فصلنامهٔ علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۱۸ شمارهٔ ۲، صفحهٔ ۳۲۱-۳۰۷، (۱۳۸۹)

اثر مبدأ و رطوبت داخلی بذر بر کیفیت بذر بلندمازو (*Quercus castaneifolia* C.A.Mey.)

علی‌رضا علی‌عرب[۱]، مسعود طبری[۲*]، محمدعلی هدایتی[۳]، کامبیز اسپهبدی[٤] و غلامعلی جلالی[٥]

۱- دانشجوی دکترای تخصصی علوم جنگل، دانشگاه تربیت مدرس، نور.

۲*- نویسنده مسئول، دانشیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور. پست الکترونیک: mtabari@modares.ac.ir

۳- دکترای جنگل‌داری، دفتر جنگل‌کاری و پارکها. سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری کشور، چالوس.

٤- استادیار پژوهش، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران.

٥- دانشیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور.

تاریخ دریافت: ۸۸/۵/۳ تاریخ پذیرش: ۸۸/۹/۲۰

چکیده

در این تحقیق اثر مبدأ و رطوبت داخلی بذر بر قدرت حیاتی، صفات جوانه‌زنی و بنیه بذر بلندمازو (*Quercus castaneifolia*) در آزمایشگاه مطالعه گردید. به این منظور ۱۵۰۰ بذر سالم و رسیده از سه مبدأ مختلف جنگل لوه (شمال شرق ایران) با ارتفاع از سطح دریای ٤۰۰، ۱۰۰۰ و ۱٦۰۰ متر، به‌ترتیب با رطوبت اولیه ٤۲/۸، ٤۳/۱ و ٤۷/۱ درصد جمع‌آوری شدند. به‌منظور شکل‌دهی رطوبت‌های داخلی ۳۹/٤٪، ۳۵/۱٪، ۳۰/۱٪ و ۲۵/۹٪، بذرها حداکثر به‌مدت ۷ روز در مجاورت ماده خشک‌کننده Silica gel قرار گرفتند. سپس تمامی بذرها پس از ۲٤ ساعت آبنوشی با استفاده از طرح فاکتوریل کاملاً تصادفی با ٤ تکرار، به‌مدت ۳۰ روز در اتاق رشد (۸ ساعت روشنایی، دمای ۳۰°C و ۱٦ ساعت تاریکی، دمای ۲۰°C) قرار داده شدند و هر دو روز یکبار بذرهای جوانه‌زده شمارش گردیدند. نتایج آشکار ساخت که در تمامی مبدأهای مورد مطالعه، کاهش رطوبت داخلی بذر باعث کاهش قدرت حیاتی، درصد، سرعت، ارزش و انرژی جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر شده است. بنابراین می‌توان اظهار داشت که بذر بلندمازو صرفنظر از این که از چه مبدأ جغرافیایی جمع‌آوری شده باشد دارای رفتار ذخیره‌ای ریکالسیترانت است. میانگین مقادیر حد آستانه، حد بحرانی و حد کُشنده رطوبت داخلی بذر (صرفنظر از مبدأ بذر) به‌ترتیب ۳۵/۵، ۳۰/۱ و ۲٤/۳ درصد بدست‌آمد. این مسئله نشان می‌دهد که برای جلوگیری از اُفت قدرت حیاتی بذر بلندمازو باید اقداماتی به‌عمل‌آید تا در طی مراحل مختلف جمع‌آوری، نگهداری و کاشت، رطوبت داخلی بذر از حد آستانه (۳۵/۵٪) کمتر نشود. البته بذرهای با رطوبت داخلی کمتر از ۳۵/۵ درصد را نیز می‌توان استفاده کرد، اما باید توجه داشت که تا رطوبت داخلی ۳۰/۱ درصد (رطوبت حد بحرانی)، قدرت حیاتی بذرها نصف می‌شود. همچنین با توجه به این که در بذرهایی با رطوبت داخلی کمتر از ۲٤٪ (رطوبت حد کُشنده بذر)، آبنوشی نیز نمی‌تواند قدرت حیاتی بذرها را احیاء کند، توصیه می‌شود از این بذرها در تولید نهال و جنگل‌کاری استفاده نشود.

واژه‌های کلیدی: بلندمازو، مبدأ بذر، رطوبت داخلی بذر، قدرت حیاتی بذر، جوانه‌زنی بذر، بنیه بذر.

مقدمه

تهیه بذر خوب و با کیفیت برای جنگل‌کاری مسئله پیچیده‌ایست و در هر برنامه جنگل‌کاری باید توجه خاص به آن مبذول شود (Kjaer *et al.*, 2005). یکی از مهمترین صفاتی که در بررسی کیفیت بذر درختان جنگلی مورد استفاده قرار می‌گیرد، بنیه بذر است. این صفت همراه با آزمونهای جوانه‌زنی و قدرت حیاتی بذر بکار گرفته می‌شود تا عملکرد توده بذر را در محیط ذخیره‌سازی و

Archive of SID
www.SID.ir

عرصه کاشت پیش‌بینی کند (Gupta, 1993). به‌طور کلی عوامل ژنتیکی و محیطی مختلفی بنیه بذر را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Noli *et al.*, 2008) که مهمترین آنها رطوبت داخلی بذر است. البته واکنش بذر گیاهان مختلف نسبت به از دست دادن رطوبت داخلی یکسان نیست و گیاهان از این نظر به سه دسته مجزا شامل بذرهای ارتودکس (مقاوم)، حد واسط و ریکالسیترانت (حساس) طبقه‌بندی می‌شوند (Hong *et al.*, 1996). بذرهای ارتودکس نسبت به کاهش رطوبت داخلی خود بسیار مقاوم بوده و می‌توانند مدت زمان طولانی رطوبت کمتر از ۵ درصد را تحمل نمایند (Roberts, 1973). اما بذرهای حد واسط و ریکالسیترانت (Recalcitrant) نسبت به کاهش رطوبت داخلی خود حساس بوده و به‌ترتیب وقتی رطوبت داخلی آنها به کمتر از ۵ درصد و کمتر از ۱۰ درصد می‌رسد، قدرت حیاتی خود را از دست داده و می‌میرند (Bonner, 1986; Steadman *et al.*, 1996; Hong *et al.*, 1996; Goodman *et al.*, 2005; Yilmaz, 2007).

