

## رفتار ذخیره‌ای و حساسیت به خشکی بذرهای سیاه کرکو (*Acermonspessulanum* 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  
❖ **محمد رضا 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

### چکیده

این تحقیق با هدف شناخت رفتار ذخیره‌ای، حساسیت به خشکی، و اثر رطوبت داخلی بذر بر صفات جوانه‌زنی و خصوصیات اولیه بذر و نونهال‌های حاصله بذرهای سیاه کرکو<sup>۱</sup> انجام شده است. بذور سالم و رسیده درختان افرا کرکو از دره زرین‌گل علی‌آباد استان گلستان در دامنه ارتفاعی ۵۰۰ تا ۱۱۰۰ متری از سطح دریا و با رطوبت اولیه ۴۶ درصد جمع‌آوری و برای غلبه بر خواب بذر به مدت شش ماه استراتیفه شدند؛ سپس برای تشکیل ۹ سطح رطوبتی شامل رطوبت ۴۵ (شاهد)، ۴۰، ۳۵، ۳۰، ۲۵، ۲۰، ۱۵، ۱۰، و ۵ درصد در مجاورت ماده رطوبت‌گیر سیلیکاژل<sup>۲</sup> و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و پس از ۲۴ ساعت آبنوشی با استفاده از طرح فاکتوریل کاملاً تصادفی با ۴ تکرار به مدت ۳۰ روز در ژرمیناتور کاشته و بذور جوانه‌زده هر روز شمارش شدند. نتایج نشان داد بذرهای افرا کرکو دارای رفتار ذخیره‌ای حد واسطانده، حد آستانه، حد بحرانی، و حد کشنده رطوبت داخلی بذر این گونه به ترتیب ۴۰، ۲۰، ۵ درصد بوده و با کاهش رطوبت داخلی، صفات جوانه‌زنی بذر (ظرفیت حیاتی، سرعت، ارزش، انرژی، درصد جوانه‌زنی، و شاخص بنیه بذر)، و خصوصیات اولیه 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 آستانه ۴۰ درصد کمتر باشد.

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

## مقدمه

اکثر گونه‌های درختی همه‌ساله بذر نمی‌دهند و فقط در سال بذردهی‌شان تولید بذر مناسب می‌کنند. در این شرایط نگره‌داری 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 نگره‌داری و انبار بذرهای 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 نگره‌داری، تغییرات مداومی داشته باشد، با صدمات بسیاری مواجه خواهند شد [۳]. فراهم‌آوردن شرایط بهینه برای نگره‌داری بذور تا زمان شروع عملیات جنگل‌کاری و امکان تعیین مناسب‌ترین فصل کاشت از دیگر فواید شناخت رفتار ذخیره‌ای بذر است [۴]. به طور کلی، واکنش بذر گیاهان گوناگون به ازدست‌دادن رطوبت داخلی یکسان نیست و گیاهان از این نظر به سه دسته مجزا شامل بذرهای مقاوم (ارتودوکس)، حد واسط، و حساس (ریکال سیترانس) 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 سیترانس نسبت به کاهش رطوبت داخلی خود حساس‌اند و به ترتیب 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 نگره‌داری بذر گونه‌های ارتودوکس به راحتی ممکن است، جنگل‌کاری با این گونه‌ها از انعطاف‌پذیری زیادی برخوردار است،

