بنیه و شاخص‌های جوانه‌زنی بذر از آزمون تجزیهٔ واریانس یک‌طرفه (One-Way ANOVA) استفاده شد و سپس برای مقایسهٔ میانگین ویژگی‌های مورد نظر در تیمارهای رطوبتی مختلف از آزمون مقایسهٔ چندگانهٔ میانگین‌ها (دانکن) و با درنظرگرفتن خطای مجاز نوع اول ۵ درصد استفاده شد. بررسی نرمال‌بودن باقی‌مانده‌های مدل تجزیهٔ واریانس با استفاده از آزمون Shapiro-Wilk و بررسی همگنی واریانس داده‌ها با استفاده از آزمون Leven صورت گرفت.

نتایج

بررسی اثر کاهش رطوبت داخلی بر قدرت حیاتی بذرهای افرا کرکو نشان داد که در نتیجهٔ کاهش رطوبت داخلی، دو جهش کاهنده در قدرت حیاتی بذور این گونه اتفاق می‌افتد. در مرحلهٔ اول، کاهش رطوبت داخلی بذر از ۳۵ به ۳۰ درصد، موجب کاهش ٢٤ درصدی قدرت حیاتی می‌شود و در مرحلهٔ دوم کاهش رطوبت داخلی از ۲۰ به ۱۵ درصد، کاهش ۲۹ درصدی قدرت حیاتی را به‌دنبال دارد (شکل ۲). بنابراین، بر اساس تعریف حدود بحرانی و کشندهٔ رطوبت داخلی بذر (بخش مواد و روش‌ها) می‌توان اظهار داشت که وقتی رطوبت داخلی بذر افرا کرکو از مقدار اولیهٔ ٤٥ درصد به ۲۰ درصد می‌رسد، قدرت حیاتی بذرها ۵۰ درصد کاهش می‌یابد و هنگامی که رطوبت داخلی بذر به ۵ درصد می‌رسد، بذرها به‌طور کامل قدرت حیاتی خود را از دست می‌دهند و می‌میرند. به‌عبارت دیگر، در ابتدا ۲۵ درصد کاهش رطوبت داخلی، ۵۰ درصد کاهش قدرت حیاتی را سبب می‌شود، اما بعد از حد بحرانی (۲۰ درصد)، فقط ۱۵ درصد کاهش رطوبت داخلی بذرها برای ازبین‌بردن ۵۰ درصد قدرت حیاتی برجاماندهٔ بذرها کافی است (جدول ۲). لذا بر اساس نتایج به‌دست‌آمده و با توجه به طبقه‌بندی‌های موجود [۲، ۵، ١٤] می‌توان گفت که بذور گونهٔ افرا کرکو دارای رفتار ذخیره‌ای حد واسط‌اند.

نتایج تجزیهٔ واریانس صفات جوانه‌زنی، شاخص بنیهٔ بذر و ویژگی‌های نونهال‌های سبزشده در تیمارهای

جدول ۳. حد آستانه، حد بحرانی، و حد کشندهٔ بذرهای افرا کرکو

مقدار اولیه	حد آستانه	حد بحرانی	حد کشنده
٪ ۴۵	٪۴۰ (٪ ۵)	٪۲۰ (٪ ۱۵)	٪۵ (٪ ۱۵)

اعداد ارائه‌شده بر اساس درصد از وزن تر بوده و اعداد داخل پرانتز کاهش رطوبت داخلی بذر نسبت به رطوبت اولیه را نشان می‌دهند.