در مورد بذرهای ارتودکس و سازوکارهای بردباری آنها نسبت به کاهش رطوبت داخلی تاکنون مطالعات بسیار زیادی انجام شده (Leprince *et al.*, 1993; Bewley, 1995; Ingram & Bartels, 1996; Pammenter & Berjak, 1999; Hoekstra *et al.*, 2001) و کتابهای ارزشمندی به رشته تحریر در آمده است (Vertucci & Farrant, 1995; Buitink *et al.*, 2002)، اما به‌دلیل تفاوتهای زیادی که از نظر حساسیت به خشکی در بذرهای ریکالسیترانت وجود دارد (Vertucci & Farrant, 1995; Pammenter & Berjak, 1999) مطالعات مربوط به آنها پیشرفت زیادی نداشته و هنوز مشکلات زیادی در زمینه طبقه‌بندی آنها به‌چشم می‌خورد (Leprince, 2003). بررسی‌ها نشان داده‌اند که حتی در یک گونه گیاهی نیز تفاوتهای زیادی از نظر حساسیت به خشکی در بذرها وجود دارد. از جمله مهمترین عواملی که باعث بوجود آمدن چنین تفاوتهایی می‌شوند، می‌توان به جمعیت و مبدأ جمع‌آوری بذر، ویژگیهای بذر، شرایط خشک کردن و آبنوشی دوباره (Rehydration) بذرها اشاره نمود (Leprince, 2003; Gold & Fiona, 2008). بنابراین در بررسی حساسیت به خشکی بذر گونه‌های حساس و حد واسط باید از طرفی اثرات مبدأ جمع‌آوری و ویژگیهای بذر مورد توجه قرار گیرند و از سوی دیگر از روش استانداردی مانند دستورالعمل Hong & Ellis (1996) در این زمینه استفاده شود (این دستورالعمل اعتبار جهانی داشته و همواره در تحقیقات مربوط به رفتار ذخیره‌ای و حفاظت بذر مورد استفاده قرار می‌گیرد، به‌طوری که کشور انگلستان در پروژه Kew رفتار ذخیره‌ای بذر ۵۴۰ گونه گیاهی را براساس آن تعیین نموده است).

تحقیق در زمینه حساسیت به خشکی بذر می‌تواند نقش مهمی در حفاظت از گونه‌های درختی موجود در جنگلهای معتدله جهان داشته باشد. یکی از جنسهای مهم موجود در جنگلهای معتدله، جنس *Quercus* است که به‌جز در برخی موارد (*Q. emoryi*) بسیاری از گونه‌های آن بذرهای ریکالسیترانت تولید نموده، ازجمله *Q. rubra* (Struve, 1998; Goodman *et al.*, 2005)، *Q. nigra* (Bonner, 1996; Connor, 2004)، *Q. pagoda* (Connor, 2004)، *Q. robur* (Pritchard & Manger, 1990)، *Q. alba* (Connor, 2004) و *Q. brantii* (الوانی‌نژاد و همکاران، ۱۳۸۷) و همواره جمع‌آوری، ذخیره‌سازی و کاشت بذر آن چالشهایی را در حفاظت از گونه‌های مختلف این جنس ایجاد نموده است (Daws *et al.*, 2006). جنس *Quercus* در جنگلهای شمال، شمال‌غرب و غرب ایران نیز ۸ گونه دارد (مظفریان، ۱۳۸۳) و بلندمازو (*Quercus castaneifolia* C.A.Mey.) یکی از گونه‌های مهم و صنعتی این جنس در جنگلهای شمال ایران است که در سالهای اخیر کاهش حجم چوب (رسانه و همکاران، ۱۳۸۰) و مشکلات زادآوری (هدایتی، ۱۳۷۰؛ مهاجر، ۱۳۷٤؛ ارسالی، ۱۳۷۸؛ جلالی و حسینی، ۱۳۷۹)، اهمیت جنگل‌کاری با این گونه ارزشمند را

Archive of SID

www.SID.ir

دوچندان کرده است. با توجه به این که بذر این گونه همانند سایر گونه‌های جنس بلوط نسبت به از دست دادن رطوبت داخلی خود حساس است، توجه به رفتار ذخیره‌ای و کیفیت بذر آن نیز از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد. در جنگلهای شمال ایران بلندمازو در ارتفاعات مختلفی از جلگه تا ارتفاع ۲۱۰۰ متر استقرار دارد (ثابتی، ۱۳۸۱) و جمع‌آوری بذر آن از مبدأهای مختلف صورت می‌گیرد. با توجه به این که تغییرات ناشی از تغییر مبدأ جمع‌آوری بذر، ممکن است رطوبت اولیه، قدرت حیاتی و حتی ویژگیهای ذخیره‌ای بذر را تحت تأثیر قرار دهد (Hong *et al.*, 1996; Goodman *et al.*, 2005)، شناخت چنین رفتارهایی نقش مهمی در اصلاح سیستم جمع‌آوری و ذخیره‌سازی بذر دارد. همچنین با توجه به این که بذردهی فراوان بلندمازو هر ساله اتفاق نمی‌افتد (میرکاظمی، ۱۳۸۰)، مدیران جنگل در برخی سالهای کمبود بذر که رطوبت مناسب در فصل خزان بذر (اواخر آبان و اوایل آذر) نیز وجود ندارد، ناچار خواهند بود از بذرهایی که استرس خشکی به آنها وارد شده است، استفاده نمایند. بنابراین بررسی تغییرات کیفی (قدرت حیاتی، درصد جوانه‌زنی و بنیه) بذرها در پیش‌بینی عملکرد بذرهای مورد استفاده نقش مؤثری دارد. تاکنون تحقیقی در زمینه شناسایی اثر مبدأ و رطوبت داخلی بذر بر جوانه‌زنی و بنیه بذر بلندمازو صورت نگرفته و رفتار ذخیره‌ای بذر بلندمازو همچنان ناشناخته باقیمانده است. تحقیق حاضر در پی مشخص ساختن رفتار ذخیره‌ای بلندمازو و اثرهای مبدأ جمع‌آوری بذر بر آن می‌باشد.