اما در گونه‌های ریکال سیترانس به علت حساس بودن بذرهای نسبت به کاهش رطوبت، عملیات جمع‌آوری، نگره‌داری، و کشت بذرهای با محدودیت‌های فراوانی مواجه است [۶]. از این رو، لازم است قبل از کارکردن با بذرهای یک گونه، رفتار ذخیره‌ای بذرهای 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 *Afra* تنظیم رطوبت بین ۱۰-۱۵ درصد، قبل از نگره‌داری توصیه شده است [۱]. مطالعات صورت گرفته در مورد حساسیت به خشکی و رفتار ذخیره‌ای بذر گونه‌های *Afra* در نقاط گوناگون دنیا، نشان داده است گونه‌های متفاوت *Afra* رفتارهای متفاوتی از این نظر از خود نشان می‌دهند. چنانچه برخی گونه‌ها مثل بذور *Afra* قندی<sup>۱</sup> و *Afra* شبه‌چناری<sup>۲</sup> رفتار ریکال سیترانسی، 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 گونه *Afra* شبه‌چناری و *Afra* شیردار با هم مقایسه و مشخص شد بذرهای *Afra* شیردار<sup>۳</sup> تا ۱۰ درصد محتوای رطوبتی، جوانه‌زنی دارند و دارای رفتار ذخیره‌ای ارتودوکس‌اند. بذرهای *Afra* شبه‌چناری در ۱۰ درصد محتوای رطوبتی از بین می‌روند و دارای رفتار ذخیره‌ای ریکال سیترانس‌اند [۹]. در بررسی دیگری مشخص شده است ارتباط مشخصی بین رفتار ذخیره‌ای و شکستن خواب بذور جنس *Afra* وجود ندارد و این فرایندها به صورت جداگانه و مستقل عمل می‌کنند [۱۰]. مقاومت به خشکی بذرهای گونه *A. trautvetteri* بررسی و در دسته ارتودوکس طبقه‌بندی شده است [۱۱]. ویژگی‌های فیزیکی و فیزیولوژیکی و مقاومت به خشکی در بذر گونه 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*

۳/۵ تا ۴ سانتی متر و به عرض ۵ تا ۶ سانتی متر است که در جوانی کرکدارند و سرانجام بی کرک می شوند [۱۳]. طی تحقیقات و پایش نویسندگان، با وجود بذردهی هر ساله، سال بذردهی این گونه سه سال یکبار اتفاق می افتد؛ در عین حال، قوه نامیه بذر پایین است؛ ضمناً به شدت مورد حمله آفات بذرخوار بوده و پس از رسیدن، در رویشگاه های مختلف، ۵۰-۷۰ درصد بذور، پوک و آسیب دیده اند. خواب بذر دارد و قوه نامیه آن پس از طی دوره سرمادهی کمتر نیز می شود. اساساً میزان تولید بذر باکیفیت، زیاد نبوده و باید برای حفظ قوه نامیه بذر باقی مانده تلاش شود. از آنجا که تاکنون تحقیقی مبنی بر تعیین نوع رفتار ذخیره ای بذرها این گونه صورت نگرفته است، در خصوص امکان نگه داری بذر آن نیز اطلاعاتی وجود ندارد؛ بنابراین، این تحقیق با هدف تعیین نوع رفتار ذخیره ای بذرها کیکم ترکمن و شناخت میزان حساسیت به خشکی (کاهش رطوبت) بذور و بررسی اثر رطوبت داخلی بذر بر صفات جوانه زنی و خصوصیات اولیه بذر و نونهال های حاصله انجام گرفته است.

نیز مقاومت به خشکی اندازه گیری شده است. آستانه شروع افت زنده مانی در رطوبت حدود ۱۷ درصد بوده و بذر این گونه در گروه ریکال سترانت قرار گرفت [۱۲]. این تحقیق با هدف مشخص کردن رفتار ذخیره ای بذر سیاه کرکو یا کیکم ترکمن، تأثیر کاهش رطوبت بر صفات اولیه بذر، و خصوصیات نونهال های این گونه انجام گرفته است.

سیاه کرکو یا کیکم ترکمن<sup>۱</sup>، یکی از گونه های جنس افرا، از خانواده افرا<sup>۲</sup> و راسته Sapindales، بومی مناطق جنوبی اروپا بوده و در ایران دارای ۵ زیرگونه است که به طور عمده در دامنه های البرز و زاگرس انتشار دارند. زیرگونه های آن در ایران شامل کیکم کردستانی<sup>۳</sup>، کیکم قفقازی<sup>۴</sup>، سیاه کرکو یا کیکم ترکمن<sup>۵</sup>، کیکم شیرازی<sup>۶</sup>، و کیکم ایرانی<sup>۷</sup> است. پراکنش زیرگونه سیاه کرکو یا کیکم ترکمن فقط در ترکمنستان و ایران است [۱۳] و در نواحی شمال شرق کشور و از گِردگان تا شمال خراسان امتداد دارد [۱۴]. درختی غالباً کوتاه یا درختچه ای، دارای فندقه های قهوه ای بالدار، تقریباً متقارن و به شکل تخم مرغی با برگ های سه لوبی به طول