1. Threshold Water Content
2. Critical Water Content
3. Lethal Water Content

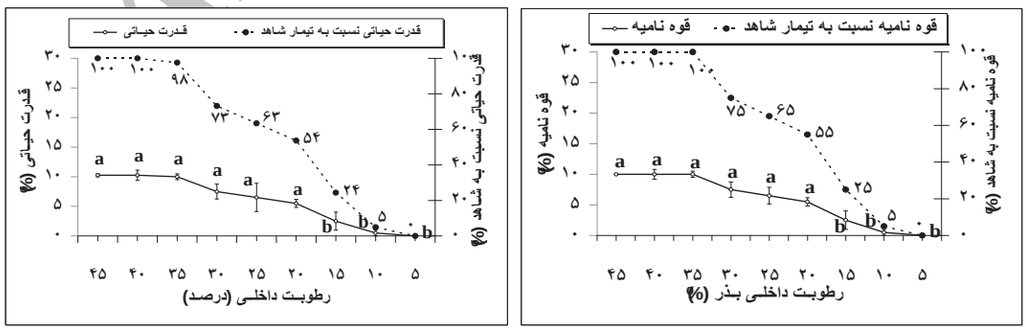
Archive of SID
www.SID.ir

رطوبتی مختلف نشان داد که رطوبت داخلی بذر در سطح احتمال ۱ درصد اثر معنی‌داری بر تمامی صفات مورد مطالعه دارد (جدول ٤). بررسی‌های مربوط به اثر کاهش رطوبت داخلی بر قدرت حیاتی و قوهٔ نامیهٔ بذر افرا کرکو نشان داد که این صفات با کاهش رطوبت داخلی کاهش می‌یابند؛ به‌طوری که همواره بیشترین میانگین قدرت حیاتی و قوهٔ نامیه در تیمارهای رطوبتی ٤٥ (شاهد) و ٤٠ درصد دیده شد. در تیمار رطوبتی ۳۵ درصد و کمتر از آن، میانگین قدرت حیاتی بذرها کاهش نشان داد، اما این کاهش تا سطح رطوبت ۲۰ درصد معنی‌دار نبود ($p>0/05$). وقتی رطوبت بذرها به ۱۵ و ۱۰ درصد رسید، قدرت حیاتی و قوهٔ نامیهٔ بذرها به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (شکل ۲). در سطح رطوبت داخلی کمتر از ۱۰ درصد قدرت حیاتی بذرها کاملاً از بین رفت و بر این اساس می‌توان استنباط کرد که انتخاب سطوح رطوبتی کمتر از ۱۰ درصد برای تعیین اثر رطوبت داخلی بذر بر کیفیت بذر افرا کرکو مناسب نیست و سطوح مورد استفاده در آزمون حساسیت به خشکی بذور این گونه باید دامنهٔ بین رطوبت بذر تازه تا رطوبت ۱۰ درصد را شامل شوند.

جدول ٤. نتایج تجزیهٔ واریانس صفات جوانه‌زنی، شاخص بنیهٔ بذر، و ویژگی‌های نونهال‌های سبزشده در تیمارهای رطوبتی

صفت	F	*p*	صفت	F	*p*
قدرت حیاتی بذر	۷/۷۶**	۰/۰۰۰	شاخص بنیهٔ بذر	۱۲/۰۲**	۰/۰۰۰
قوهٔ نامیه	۷/۶۸**	۰/۰۰۰	طول ریشه‌چه	۱۰/۷۰**	۰/۰۰۰
سرعت جوانه‌زنی	۴/۶۱**	۰/۰۰۲	طول ساقه‌چه	۴/۷۷**	۰/۰۰۲
ارزش جوانه‌زنی	۶/۵۴**	۰/۰۰۱	وزن خشک گیاه‌چه	۶/۱۳**	۰/۰۰۰
نیروی جوانه‌زنی	۴/۱۴**	۰/۰۰۴			