مواد و روشها

جمع‌آوری بذر

برای جمع‌آوری بذرهای مورد استفاده در آزمایش، ابتدا ۳ مبدأ با ارتفاع ٤۰۰، ۱۰۰۰ و ۱٦۰۰ متر از سطح دریا واقع در جنگل لوه استان گلستان انتخاب شد. سپس از هر مبدأ در اواسط آبان و اوایل آذرماه ۱۳۸۷ (با توجه به تفاوت زمان رسیدن بذرها در ارتفاعات ٤۰۰، ۱۰۰۰ و۱٦۰۰ متری، زمان جمع‌آوری بذر از این سه مبدأ به‌ترتیب ۱۲ آبان، ۲۳ آبان و ۸ آذرماه بوده است) تعداد ٦ درخت بلندمازو با صفات ریختی برتر به‌صورت تصادفی انتخاب و از هر درخت ۵ کیلوگرم بذر تازه ریخته شده از روی زمین جمع‌آوری شد. پس از جمع‌آوری بذر از هر درخت مادری، طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا، شیب زمین، جهت دامنه و قطر برابرسینه درختان مادری اندازه‌گیری شد. همچنین میانگین بارندگی و دمای روزانه هر مبدأ براساس روابط ارائه شده در کتابچه طرح جنگل‌داری لوه (بی‌نام، ۱۳۸۲) و اطلاعات بلندمدت ایستگاههای تنگراه و کلاله تخمین زده شد. میانگین ویژگیهای مورد بررسی در جدول ۱ درج شده است.

آماده‌سازی بذرها

توده‌های بذر پس از جمع‌آوری به‌منظور جلوگیری از کاهش رطوبت در کیسه‌های پلاستیکی بسته‌بندی و در محیط سایه و خنک به آزمایشگاه منتقل شدند (Bonner & Vozzo, 1987). تمامی بذرها پس از رسیدن به آزمایشگاه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، به‌مدت ۲٤ ساعت تحت آزمون شناوری قرار گرفتند و به این ترتیب علاوه بر جداسازی بذرهای شناور و آسیب‌دیده، بذرهای سالم آبنوشی شده و رطوبت داخلی آنها به حد بیشینه رسید. پوسته خارجی بذرهای سالم و رسیده با ۵ دقیقه قرارگیری در محلول هیپوکلریت سدیم ۱٪، سترون (استریل) شد. سپس بذرها در کیسه‌های پلاستیکی نازک بسته‌بندی و تا زمان شروع آزمایش (۲۵ دی ۱۳۸۷) در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند (Hong *et al.*, 1996).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- ویژگیهای مبدأهای جمع‌آوری بذر و میانگین قطر برابرسینه درختان مادری در منطقه مورد مطالعه

مبدأ جمع‌آوری بذر			صفت	مبدأ جمع‌آوری بذر		
نالین (۱۶۰۰ متر)	قلچه (۱۰۰۰ متر)	ترجلی (۴۰۰ متر)		نالین (۱۶۰۰ متر)	قلچه (۱۰۰۰ متر)	ترجلی (۴۰۰ متر)
۳۷۹۷۴۵	۳۸۶۵۵۸	۳۷۸۰۵۸	طول جغرافیایی (متر)	N-E	N-W	N
۴۱۲۷۵۶۷	۴۱۳۲۸۷۷	۴۱۳۸۹۱۸	عرض جغرافیایی (متر)	۹۲	۱۰۴	۹۵
۱۶۱۷	۱۰۴۰	۴۳۰	ارتفاع از سطح دریا (متر)	۷۱۵/۶	۸۶۸/۶	۷۱۸/۶
۱۲	۱۵	۱۸	شیب زمین (درصد)	۱۲/۲	۱۴/۶	۱۷/۰

طرح آزمایش

با استفاده از یک طرح فاکتوریل کامل ۲ عامله در قالب بلوکهای کاملاً تصادفی با ۴ تکرار، تعداد ۱۵۰۰ بذر سالم بلندمازو (از هر مبدأ ۵۰۰ بذر) تحت ۵ تیمار رطوبتی شامل رطوبت اولیه، ۳۹/۴، ۳۵/۱، ۳۰/۱ و ۲۵/۹ درصد قرار گرفتند. به‌منظور برقرار ساختن تیمارهای رطوبتی موردنظر، پس از تعیین رطوبت اولیه بذرها به روش ISTA (2008)، نمونه‌های ۲۵ تایی بذر با استفاده از ترازوی رقومی توزین شده و سپس با استفاده از کیسه‌های مشبک در دمای ۲۷ درجه سانتی‌گراد موجود در ظروف پلاستیکی درب‌دار، حداکثر یک هفته در مجاورت Silica gel (ماده رطوبت‌گیر قوی) قرار گرفتند و کاهش وزن آنها تا زمان رسیدن به حد تقریبی رطوبت مربوطه تحت پایش قرار گرفت (Bonner, 1996). به‌طوری که پس از رسیدن بذرها به رطوبت داخلی موردنظر، تعیین رطوبت داخلی دقیق بذر با استفاده از روش ISTA (2008) انجام شد. نتایج اندازه‌گیری رطوبت داخلی بذرها نشان داد که رطوبت اولیه بذر قبل از آزمون شناوری در مبدأهای ۴۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۶۰۰ متر به‌ترتیب ۴۲/۵، ۴۱/۵ و ۴۶/۲ درصد بوده و بعد از آزمون شناوری و آبنوشی به‌ترتیب به ۴۲/۸، ۴۳/۱ و ۴۷/۱ درصد رسید (جدول ۲). مقایسه میانگین رطوبت داخلی بذرها با استفاده از آزمون Tukey نشان داد که قبل از اجرای تیمارهای رطوبتی، رطوبت داخلی بذرهای مبدأ ۱۶۰۰ متر به‌صورت معنی‌داری بیشتر از دو مبدأ دیگر بوده است، اما پس از اجرای تیمارها اختلاف معنی‌داری بین رطوبت داخلی بذر مبدأهای مختلف مشاهده نشد (جدول ۲).

آزمون جوانه‌زنی

بذرهای انتخاب شده پس از جداسازی یک‌سوم انتهایی پوسته (به‌منظور شکستن خواب مکانیکی و یکنواخت شدن جوانه‌زنی) در داخل ماسه سترون شده (دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲ ساعت) غیرقلیایی مرطوب (۵۰٪ رطوبت اشباع) موجود در ۶۰ ظرف شفاف درب‌دار، کاشته شده و برای مدت ۳۰ روز با استفاده از اتاق رشد در شرایط محیطی مناسب جوانه‌زنی بذر بلوط (۸ ساعت روشنایی با دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد و ۱۶ ساعت تاریکی با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد) قرار گرفتند (Bonner, 1996). شمارش جوانه‌زنی هر ۲ روز یکبار انجام شد. قدرت حیاتی بذرها (GC) با استفاده از رابطه مندرج در جدول ۳ محاسبه گردید (Willan, 1995) و سپس با استفاده از شاخصهای کمی، حساسیت به خشکی بذرها مورد بررسی قرار گرفت. یکی از مهمترین

Archive of SID

www.SID.ir

شاخص‌هایی که معمولاً برای کمی‌نمودن حساسیت به خشکی بذرها بکار می‌رود، حد بحرانی رطوبت داخلی (Critical Water Content) است (Leprince, 2003). این مشخصه در برخی منابع (Vertucci & Farrant, 1995) به‌عنوان سطح رطوبت داخلی که در آن کاهش مشخصی در قدرت حیاتی بذرها ایجاد می‌شود و در برخی دیگر از منابع (Dussert *et al.*, 1999 و Walters, 1999) به‌صورت سطح رطوبت داخلی که در آن قدرت حیاتی بذرها ۵۰ درصد کاهش می‌یابد، تعریف شده است.