شکل ۱. درخت و بذر کیکم ترکمن یا سیاه کرکو

1. *A. monspessulanum* L
2. Aceraceae
3. *A. monspessulanum* Sub. *assyriacum*
4. *A. monspessulanum* Sub. *ibericum*
5. *A. monspessulanum* Sub. *turcomanicum*
6. *A. monspessulanum* Sub. *Cinerascens*
7. *A. monspessulanum* Sub. *Persicum*

## مواد و روش‌ها

**جمع‌آوری بذور:** بذرهای رسیده درختان افرا کرکو در منطقه دره 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 دامنه 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 فاصله 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). قوه نامیه بذور بلافاصله پس از جمع‌آوری به کمک آزمون تترازولیوم ۴۸/۵ درصد محاسبه گردید.

جدول ۱. مشخصات کلی بذور افرا کرکو

رطوبت اولیه	وزن هزار دانه	تعداد در	متوسط وزن هر	بذر خالص (درصد)	بذر پوک و آفت‌زده	باله‌ها (درصد)
(درصد)	(گرم)	کیلوگرم	بذر (گرم)		(درصد)	
۴۶/۷۸	۷۸/۴۲۱	۱۲۷۵۱	۰/۰۷۸	۲۱/۸۶	۲۴/۰۷	۴/۰۶

استراتیغه (۱۲/۵ درصد) کاهش زیادی در حدود ۳۶ درصد داشته است. پس از طی این مدت، بر اساس رطوبت اولیه بذرهای این منطقه (۴۶/۷۸ درصد)، ۹ سطح رطوبتی شامل رطوبت ۴۵، ۴۰، 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 دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم محاسبه گردید. در ۹ نمونه ۳۰۰ بذری پس از رسیدن وزن نمونه‌ها به وزن مورد انتظار و سطح رطوبتی مرتبط با آن، ۴ تکرار ۲۵ تایی به منظور تعیین مقدار دقیق رطوبت در سطح رطوبتی مورد نظر و افزایش دقت کار، در دستگاه آن به مدت ۲۴ ساعت و در دمای ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد خشک گردید [۱۵] و ۴ تکرار ۵۰ تایی پس از یک روز آبنوشی، به منظور تعیین اثر کاهش رطوبت بر بنیه بذر و مشخص شدن میزان حساسیت بذر نسبت به کاهش رطوبت، با استفاده از طرح یک‌عامله کاملاً تصادفی با ۹ تیمار رطوبتی ذکر شده تحت آزمون جوانه‌زنی قرار گرفتند؛ برای این کار بذور توزین شده و در کیسه‌های مشبک مخصوص و در دمای ۲۵ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد در مجاورت ماده سیلیکاژل نگهداری شدند [۲]. میزان رطوبت با توزین نمونه‌ها در فواصل

**آماده‌سازی بذور:** پس از جمع‌آوری حدود ۳/۵ کیلوگرم بذر رسیده، به منظور جلوگیری از کاهش رطوبت، بذرها در کیسه‌های پلاستیکی بسته‌بندی و در محیط سایه و خنک به آزمایشگاه منتقل و پس از جداکردن ناخالصی‌ها، رطوبت اولیه بذور اندازه‌گیری شد؛ بدین صورت که ۵ گرم بذر خالص به صورت تصادفی با ۴ تکرار (مجموعاً ۲۰ گرم) انتخاب و بر اساس رطوبت اولیه بذور (۴۶/۷۸ درصد) تعیین شد [۱۵].