**: معرف معنی‌داربودن اثر تیمارهای رطوبتی در سطح احتمال ۱ درصد است.

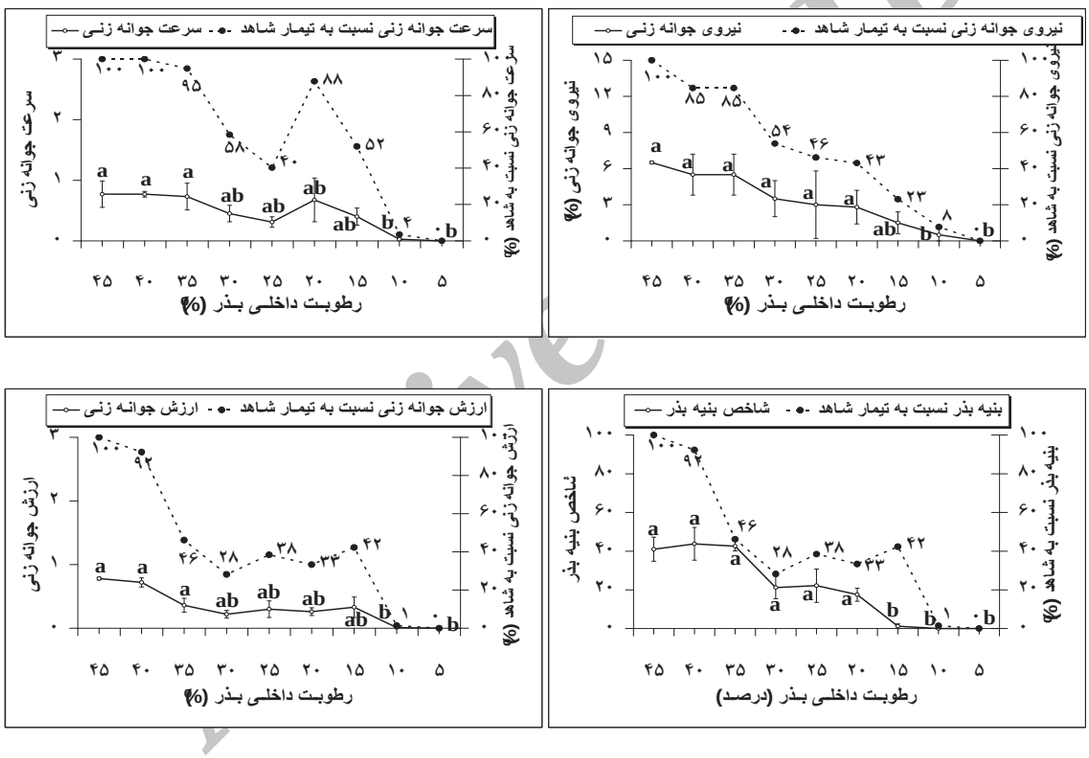


شکل ۲. اثر کاهش رطوبت داخلی بر قدرت حیاتی و قوهٔ نامیهٔ بذرهای افرا کرکو (میانگین± اشتباه معیار)

(رطوبت ٤٥ درصد (شاهد)، به‌عنوان مبنای ۱۰۰ درصد در نظر گرفته شده است)

Archive of SID
www.SID.ir

نتایج آزمون مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد که تغییرات شاخص بنیهٔ بذر و نیروی جوانه‌زنی بذرها در تیمارهای رطوبتی گوناگون از روندی تقریباً مشابه روند تغییرات قدرت حیاتی و قوهٔ نامیهٔ بذرها تبعیت می‌کند، اما بررسی تغییرات سرعت و ارزش جوانه‌زنی بذرها نشان داد که تا تیمار رطوبتی ۳۵ درصد، میانگین صفات مورد بررسی اختلاف معنی‌داری با تیمار رطوبتی ۱۰ درصد، که در آن حداقل سرعت و ارزش جوانه‌زنی بذرها مشاهده شد، دارد. اما وقتی رطوبت بذرها به کمتر از ۳۵ درصد می‌رسد (تیمارهای ۳۰ درصد و پایین‌تر)، تفاوت معنی‌دار بین سرعت و ارزش جوانه‌زنی بذرها با تیمار رطوبتی ۱۰ درصد از بین می‌رود و به‌تدریج هرچه رطوبت بذرها کاهش می‌یابد، مقدار عددی میانگین سرعت و ارزش جوانه‌زنی بذرها به صفر نزدیک‌تر می‌شود (شکل ۳).



شکل ۳. اثر کاهش رطوبت داخلی بر بنیهٔ بذر و صفات جوانه‌زنی بذرهای افراکرکو (میانگین± اشتباه معیار)

(رطوبت ٤٥ درصد (شاهد)، به‌عنوان مبنای ۱۰۰ درصد در نظر گرفته شده است)

بررسی اثر کاهش رطوبت داخلی بر روی صفات اولیهٔ نونهال‌های افرا کرکو (طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، و وزن خشک گیاهچه) نشان داد که با کاهش رطوبت داخلی، صفات اولیهٔ نونهال‌های افرا کرکو کاهش یافت؛ به‌طوری که همواره کمترین مقادیر مربوطه در سطح رطوبت داخلی ۱۰ درصد مشاهده شد و در سطح رطوبت داخلی کمتر از ۱۰ درصد هیچ نهالی سبز نشد (جدول ۵). نتایج این آزمایش نشان داد که برای رسیدن به نهال بذری افرا کرکو با صفات اولیهٔ مطلوب، در هنگام ذخیره‌سازی و استراتیفه، نباید رطوبت بذور از ٤٠ درصد کاهش یابد.