در تحقیق حاضر سطح رطوبت داخلی که در آن قدرت حیاتی بذرها شروع به کاهش نمود، حد آستانه رطوبت داخلی (Threshold Water Content) و سطح رطوبت داخلی که در آن قدرت حیاتی بذرها از ۵۰ درصد کمتر شد، حد بحرانی (CWC) رطوبت داخلی نام گرفت (Leprince, 2003). همچنین سطح رطوبت داخلی که در آن مرگ کامل بذرها فرا می‌رسد، حد کُشنده رطوبت داخلی (Lethal Water Content (LWC)) نام گرفت. براساس روابط مندرج در جدول ۳، صفات جوانه‌زنی بذرها با استفاده از ۳ شاخص مختلف شامل درصد جوانه‌زنی (درصد بذرهای جوانه‌زده در هر واحد آزمایشی)، سرعت (GS) و ارزش (GV) جوانه‌زنی محاسبه شد (Willan, 1985). انرژی جوانه‌زنی (GE) طبق تعریف Panwar & Bhardwaj (2005) براساس درصد جوانه‌زنی بذرها تا نقطه اوج جوانه‌زنی (حداکثر تعداد بذرهای جوانه‌زده در یک روز) محاسبه شد و شاخص بنیه بذر (VI) با استفاده از رابطه مندرج در جدول ۳ محاسبه گردید (Willan, 1985; Panwar & Bhardwaj, 2005).

جدول ۲- میانگین مقادیر محتوی رطوبتی بذرهای کامل بلندمازو در مبدأها و سطوح رطوبت داخلی مختلف*

سطح رطوبت داخلی بذر	مبدأ ترجلی (۴۰۰ متر)	مبدأ قلچه (۱۰۰۰ متر)	مبدأ نالین (۱۶۰۰ متر)
شاهد	۴۲/۸ Ba	۴۳/۱ Ba	۴۷/۱ Aa
٪۳۹/۴	۳۹/۶ Ab	۳۹/۴ Ab	۳۹/۳ Ab
٪۳۵/۱	۳۴/۴ Ac	۳۵/۲ Ac	۳۵/۵ Ac
٪۳۰/۱	۲۹/۷ Ad	۳۰/۲ Ad	۳۰/۶ Ad
٪۲۵/۹	۲۵/۵ Ae	۲۶/۲ Ae	۲۵/۹ Ae

* حروف لاتین بزرگ مشابه سمت راست میانگین‌ها، معرف عدم وجود تفاوت معنی‌دار در ردیف و حروف لاتین کوچک مشابه سمت راست میانگین‌ها معرف عدم وجود تفاوت معنی‌دار در ستون می‌باشند. مقادیر رطوبت داخلی براساس درصد از وزن تر بذر بیان شده‌اند. همچنین تیمار شاهد بیانگر رطوبت بذرها بعد از آزمون شناوری و آبنوشی بذرها می‌باشد.

جدول ۳- روابط مورد استفاده در محاسبه شاخص‌های جوانه‌زنی و بنیه بذر*

GV=PV×MDG	**GS**=Σ(n/ DSS)	**GC**=((G+VS)/TS)×100
VI=G×RB	**MDG**=FCG/T	**PV**=Max (CG/DSS)

* در روابط مندرج در این جدول GC= قدرت حیاتی بذر؛ G= تعداد بذرهای جوانه‌زده؛ VS= بذرهای زنده جوانه‌نزده در انتهای آزمون؛ TS= تعداد کل بذرهای مورد آزمون در تکرار مربوطه؛ GS= سرعت جوانه‌زنی؛ n= تعداد بذرهای تازه جوانه‌زده در هر مرحله آماربرداری؛ DSS= تعداد روزهای سپری شده از شروع آزمون؛ GV= ارزش جوانه‌زنی، PV= اوج جوانه‌زنی؛ MDG= میانگین روزانه جوانه‌زنی؛ CG= تعداد تجمعی بذرهای جوانه‌زده، FCG= تعداد تجمعی نهایی بذرهای جوانه‌زده، T= زمان کل آزمون بر حسب روز، VI= شاخص بنیه بذر و RB= وزن خشک ریشه‌چه است.

Archive of SID

www.SID.ir

تجزیه و تحلیل آماری

برای بررسی اثرهای مبدأ و رطوبت داخلی بذر بر ویژگیهای جوانه‌زنی و بنیه بذر از روش تجزیه واریانس یک‌متغیره در قالب طرح آزمایشی فاکتوریل دوعامله کاملاً تصادفی استفاده شد (Scheiner & Gurevitch, 1993). مدل آماری طرح آزمایشی موردنظر به‌صورت رابطه ۱ می‌باشد.

$$x_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha_i \times \beta_j + \varepsilon_{ijk}$$
$$(i=1, 2, 3; j=1,..., 5; k=1,..., 4) \qquad (۱)$$

در رابطه ۱، علامتهای μ، α، β و ε به‌ترتیب معرف اثر میانگین کل، مبدأ بذر، رطوبت داخلی بذر و خطای مدل بوده و $\alpha_i \times \beta_j$ اثر متقابل مبدأ و رطوبت داخلی بذر را نشان می‌دهد.