**اجرای آزمایش:** به منظور جداسازی بذور پوک و ناسالم، بذرها به مدت ۲۴ ساعت در آب غوطه‌ور شدند. استریل بذرها به مدت ۴ 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 ماسه استریل مرطوب (۵۰ درصد رطوبت اشباع)، در کیسه‌های پلاستیکی با قابلیت تهویه مناسب در دمای ۳ تا ۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶ ماه استراتیغه شدند. رطوبت ماسه و بذور در طی مدت استراتیغه کنترل شد. پس از استراتیغه برای تعیین درصد قوه نامیه از آزمون تترازولیوم استفاده شد. مشخص شد قوه نامیه بذور پس از طی دوره

۱۸۰۰ عدد بذر پس از یک روز خیساندن، در داخل ماسه استریل شده مرطوب (۵۰ درصد رطوبت اشباع) کاشته شد و در داخل ژرمیناتور با شرایط محیطی کنترل شده و کاملاً مناسب برای جوانه زنی بذر افرا (دمای ۲۰ تا ۲۲ درجه سانتی گراد، رطوبت ۶۰ درصد، ۸ ساعت روشنایی، و ۱۶ ساعت تاریکی) و به مدت ۳۰ روز قرار گرفتند [۱۶]. بذرهای جوانه زده روزانه شمارش شد. در پایان آزمون جوانه زنی وزن خشک ساقه چه و وزن خشک ریشه چه نونهالهای حاصل با دقت ۰/۰۰۱ گرم، همچنین طول گیاه چه با دقت ۱ میلی متر اندازه گیری شد. صفات جوانه زنی شامل قدرت حیاتی، قوه نامیه، سرعت، نیرو، ارزش جوانه زنی و نیز شاخص بنیه بذرها با استفاده از روابط مندرج در جدول ۲ محاسبه شد [۱۰، ۱۱].

زمانی مختلف و محاسبه اختلاف وزن به وجود آمده در نمونه ها مشخص شد. با گذشت زمان و کاهش رطوبت و با پایش نمونه ها از طریق وزن کردن آنها، به محض رسیدن نمونه به وزن مورد انتظار، از ماده سیلیکاژل خارج شد.

$$IMC: \text{ رطوبت اولیه} \\ IW: \text{ وزن اولیه بذر} \\ DMC: \text{ رطوبت مورد نظر}$$

$$\frac{(IMC - 100)}{(DMC - 100)} \times IW$$

**بررسی اثر کاهش رطوبت داخلی و آزمون جوانه زنی:** به منظور بررسی اثر کاهش رطوبت داخلی بر بنیه بذر و مشخص شدن میزان حساسیت بذرها نسبت به کاهش رطوبت و تعیین رفتار ذخیره ای بذر، ۲۰۰ عدد بذر (۴ تکرار ۵۰ تایی) برای هر تیمار رطوبتی (۴۵، ۴۰، ۳۵، ۳۰، ۲۵، ۲۰، ۱۵، ۱۰، و ۵ درصد) و در مجموع

جدول ۲. روابط مورد استفاده در محاسبه شاخص های جوانه زنی و بنیه بذر

$GP=(n/TS) \times 100$	$GC=((n+VS)/TS) \times 100$	$GV=PV \times MDG$	$PV=Max(CG/DSS)$		
$GE=(Mng/TS) \times 100$	$GS=\sum(n/DSS)$	$MDG=FCG/T+1$	$VI=n \times RB$		
DSS، تعداد روزهای سپری شده از شروع آزمون	MDG، میانگین روزانه جوانه زنی	GP، قوه نامیه			
Mng، ماکزیمم درصد تجمعی بذرهای جوانه زده	VI، شاخص بنیه بذر	GC، قدرت حیاتی			
FCG، تعداد تجمعی نهایی بذرهای جوانه زده	n، تعداد بذرهای جوانه زده در هر تکرار	GV، ارزش جوانه زنی			
T، تعداد روزهای طی شده تا مقدار حداکثر درصد تجمعی	TS، تعداد کل بذرهای مورد آزمون در هر تکرار	PV، مقدار حداکثر			
RB، وزن خشک ریشه چه	VS، بذرهای زنده جوانه زده در انتهای آزمون	GE، نیروی جوانه زنی			
	CG، درصد جوانه زنی تجمعی	GS، سرعت جوانه زنی			
GP: Germination Percent	GC: Germination Capacity	GE: Germination Energy	GV: Germination Value	PV: Peak Value	GS: Germination speed

است [۶]. این پارامتر در برخی منابع [۱۷] به عنوان سطح رطوبت داخلی، که در آن کاهش مشخصی در قدرت حیاتی بذرها ایجاد می شود، و در برخی دیگر