www.SID.ir

جدول ۵. طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، و بایومس گیاهچهٔ نونهال‌های افرا کرکو در تیمارهای رطوبتی گوناگون

درصد رطوبت	طول ریشه‌چه (سانتی‌متر)	طول ساقه‌چه (سانتی‌متر)	وزن خشک گیاه‌چه (گرم)
۴۵ (شاهد)	۳/۷±۰/۶۲۴^{ab}	۳/۶۶±۰/۴۰۴^{a}	۰/۰۴±۰/۰۱۹^{ab}
۴۰	۴/۳±۰/۵۱۰^{a}	۳/۸۲±۰/۳۵۶^{a}	۰/۰۶±۰/۰۱۸^{a}
۳۵	۴/۱۹±۰/۴۱۳^{a}	۳/۵۱±۰/۳۰^{a}	۰/۰۷±۰/۰۱۹^{a}
۳۰	۳/۳±۰/۶۳۷^{ab}	۳/۱۱±۰/۵۲^{a}	۰/۰۴±۰/۰۱۲^{ab}
۲۵	۳/۰۴±۰/۵۱۹^{ab}	۲/۸۹±۰/۲۳^{a}	۰/۰۲±۰/۰۰۳^{abc}
۲۰	۱/۹۶±۰/۳۵۲^{b}	۲/۵۵±۰/۷۳۴^{a}	۰/۰۱±۰/۰۰۴^{abc}
۱۵	۰/۶۸±۰/۴۰^{c}	۱/۵±۰/۹۵۷^{ab}	۰/۰۰۷±۰/۰۰۴^{bc}
۱۰	۰/۲۵±۰/۱۴۴^{c}	۰/۵±۰/۲۸۸^{b}	۰/۰۰۲±۰/۰۰۲^{c}
۵	۰^{c}	۰^{b}	۰^{c}

نتیجه‌گیری

با بررسی کاهش رطوبت داخلی و تأثیر آن بر خصوصیات و ویژگی‌های اولیهٔ بذور و نونهال‌های سیاه کرکو (کیکم ترکمن)، مشخص شد که بذور سیاه کرکو به کاهش رطوبت داخلی خود تا حدود زیادی حساس‌اند. تعدادی از بذور، تا حد رطوبتی ۱۰ درصد هنوز قادر به جوانه‌زنی‌اند و در سطح رطوبت داخلی ۵ درصد، قدرت حیاتی بذرها کاملاً از بین می‌رود. کاهش رطوبت داخلی بذر، در قدرت حیاتی، درصد جوانه‌زنی، سرعت، ارزش و نیروی جوانه‌زنی، شاخص بنیهٔ بذر و خصوصیات اولیهٔ نونهال‌ها تأثیر منفی داشته و باعث کاهش این عامل‌ها شده است و لذا می‌توان اظهار داشت بذرهای این گونه، دارای رفتار ذخیره‌ای حد واسط‌اند. چنین رفتار ذخیره‌ای در برخی دیگر از گونه‌های افرا نیز گزارش شده است [۲، ۷]، ولی وجود رفتارهای مستقل ارتودوکسی و ریکال سیترانتی در گونه‌های متفاوت افرا بیشتر دیده شده است [۷، ۸، ۹، ۱۱].

تأثیر کاهش محتوای رطوبتی بذر بر قدرت حیاتی و بنیهٔ بذر در بین گونه‌های مختلف متفاوت است، اما به‌طور کلی کاهش رطوبت داخلی، زمانی که رطوبت داخلی بذر هنوز بالاتر از حد آستانه است و آشفتگی متابولیسم جاری باعث به‌جریان‌افتادن فرایندهای تخریبی می‌شود، دو نوع آسیب به بذرها وارد می‌کند [۲۰]. در صورتی که سرعت خشک‌شدن بذر کم باشد (مثل هنگامی که بذرها در کف جنگل رطوبت خود را از دست می‌دهند)، خسارت‌های ناشی از چنین فرایندهایی انباشته می‌شود و می‌توانند قدرت حیاتی بذرها را کم کنند [۲۱]، اما وقتی سرعت ازدست‌دادن رطوبت بذرها بالاست، چنین فرایندهایی خسارت‌های کشنده به بذرها وارد نمی‌کنند [۲۲]. نوع دیگر خسارت‌های ناشی از کاهش رطوبت داخلی بذر خسارت‌های متابولیک[1] هستند. این خسارت‌ها، که با افزایش غلظت سیتوپلاسم و برهم‌خوردن موازنهٔ آبی در سطوح درون‌سلولی انجام می‌شوند، به‌شدت برای بذرها کشنده‌اند و باعث می‌شوند در سطوح رطوبت داخلی کمتر از حد بحرانی، قدرت حیاتی بذرها به‌شدت کاهش یابد. حدود ۱۰ تا