در مواردی که تجزیه واریانس، اثر اصلی یا متقابلی را معنی‌دار معرفی نمود، میانگین اثر تیمارهای مربوطه با استفاده از آزمون Tukey (HSD) مورد مقایسه قرار گرفت (Zar, 1996). همگن بودن واریانس مشاهده‌ها در تیمارهای مختلف با استفاده از آزمون Levene بررسی شد (ماریجا، ۱۳۸۲). به‌منظور تبیین رابطه بین صفات جوانه‌زنی و بنیه بذر با ویژگیهای مبدأ جمع‌آوری (ارتفاع از سطح دریا، طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی، شاخص شیب و جهت (Brosofske *et al.*, 2001)، میانگین بارندگی و دما)، قطر برابرسینه درختان مادری، حجم بذر (Cavender-Bares *et al.*, 2004) و رطوبت داخلی بذر از آنالیز رگرسیون خطی گام‌به‌گام (Stepwise) استفاده شد (مصداقی، ۱۳۸۳). برای محاسبه شاخص شیب و جهت از رابطه ۲ و برای محاسبه حجم بذر از رابطه ۳ استفاده گردید. در رابطه ۲، مقدار جهت (Aspect) و شیب (Slope) برحسب درجه هستند و در رابطه ۳، علامتهای r و h به‌ترتیب متوسط شعاع و طول بذر بلوط را نشان می‌دهند.

$$Aspslp = \tan(Slope) \times \cos(aspect - 45) \qquad (۲)$$

$$V = 1.333 \times \pi r^3 (h/2) \qquad (۳)$$

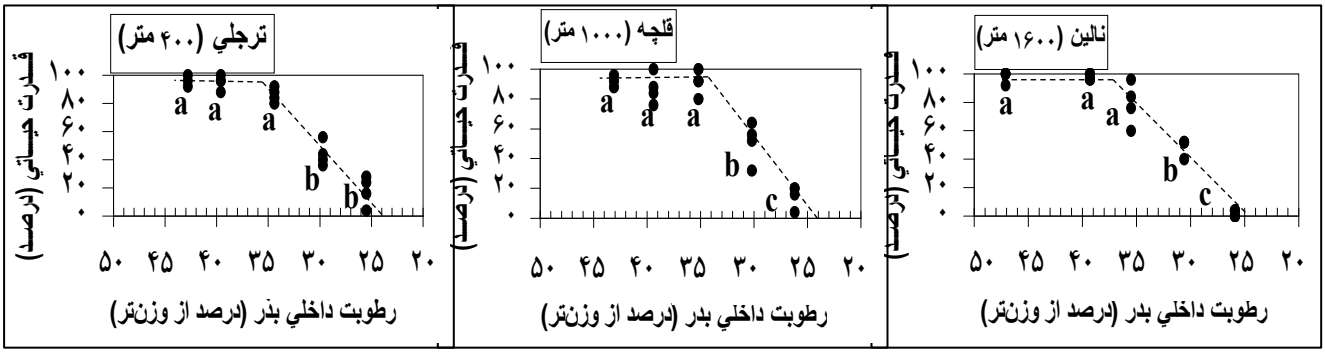
بررسی نرمال بودن خطای مدلهای تجزیه خطی مورد استفاده با استفاده از آزمون Kolmogorov- Smirnov مورد بررسی قرار گرفت (ماریجا، ۱۳۸۲) و در موارد رد شدن فرض نرمال بودن توزیع باقیمانده‌های مدل در این آزمون، از روشهای تبدیل زاویه‌ای، لگاریتم و جذر داده‌ها استفاده شد (Wheater & Cook, 2002). در تمامی مراحل تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، خطای مجاز نوع اول ۵ درصد در نظر گرفته شده است (Dytham, 1999).

نتایج

بررسی اثر کاهش رطوبت داخلی بر قدرت حیاتی بذرهای بلندمازو جمع‌آوری شده از مبدأهای مختلف نشان داد که وقتی رطوبت داخلی بذر در مبدأهای ۴۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۶۰۰ متر به‌ترتیب به ۳۵/۵، ۳۴/۰ و ۳۷/۰ درصد می‌رسد، قدرت حیاتی بذرهای بلندمازو یکباره شروع به کاهش می‌گذارد (شکل ۱).

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- اثر کاهش رطوبت داخلی بر قدرت حیاتی بذرهای بلندمازوی جمع‌آوری شده از مبدأهای مختلف (حروف لاتین کوچک مشابه، معرف عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین میانگینهاست)

با این که رطوبت اولیه بذر در مبدأهای مختلف تفاوتهایی را نشان داد، اما مقادیر حد بحرانی و حد کُشنده رطوبت داخلی بذرها به‌ترتیب بیش از ۱/۸ و ۱ درصد در مبدأهای مختلف تفاوت نشان ندادند (جدول ٤). بنابراین می‌توان با میانگین‌گیری از مبدأهای مختلف اظهار داشت که حد بحرانی و کُشنده بذر بلندمازو به‌ترتیب ۳۰/۱ و ۲٤/۳ درصد است. از این رو براساس تعریف حد بحرانی و کُشنده رطوبت داخلی بذر (بخش مواد و روشها) می‌توان اظهار داشت که وقتی رطوبت داخلی بذر بلندمازو از مقدار اولیه ٤٤/۳٪ به ۳۰/۱٪ می‌رسد، قدرت حیاتی بذرها ۵۰٪ کاهش می‌یابد و هنگامی که رطوبت داخلی بذر به ۲٤/۳٪ می‌رسد، بذرها به‌طور کامل قدرت حیاتی خود را از دست می‌دهند (جدول ٤). به‌عبارت دیگر، در ابتدا ۱٤/۲٪ کاهش رطوبت داخلی، کاهش ۵۰ درصدی قدرت حیاتی را سبب می‌شود، اما بعد از حد بحرانی (۳۰/۱٪) فقط ٦/۱٪ کاهش رطوبت داخلی بذرها برای از بین رفتن ۵۰٪ قدرت حیاتی باقیمانده در بذرها کافیست (جدول ٤).

جدول ٤- رطوبت بحرانی، آستانه و کُشنده بذر کامل بلندمازو در مبدأهای مختلف*

مبدأ	مقدار اولیه	حد آستانه	حد بحرانی	حد کُشنده
۱٦۰۰ متر	٪٤۷/۰	٪۳٦/۰ (٪۹/۰)	٪۳۱/۰ (٪۱٦/۰)	٪۲۵/۰ (٪۲۲/۰)
۱۰۰۰ متر	٪٤۳/۰	٪۳٤/۰ (٪۹/۰)	٪۲۹/۲ (٪۱۳/۸)	٪۲٤/۰ (٪۱۹/۰)
٤۰۰ متر	٪٤۲/۸	٪۳۵/۵ (٪۷/۳)	٪۳۰/۰ (٪۱۲/۸)	٪۲٤/۰ (٪۱۸/۸)
میانگین کل	٪٤٤/۳	٪۳۵/۵ (٪۸/۸)	٪۳۰/۱ (٪۱٤/۲)	٪۲٤/۳ (٪۲۰/۰)