**کمی کردن داده ها:** از مهم ترین شاخص هایی که معمولاً برای کمی کردن حساسیت به خشکی در بذرها به کار می رود، حد بحرانی رطوبت داخلی

بذرهای افرا کرکو نشان داد که در نتیجه کاهش رطوبت داخلی، دو جهش کاهنده در قدرت حیاتی بذور این گونه اتفاق می‌افتد. در مرحله اول، کاهش رطوبت داخلی بذر از ۳۵ به ۳۰ درصد، موجب کاهش ۲۴ درصدی قدرت حیاتی می‌شود و در مرحله دوم کاهش رطوبت داخلی از ۲۰ به ۱۵ درصد، کاهش ۲۹ درصدی قدرت حیاتی را به دنبال دارد (شکل ۲). بنابراین، بر اساس تعریف حدود بحرانی و کشنده رطوبت داخلی بذر (بخش مواد و روش‌ها) می‌توان اظهار داشت که وقتی رطوبت داخلی بذر افرا کرکو از مقدار اولیه ۴۵ درصد به ۲۰ درصد می‌رسد، قدرت حیاتی بذرهای ۵۰ درصد کاهش می‌یابد و هنگامی که رطوبت داخلی بذر به ۵ درصد می‌رسد، بذرهای به‌طور کامل قدرت حیاتی خود را از دست می‌دهند و می‌میرند. به عبارت 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 بذرهای برای از بین بردن ۵۰ درصد قدرت حیاتی برجامانده بذرهای کافی است (جدول ۲). لذا بر اساس نتایج به دست آمده و با توجه به طبقه‌بندی‌های موجود [۲، ۵، ۱۴] می‌توان گفت که بذور گونه افرا کرکو دارای رفتار ذخیره‌ای حد واسطانده.

نتایج تجزیه واریانس صفات جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر و ویژگی‌های نونهال‌های سبز شده در تیمارهای

از منابع [۱۸، ۱۹] به صورت سطح رطوبت داخلی، که در آن قدرت حیاتی بذرهای ۵۰ درصد کاهش می‌یابد، تعریف شده است. در این تحقیق سطح رطوبت داخلی، که در آن قدرت حیاتی بذرهای کاهش می‌یابد، حد آستانه<sup>۱</sup> رطوبت داخلی و نیز سطح رطوبت داخلی، که در آن قدرت حیاتی بذرهای ۵۰ درصد کمتر می‌شود، حد بحرانی<sup>۲</sup> رطوبت داخلی نام گرفت. همچنین سطح رطوبت داخلی، که در آن مرگ کامل بذرهای فرامی‌رسد، حد کشنده<sup>۳</sup> رطوبت داخلی در نظر گرفته شد [۶].

**تجزیه و تحلیل آماری:** با توجه به اینکه این تحقیق با استفاده از طرح آماری یک‌عامله کاملاً تصادفی صورت گرفت، به منظور بررسی اثر رطوبت داخلی بذر بر بنیه و شاخص‌های جوانه‌زنی بذر از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه (One-Way ANOVA) استفاده شد و سپس برای مقایسه میانگین ویژگی‌های مورد نظر در تیمارهای رطوبتی مختلف از آزمون مقایسه چندگانه میانگین‌ها (دانکن) و با در نظر گرفتن خطای مجاز نوع اول ۵ درصد استفاده شد. بررسی نرمال بودن باقی‌مانده‌های مدل تجزیه 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