1. Metabolism Derived Damages

Archive of SID

www.SID.ir

۱۲ درصد محتوای رطوبتی بذر در تعادل با رطوبت نسبی هوا در دمای ۲۰ درجه است [۲]. در این آزمایش نیز با کاهش ۵ درصدی رطوبت داخلی بذر از مقدار اولیهٔ ٤٥ درصد به ٤٠ درصد، هیچ گونه کاهشی در ظرفیت حیاتی و بنیهٔ بذور سیاه کرکو ایجاد نشد. در رطوبت کمتر از ٤٠ درصد (حد آستانه) تا رطوبت ۳۵ درصد، ظرفیت حیاتی به میزان اندکی (۳ درصد) کاهش یافت که نشان‌دهندهٔ تجمع کم مواد کشنده و خسارت اندک در بافت‌های بذر است. با کاهش بیشتر رطوبت و افزایش مدت‌زمان استرس، تجمع مواد کشنده و خسارت وارده در بافت‌های بذر بیشتر می‌شود [۲۳]. افزایش حساسیت بذرهای افرا کرکو به ازدست‌دادن رطوبت از ۳۵ درصد به ۳۰ درصد موجب کاهش ٢٤ درصدی ظرفیت حیاتی شد که نشان می‌دهد پایین‌آمدن رطوبت داخلی بذر و گذشتن از حد آستانه، باعث بروز آسیب‌هایی در بذر می‌شود. این آسیب‌ها بر اثر کاهش بیشتر رطوبت داخلی، تشدید می‌شوند؛ به‌طوری که در حد بحرانی (۲۰ درصد) ظرفیت حیاتی به ۵۰ درصد و در رطوبت ۵ درصد (حد کشنده) ظرفیت حیاتی به صفر می‌رسد. با توجه به اینکه سایر صفات جوانه‌زنی و بنیهٔ بذر، همچنین صفات اولیهٔ نونهال‌های سیاه کرکو شامل طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، و بایومس گیاهچه نیز با کاهش رطوبت داخلی رفتاری مشابه نشان می‌دهند، مشخص است خسارت‌هایی که در نتیجهٔ کاهش رطوبت داخلی بذر سیاه کرکو اتفاق می‌افتد برگشت‌ناپذیر بوده و این خسارت‌ها در نونهال‌های حاصله نیز به همان میزان خود را نشان می‌دهد و موجب کاهش کیفیت نهال‌های حاصله می‌شود.

بررسی انجام‌شده تحقیقی پایه‌ای است و مشخص می‌کند بذور این گونه قابلیت نگه‌داری بلندمدت ندارند؛ این بذور دارای رفتار ذخیره‌ای حد واسط بوده، با کاهش رطوبت داخلی بذر، علاوه بر صفات جوانه‌زنی و بنیهٔ بذر، ویژگی‌های اولیهٔ نونهال‌ها نیز کاهش می‌یابد؛ در نتیجه برای نهال بذری با ویژگی‌های مطلوب نباید رطوبت بذر این گونه در زمان کاشت، از حد آستانهٔ ٤٠ درصد کمتر باشد.

با اینکه افرا کرکو یکی از زیرگونه‌های بومی و باارزش در شمال کشور است، فقدان تحقیقات در مورد این گونه و نبود اطلاعات کافی باعث شده این گونهٔ بومی کاملاً محجور بماند. با توجه به مشکلات متعدد بذر این گونه شامل پوکی بذر (٧٤/٠٧ درصد)، پایین بودن قوهٔ نامیه پس از طی دورهٔ استراتیفه برای غلبه بر خواب بذر(۱۲/۵ درصد)، و نیز حملهٔ آفات، لازم است محققان به این گونه توجه بیشتری کنند.