* اعداد ارائه شده براساس درصد از وزن تر بوده و اعداد داخل پرانتز کاهش رطوبت داخلی بذر نسبت به رطوبت اولیه را نشان می‌دهند

در تمامی مبدأهای مورد مطالعه، کاهش رطوبت داخلی بذر سبب کاهش درصد، سرعت، انرژی و ارزش جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذرها شده است. تجزیه واریانس دوطرفه صفات جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذرها (جدول ۵) مشخص نمود که مبدأ جمع‌آوری و رطوبت داخلی بذر، اثرات متقابل معنی‌داری بر صفات جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذرها داشته‌است ($P<۰/۰۵$). اثر کاهش رطوبت داخلی بذر بر درصد و سرعت جوانه‌زنی بذرها در تمامی مبدأها یکسان نیست (جدول ٦). به‌طوری که در مبدأهای ٤۰۰ و ۱۰۰۰ متر کاهش معنی‌دار درصد و

Archive of SID

www.SID.ir

سرعت جوانه‌زنی بذرها از سطح رطوبتی ۳۰/۱ درصد شروع می‌شود. اما در مبدأ ۱٦۰۰ متر این کاهش از سطح رطوبتی ۳۵/۱ درصد آغاز می‌شود. از سوی دیگر تفاوت بین مبدأهای مورد مطالعه از نظر درصد و سرعت جوانه‌زنی، بستگی به سطح رطوبت داخلی بذر دارد. به‌طوری که درصد و سرعت جوانه‌زنی بذرهای مبدأ ۱٦۰۰ متر در تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر بذرها بوده است، اما بذرهای این مبدأ از نظر درصد جوانه‌زنی در تیمار رطوبتی ۲۵/۹ درصد و از نظر سرعت جوانه‌زنی در تیمار رطوبتی ۳۹/٤ درصد، کمترین مقدار را داشته‌اند ($P<۰/۰۵$). ارزش و انرژی جوانه‌زنی بذرهای جمع‌آوری شده از مبدأهای مختلف، تفاوت معنی‌داری را نشان نداد، اما کاهش رطوبت داخلی بذر به‌شدت این مقادیر را تحت تأثیر قرار داد. به‌طوری که در بذرهای جمع‌آوری شده از تمامی مبدأها، وقتی رطوبت داخلی بذر به ۳۵/۱ درصد می‌رسد، ارزش و انرژی جوانه‌زنی بذرها تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نشان می‌دهد و در سطوح رطوبت داخلی کمتر از ۳۵/۱ درصد نیز با فاصله گرفتن رطوبت داخلی بذر از رطوبت اولیه، ارزش و انرژی جوانه‌زنی بذرها کاهش می‌یابد. همچنین کاهش رطوبت داخلی بذر تا سطح ۳۵/۱ درصد، تأثیر معنی‌داری بر شاخص بنیه بذرها نداشت، اما در سطح رطوبت داخلی ۳۰/۱ درصد و کمتر از آن، شاخص بنیه بذرهای جمع‌آوری شده از تمامی مبدأها به‌شدت کاهش یافت (جدول ٦).

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس صفات جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر بلندمازو در مبدأها و تیمارهای رطوبتی مختلف

صفت	مبدأ بذر		رطوبت داخلی بذر		مبدأ بذر × رطوبت داخلی بذر	
	آماره F	معنی‌داری	آماره F	معنی‌داری	آماره F	معنی‌داری
قدرت حیاتی	۰/۰۲ ns	۰/۹۸۳	۸۲/٦٦ **	۰/۰۰۰	۲/۷۷ *	۰/۰۱٤
درصد جوانه‌زنی	۰/۵٤ ns	۰/۵۸۸	۷٦/۱۵ **	۰/۰۰۰	۲/۹٤ *	۰/۰۱۱
سرعت جوانه‌زنی	۰/۸٦ ns	۰/٤۳۱	۱۸۹/٤۵ **	۰/۰۰۰	٤/۳۰ **	۰/۰۰۱
ارزش جوانه‌زنی	۰/۹۱ ns	۰/٤۱۲	۱۵۵/۰٤ **	۰/۰۰۰	۱/۹۸ *	۰/۰۷۳
انرژی جوانه‌زنی	۰/٦۱ ns	۰/۵۵۱	۲٦/۹۸ **	۰/۰۰۰	۰/۵۸ *	۰/۷۸۷
شاخص بنیه بذر	۱/۵۰ ns	۰/۲۳۵	۹۷/۱۲ **	۰/۰۰۰	۲/۲٦ *	۰/۰٤۱

** و* به‌ترتیب معرف معنی‌دار بودن اثر تیمارها در سطوح احتمال ۹۹٪ و ۹۵ بوده و ns عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۹۵٪ را نشان می‌دهد

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٦- میانگین قدرت حیاتی، صفات جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر بلندمازو در مبدأها و تیمارهای رطوبتی مختلف*