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

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

اعداد ارائه شده 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

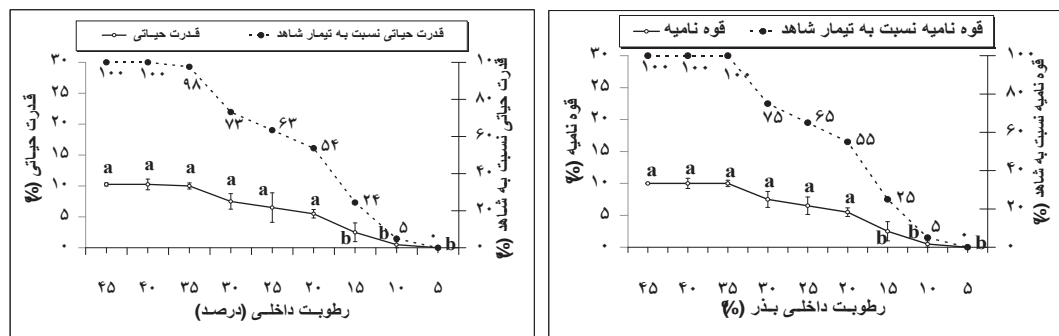
معنی دار نبود ( $p > 0/05$ ). وقتی رطوبت بذرها به ۱۵ و ۱۰ درصد رسید، قدرت حیاتی و قوه نامیه بذرها به طور معنی داری کاهش یافت (شکل ۲). در سطح رطوبت داخلی کمتر از ۱۰ درصد قدرت حیاتی بذرها کاملاً از بین رفت و بر این اساس می توان استنباط کرد که انتخاب سطوح رطوبتی کمتر از ۱۰ درصد برای تعیین اثر رطوبت داخلی بذر بر کیفیت بذر افرا کرکو مناسب نیست و سطوح مورد استفاده در آزمون حساسیت به خشکی بذر این گونه باید دامنه بین رطوبت بذر تازه تا رطوبت ۱۰ درصد را شامل شوند.

رطوبتی مختلف نشان داد که رطوبت داخلی بذر در سطح احتمال ۱ درصد اثر معنی داری بر تمامی صفات مورد مطالعه دارد (جدول ۴). بررسی های مربوط به اثر کاهش رطوبت داخلی بر قدرت حیاتی و قوه نامیه بذر افرا کرکو نشان داد که این صفات با کاهش رطوبت داخلی کاهش می یابند؛ به طوری که همواره بیشترین میانگین قدرت حیاتی و قوه نامیه در تیمارهای رطوبتی ۴۵ (شاهد) و ۴۰ درصد دیده شد. در تیمار رطوبتی ۳۵ درصد و کمتر از آن، میانگین قدرت حیاتی بذرهای کاهش نشان داد، اما این کاهش تا سطح رطوبت ۲۰ درصد

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس صفات جوانه زنی، شاخص بنیه بذر، و ویژگی های نونهال های سبز شده در تیمارهای رطوبتی

صفت		صفت	صفت		
p	F		p	F	
۰/۰۰۰	۱۲/۰۲**	شاخص بنیه بذر	۰/۰۰۰	۷/۷۶**	قدرت حیاتی بذر
۰/۰۰۰	۱۰/۷۰**	طول ریشه چه	۰/۰۰۰	۷/۶۸**	قوه نامیه
۰/۰۰۲	۴/۷۷**	طول ساقه چه	۰/۰۰۲	۴/۶۱**	سرعت جوانه زنی
۰/۰۰۰	۶/۱۳**	وزن خشک گیاه چه	۰/۰۰۱	۶/۵۴**	ارزش جوانه زنی
			۰/۰۰۴	۴/۱۴**	نیروی جوانه زنی

\*\* : معرف معنی دار بودن اثر تیمارهای رطوبتی در سطح احتمال ۱ درصد است.