Archive of SID

www.SID.ir

References

[1]. Schopmeyer, C.S. (1974). Seeds of woody plants in the United States, Technical Coordinator, Agriculture Handbook. Forest Service. Washington.
[2]. Hong, T.D., and Elliss, R. H. (1996). A protocol to determine seed storage behavior, IPGRI Technical Bulletin. Department of Agriculture, The University of Reading, UK
[3]. Baghery, R. and Asadi, F. (2003). Collecting and storing seeds of forest trees, Art and cultural institute of Shaghayegh Rousta. Tehran.
[4]. Kavanagh, J. (2006). Practical management of quality for nursery production and quality. In: Plant quality: a key to success in forest establishment, COFORD Conference, 20-21 Sept. Hrland, pp.33-35.
[5]. Roberts, E. H. (1973). Predicting the storage life of seeds. Seed Science and Technology, L:499-514.
[6]. Leprince, O. (2003). Assessing desiccation sensitivity: from diagnosis to program .In: seed conservation: turning science into practice London: The Royal Botanic Gardens. Kew:389-414
[7]. Ackerly, D.D., and Donoghue, M.J. (1998). Leaf size, sapling allometry, and Corner's rules: phylogeny and correlated evolution in maples (Acer). American Naturalist, (152): 767–791.
[8]. Hasebe, M., And Iwatsuki, K. 1998. Intrageneric relationships of maple trees based on the chloroplast DNA restriction fragment length polymorphisms. Journal of Plant Research, (111): 441–451.
[9]. Hong,T. D., and Ellis, R. H. (1990). A Comparison of Maturation Drying, Germination, and Desiccation Tolerance between Developing Seeds of Acer pseudoplatanus L. and Acer platanoides L. New Phytologist, 116: (4). 589-596.
[10]. Ghanifathi, T., Valizadeh, M. (2011). Effect of Drought Stress on Germination Indices and Seedling Growth of 12 Bread Wheat Genotypes. Advances in Environmental Biology, 5(6): 1034-1039.
[11]. Ylmaz, M. 2006. Depth of Dormancy and Desiccation Tolerance in Acer trautvetteri Medv. Seeds. Turk J Agric For, 31: 201-205.
[12]. Naseri, B., Hossaini, M. (2008). Survey physical and physiologycal features and desiccation tolerance in Acer cupatasiccum , Initial national congress of science and technology seed of Iran. Nov. 8-9 Gorgan.
[13]. Mozaffarian, V. (2004) Trees and shrubs of Iran, Res Inst of forest and rangeland, Tehran.
[14]. Sabeti, H. (1993). Forest, trees and shrubs of Iran.13th Ed., Yazd University Publishers. Yazd.
[15]. ISTA (The International Seed testing Association). (2008). The international rules for seed testing. 138 pp.
[16]. Bonner, F. T. (1996). Responses to drying of recalcitrant seeds of Quercus nigra L. Annals of Botany, (78):181-187.
[17]. Vertucci, C.W., and Farrant J.M. (1995). Acquisition and loss of desiccation tolerance. Seed

Archive of SID

www.SID.ir

development and germination, Marcel Dekker Press. 237–271.
[18]. Dussert, S., Chabrillange, N., Engelmann, F. and Hamon, S. (1999). Quantitative estimation of seed desiccation sensitivity using a quantal response model: application to nine species of the genus Coffea L. Seed Science Research, (9): 135–144.
[19]. Walters, C. (1999). Levels of recalcitrance in seeds. IUFRO Seed Symposium. Forest Research Institute Malaysia, Kuala Lumpur. 1– 13.
[20]. Sun, W., and Liang, Y. (2001). Discrete levels of desiccation sensitivity in various seeds as determined by the equilibration dehydration method. Seed Science Research, (11): 317–323.
[21]. Pammenter, N., Greggains, V., Kioko, J., Wesley-Smith, J., Berjak, P., and Finch-Savage, W. E.) 1998). Effect of differential drying rates on viability retention of recalcitrant seeds of Ekebergia capensis. Seed Science Research, (8): 463- 471.
[22]. Berjak, P. and Pammenter, N. (2003). Understanding and handling desiccation sensitive seeds. The Royal Botanic Gardens Kew, 415- 430.
[23]. Benech-Arnold, R.L. and Sanchez, R.A. (2004). Handbook of seed physiology: Applications to agriculture, Food production press. New York.

Archive of SID

www.SID.ir