صفت	رطوبت (درصد)	ارتفاع از سطح دریای مبدأ (متر) ٤٠٠	١٠٠٠	١٦٠٠	صفت	رطوبت (درصد)	ارتفاع از سطح دریای مبدأ (متر) ٤٠٠	١٠٠٠	١٦٠٠
قدرت حیاتی (درصد)	شاهد	٨٤/٠Ba	٨٣/٠Ba	٩٨/٠Aa	ارزش جوانه‌زنی (درصد × مجذور روز)	شاهد	١٩/٠٧ Aa	١٧/١١Aa	٢٩/٤١Aa
	٣٩/٤	٩٥/٠Aa	٨٧/٠Aa	٩٨/٠Aa		٣٩/٤	٢١/٢٤Aa	١٢/٢٧Aa	١١/٩٥Aa
	٣٥/١	٨٦/٠Aa	٩١/٠Aa	٧٩/٠Ab		٣٥/١	٩/٦١ Ab	١١/٣٩ Ab	٨/٤٢ Ab
	٣٠/١	٤٤/٠ Ab	٥١/٠ Ab	٤٩/٠ Ac		٣٠/١	٢/١٤ Ac	٢/٣٢ Ac	٣/٠٢ Ac
	٢٥/٩	١٨/٠ Ac	١٥/٠ Ac	٤/٠ Bd		٢٥/٩	٠/٤٥ Ad	٠/١٦ Ad	٠/٠٤ Ad
درصد جوانه‌زنی	شاهد	٨٢/٠Ba	٨٢/٠Aa	٩٨/٠Aa	انرژی جوانه‌زنی (درصد)	شاهد	٦٧/٠ Aa	٦٠/٠ Aa	٧٩/٠ Aa
	٣٩/٤	٩٥/٠Aa	٨٠/٠Ba	٩٣/٠ABa		٣٩/٤	٧٦/٠ Aa	٥٩/٠ Aa	٧١/٠ Aa
	٣٥/١	٧٩/٠Aa	٨٨/٠Aa	٧٣/٠Ab		٣٥/١	٣٧/٠ Ab	٣٢/٠ Ab	٣٩/٠ Ab
	٣٠/١	٤٠/٠ Ab	٤٢/٠ Ab	٤٤/٠ Ac		٣٠/١	٢٠/٠ Ab	٣١/٠ Ab	٢٩/٠ Ab
	٢٥/٩	١٥/٠ Ab	١٢/٠ Ac	٤/٠ Ad		٢٥/٩	٩/٠ Ac	٩/٣ Ac	٤/٠ Ac
سرعت جوانه‌زنی (درصد × روز)	شاهد	٢/٠٦ Ba	٢/٠٦ Ba	٣/١٣ Aa	شاخص بنیه بذر	شاهد	١١/٦٢ Aa	٩/٥٢ Aa	١٢/٧٤ Aa
	٣٩/٤	٢/٠٣ Aa	١/٥٥ Bb	١/٤٩ Bb		٣٩/٤	١٢/٧٦ Aa	١٠/٢٦ Aa	١١/٨٧ Aa
	٣٥/١	١/٢٦ Ab	١/٤٤ Ab	١/٢٢ Ab		٣٥/١	١٠/٤٣ Aa	١٢/٥٠ Aa	٩/٣٠ Aa
	٣٠/١	٠/٥٦ Ac	٠/٥٧ Ac	٠/٦٦ Ac		٣٠/١	٤/٦٨ Ab	٤/٥٤ Ab	٥/١٢ Ab
	٢٥/٩	٠/٢٢ Ad	٠/١٣ Ad	٠/٠٨ Ad		٢٥/٩	١/٥٤ Ac	٠/٧٢ ABc	٠/٠٩ Bc

* حروف لاتین بزرگ و کوچک مشابه سمت راست میانگین‌ها، به‌ترتیب معرف عدم وجود تفاوت معنی‌دار در ردیف و ستون می‌باشند

نتایج تحلیل رگرسیون خطی گام‌به‌گام برای تبیین رابطه بین صفات جوانه‌زنی و بنیه بذر با ویژگیهای مبدأ جمع‌آوری، پایه‌های مادری، صفات ریختی و رطوبت داخلی بذر (جدول ۷) نشان داد که رطوبت داخلی بذر نسبت به سایر عوامل (حجم بذر، قطر برابرسینه درختان مادری، ارتفاع از سطح دریا، طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی، شاخص شیب و جهت، میانگین بارندگی و میانگین دمای مبدأ جمع‌آوری بذر) ارتباط آماری قوی‌تری با صفات جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر بلندمازو دارد. به‌طوری که مدل‌های خطی ارائه شده در جدول ۷ که تمامی آنها فقط براساس رطوبت داخلی بذر عمل می‌کنند، ضریب تبیین (R^2) زیادی داشته و می‌توانند به‌ترتیب ٦٧/٨، ٧٢/١، ٨٨/٨، ٧٩/٢، ٦٤/٣، ٦٥/١ درصد از تغییرات بوجود آمده در قدرت حیاتی، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، ارزش جوانه‌زنی، نیروی جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر بلندمازو را پیش‌بینی نمایند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۷- نتایج آنالیز رگرسیون خطی گام‌به‌گام برای تبیین رابطه بین صفات جوانه‌زنی و بنیه بذر با ویژگی‌های مبدأ جمع‌آوری، پایه‌های مادری، صفات ریختی و رطوبت داخلی بذر*

صفت وابسته (y)	مدل آماری	ضریب تبیین (R^2)	اشتباه معیار	آماره F	معنی‌داری
قدرت حیاتی	$y = 3.874\ a - 68.272$	٪٦٧/٨	١٧/٣٣	١١٣/٥٥**	٠/٠٠٠
درصد جوانه‌زنی	$y = 4.031\ a - 77.748$	٪٧٢/١	١٦/٢٦	١٣٩/٦٦**	٠/٠٠٠
سرعت جوانه‌زنی	$y = 0.004\ a^2 - 0.126\ a + 1.107$	٪٨٨/٨	٠/١٣٧	٤٢٩/٤٩**	٠/٠٠٠
ارزش جوانه‌زنی	$y = 1.260\ a - 34.235$	٪٧٩/٢	٤/١٨٩	٢٠٥/٥١**	٠/٠٠٠
نیروی جوانه‌زنی	$y = 3.469\ a - 79.438$	٪٦٤/٣	١٦/٧٥٣	٩٧/٤٦**	٠/٠٠٠
شاخص بنیه بذر	$y = 0.556\ a - 11.283$	٪٦٥/١	٢/٦٣٧	١٠٠/٩٤**	٠/٠٠٠

** معرف معنی‌دار بودن مدل به احتمال ٩٩٪ بوده و a رطوبت داخلی بذر را نشان می‌دهد. همچنین لازم به‌ذکر است که مدل آماری ارائه شده، براساس وارد نمودن ۹ متغیر مستقل (شامل رطوبت داخلی بذر، حجم بذر، قطر برابرسینه درختان مادری، ارتفاع از سطح دریا، طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی، شاخص شیب و جهت، میانگین بارندگی و دمای مبدأ جمع‌آوری بذر) تشکیل شده است.

بحث

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که در تمامی مبدأهای مورد مطالعه، کاهش رطوبت داخلی بذر سبب کاهش قدرت حیاتی، درصد جوانه‌زنی، سرعت، ارزش و انرژی جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر شده است ($P<٠/٠٥$). این مطلب نشان می‌دهد که کیفیت بذرهای بلندمازو با کاهش رطوبت داخلی به‌شدت کاهش می‌یابد؛ بنابراین می‌توان اظهار داشت که بذر بلندمازو صرفنظر از این که از چه مبدأ جغرافیایی جمع‌آوری شده باشد دارای رفتار ذخیره‌ای ریکالسیترانت است. چنین رفتار ذخیره‌ای تاکنون در گونه‌های مختلف جنس *Quercus* ازجمله *Q. nigra* (Bonner, 1996)، *Q. rubra* (Goodman *et al.*, 2005)، *Q. brantii* (الوانی‌نژاد و همکاران، ١٣٨٧)، *Q. pagoda* و *Q. alba* (Connor & Sowa, 2004) به اثبات رسیده است.