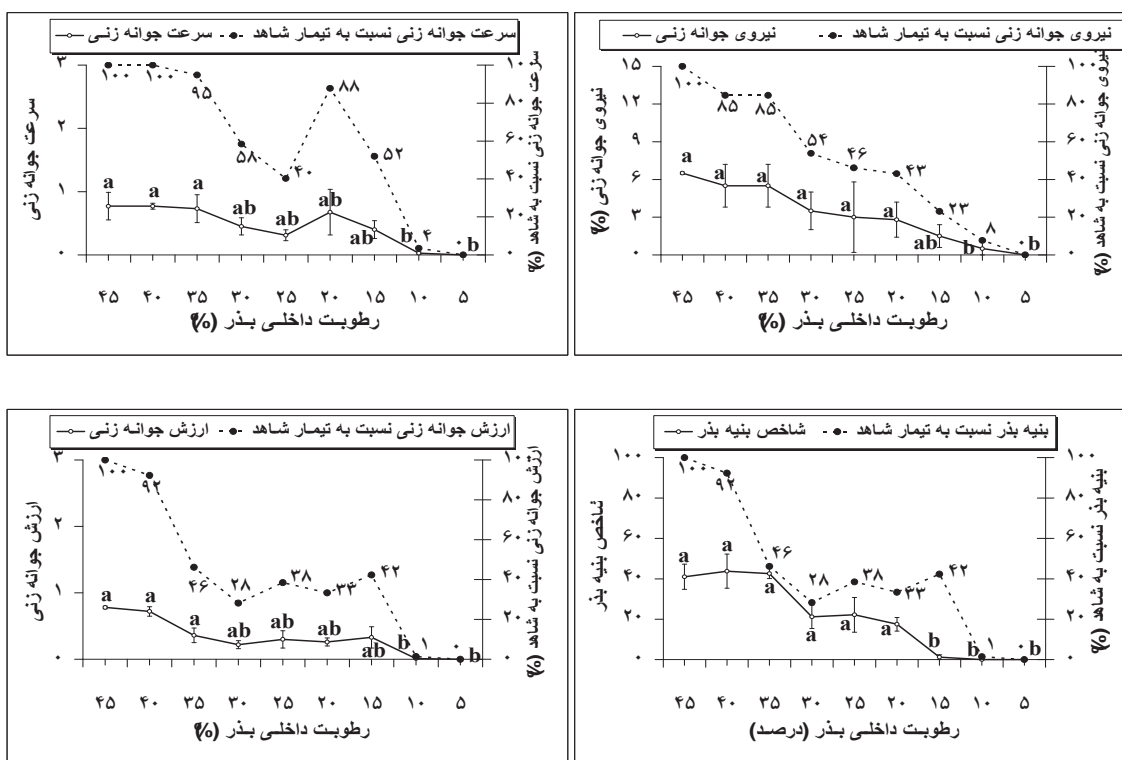


شکل ۲. اثر کاهش رطوبت داخلی بر قدرت حیاتی و قوه نامیه بذرهای افرا کرکو (میانگین  $\pm$  اشتباه معیار)

(رطوبت ۴۵ درصد (شاهد)، به عنوان مبنای ۱۰۰ درصد در نظر گرفته شده است)

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 به تدریج هرچه رطوبت بذرها کاهش می‌یابد، مقدار عددی میانگین سرعت و ارزش جوانه‌زنی بذرها به صفر نزدیک‌تر می‌شود (شکل ۳).

نتایج آزمون مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تغییرات شاخص بنبه بذر و نیروی جوانه‌زنی بذرها در تیمارهای رطوبتی گوناگون از روندی تقریباً مشابه روند تغییرات قدرت حیاتی و قوه نامیه 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



شکل ۳. اثر کاهش رطوبت داخلی بر بنبه بذر و صفات جوانه‌زنی بذرهای افرا کرکو (میانگین ± اشتباه معیار)

(رطوبت ۴۵ درصد (شاهد)، به‌عنوان مبنای ۱۰۰ درصد در نظر گرفته شده است)

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 اولیه مطلوب، در هنگام ذخیره‌سازی و استراتیفه، نباید رطوبت بذور از ۴۰ درصد کاهش یابد.

بررسی اثر کاهش رطوبت داخلی بر روی صفات اولیه نونهال‌های افرا کرکو (طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، و وزن خشک گیاهچه) نشان داد که با کاهش رطوبت داخلی، صفات اولیه نونهال‌های افرا کرکو کاهش یافت؛ به‌طوری که همواره کمترین مقادیر مربوطه در سطح رطوبت داخلی ۱۰ درصد مشاهده شد و در سطح



جدول ۵. طول ریشه چه، طول ساقه چه، و بایومس گیاهچه نونهال های افرا کرکو در تیمارهای رطوبتی گوناگون

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

### نتیجه گیری

با بررسی کاهش رطوبت داخلی و تأثیر آن بر خصوصیات و ویژگی های اولیه بذور و نونهال های سیاه کرکو (کیکم ترکمن)، مشخص شد که بذور سیاه کرکو به کاهش رطوبت داخلی خود تا حدود زیادی حساس اند. تعدادی از بذور، تا حد رطوبتی ۱۰ درصد هنوز قادر به جوانه زنی اند و در سطح رطوبت داخلی ۵ درصد، قدرت حیاتی بذرها کاملاً از بین می رود. کاهش رطوبت داخلی بذر، در قدرت حیاتی، درصد جوانه زنی، سرعت، ارزش و نیروی جوانه زنی، شاخص بنیه بذر و خصوصیات اولیه نونهال ها تأثیر منفی داشته و باعث کاهش این عامل ها شده است و لذا می توان اظهار داشت بذرها این گونه، دارای رفتار ذخیره ای حد واسط اند. چنین رفتار ذخیره ای در برخی دیگر از گونه های افرا نیز گزارش شده است [۲، ۷]، ولی وجود رفتارهای مستقل ارتودوکسی و ریکال سیرانتهی در گونه های متفاوت افرا بیشتر دیده شده است [۷، ۸، ۹، ۱۱].

تأثیر کاهش محتوای رطوبتی بذر بر قدرت حیاتی

و بنیه بذر در بین گونه های مختلف متفاوت است، اما به طور کلی کاهش رطوبت داخلی، زمانی که رطوبت داخلی بذر هنوز بالاتر از حد آستانه است و آشفته گی متابولیسم جاری باعث به جریان افتادن فرایندهای تخریبی می شود، دو نوع آسیب به بذرها وارد می کند [۲۰]. در صورتی که سرعت خشک شدن بذر کم باشد (مثل هنگامی که بذرها در کف جنگل رطوبت خود را از دست می دهند)، خسارت های ناشی از چنین فرایندهایی انباشته می شود و می تواند قدرت حیاتی بذرها را کم کنند [۲۱]، اما وقتی سرعت از دست دادن رطوبت بذرها بالاست، چنین فرایندهایی خسارت های کشنده به بذرها وارد نمی کنند [۲۲]. نوع دیگر خسارت های ناشی از کاهش رطوبت داخلی بذر خسارت های متابولیک<sup>۱</sup> هستند. این خسارت ها، که با افزایش غلظت سیتوپلاسم و برهم خوردن موازنه آبی در سطوح درون سلولی انجام می شوند، به شدت برای بذرها کشنده اند و باعث می شوند در سطوح رطوبت داخلی کمتر از حد بحرانی، قدرت حیاتی بذرها به شدت کاهش یابد. حدود ۱۰ تا

با کاهش رطوبت داخلی رفتاری مشابه نشان می‌دهند، مشخص است خسارت‌هایی که در نتیجه 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 بنیه بذر، ویژگی‌های اولیه نونهال‌ها نیز کاهش می‌یابد؛ در نتیجه برای نهال بذری با ویژگی‌های مطلوب نباید رطوبت بذر این گونه در زمان کاشت، از حد آستانه ۴۰ 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 گونه بومی کاملاً محجور بماند. با توجه به مشکلات متعدد بذر این گونه شامل پوکی بذر (۷/۰۷ درصد)، پایین بودن قوه نامیه پس از طی دوره استراتیفه برای غلبه بر خواب بذر (۱۲/۵ درصد)، و نیز حمله آفات، لازم است محققان به این گونه توجه بیشتری کنند.

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 اولیه ۴۵ درصد به ۴۰ درصد، هیچ گونه کاهشی در ظرفیت حیاتی و بنیه بذور سیاه کرکو ایجاد نشد. در رطوبت کمتر از ۴۰ درصد (حد آستانه) تا رطوبت ۳۵ درصد، ظرفیت حیاتی به میزان اندکی (۳ درصد) کاهش یافت که نشان‌دهنده 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 ۲۴ 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؛ به طوری 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 بنیه بذر، همچنین صفات اولیه نونهال‌های سیاه کرکو شامل طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، و بایومس گیاهچه نیز

## 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]. Bagheri, 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 physiological features and desiccation tolerance in *Acer cupatasicum* , 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

- 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]. Benceh-Arnold, R.L. and Sanchez, R.A. (2004). Handbook of seed physiology: Applications to agriculture, Food production press. New York.