بررسی‌ها نشان داد که در بذرهای جمع‌آوری شده از مبدأ ١٦٠٠ متر که رطوبت اولیه بیشتری داشته‌اند، حد آستانه، حد بحرانی و حد کُشنده رطوبت داخلی بذر حداقل یک درصد بیشتر از رطوبت بذرهای سایر مبدأها بوده است. همچنین کاهش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی و ارزش جوانه‌زنی بذرهای مبدأ ١٦٠٠ متر نسبت به بذرهای سایر مبدأها در سطح رطوبتی بیشتری صورت گرفته است. اصولاً بذرهای با رطوبت اولیه بیشتر، برای رسیدن به سطح رطوبت داخلی مشخص باید مدت زمان بیشتری را در شرایط خشکی سپری کنند و در نتیجه بافتهای مختلف آنها بیشتر تحت تأثیر تنش‌های اکسیدی قرار می‌گیرند (Leprince *et al.*, 2000). هرچه مدت زمان قرارگیری بافتها در مجاورت چنین تنش‌هایی بیشتر باشد، تجمع مواد کُشنده و خسارت وارده در بافتهای آنها بیشتر می‌شود (Benech-Arnold & Sanchez, 2005). بنابراین انتظار می‌رود که بذرهای مبدأ ١٦٠٠ متر که رطوبت اولیه بیشتری نسبت به بذرهای سایر مبدأها داشته‌اند، حساسیت بیشتری نسبت به از دست دادن رطوبت داخلی خود نشان دهند.

نکته قابل‌توجه دیگر این که هر چه رطوبت داخلی بذر بیشتر کاهش یابد، حساسیت بذرهای بلندمازو نسبت به از دست دادن رطوبت بیشتر می‌شود. به‌طوری که در ابتدا ١٤/٢ درصد کاهش رطوبت داخلی بذر برابر کاهش٥٠٪ از قدرت حیاتی بذرهاست، اما هنگامی که رطوبت داخلی بذرها از حد آستانه (TWC) عبور نمود، کاهش٥٠٪ قدرت حیاتی باقیمانده تنها با ٥/٨ درصد کاهش محتوی رطوبتی بذر انجام می‌شود. این موضوع

Archive of SID

www.SID.ir

نشان می‌دهد که وقتی رطوبت داخلی بذر از حد آستانه می‌گذرد، آسیبهایی که در اثر کاهش رطوبت داخلی به بذر بلندمازو وارد می‌شود، تشدید می‌گردد. به‌طور کلی کاهش رطوبت داخلی، دو نوع آسیب به بذرها وارد می‌کند. وقتی رطوبت داخلی بذر هنوز بالاتر از حد آستانه است، آشفتگی متابولیسم جاری باعث به جریان افتادن فرایندهای تخریبی فعال در آب (Aqueous-based degradative processes) می‌گردد (Pammenter *et al.*, 1998; Sun & Liang, 2001). در صورتی‌که سرعت خشک شدن بذر کم باشد (مانند هنگامی‌که بذرها در کف جنگل رطوبت خود را از دست می‌دهند) خسارتهای ناشی از چنین فرایندهایی انباشته شده و می‌توانند قدرت حیاتی بذرها را کم کنند (Pammenter *et al.*, 1998; Walters *et al.*, 2001)، اما وقتی سرعت خشک کردن بذرها زیاد است، چنین فرآیندهایی خسارتهای کُشنده به بذرها وارد نمی‌سازند (Berjak & Pammenter, 2003).

در تحقیق حاضر رطوبت داخلی بذرها با استفاده از روش استاندارد Hong *et al.* (1996) و با استفاده از ماده رطوبت‌گیر قوی Silica gel به‌سرعت کاهش یافت. بنابراین قبل از رسیدن رطوبت داخلی بذر به حد آستانه (به‌ترتیب ۳۷/۰، ۳٤/۰ و ۳۵/۵ درصد در بذرهای جمع‌آوری شده از مبدأهای ۱٦۰۰، ۱۰۰۰ و٤۰۰ متر)، کاهش اندکی در قدرت حیاتی بذرها بوجود آمد که این امر سبب کاهش سرعت مرگ و میر بذرها قبل از حد بحرانی (به‌ترتیب ۳۱/۰، ۲۹/۲ و۳۰/۰ درصد در بذرهای جمع‌آوری شده از مبدأهای ۱٦۰۰، ۱۰۰۰ و٤۰۰ متر) شده است.

نوع دیگر خسارتهای ناشی از کاهش رطوبت داخلی بذر، خسارتهای متابولیک (Metabolism derived damages) هستند. این خسارتها که با افزایش غلظت سیتوپلاسم و برهم خوردن موازنه آبی در سطوح درون سلولی اتفاق می‌افتند، به‌شدت برای بذرها کُشنده‌اند و سبب می‌شوند که در سطوح رطوبت داخلی کمتر از حد بحرانی، قدرت حیاتی بذرها به‌شدت کاهش یابد (Berjak & Pammenter, 2003). این مطلب نشان می‌دهد که برای استفاده از بذر بلندمازو در جنگل‌کاری، رطوبت داخلی آن باید بسیار مورد توجه قرار گیرد. توجه به رطوبت داخلی بذرهای جنس بلوط از اهمیت خاصی برخوردار است و تاکنون در دستورالعمل‌ها (Bonner & Vozzo, 1985) و تحقیقات متعددی (ازجمله Connor, 2004 در مورد *Q. pagoda*؛ الوانی‌نژاد و همکاران (۱۳۸۷) در مورد *Q. brantii*) مورد تأکید قرار گرفته است.

در تحقیق حاضر نیز با توجه به نتایج بدست آمده توصیه می‌شود که در عملیات جمع‌آوری و نگهداری بذر بلندمازو، از روشهایی استفاده شود که تا حد امکان رطوبت داخلی بذر تا زمان کاشت حفظ شود. همچنین توصیه می‌شود که در محیط نگهداری بذرها تغییرات رطوبت داخلی نمونه‌های بذر به‌طور مکرر مورد بررسی قرار گیرند و وقتی رطوبت داخلی بذرها به ۳۵/۵ درصد رسید، سعی شود با غوطه‌ور نمودن بذرها در آب، رطوبت بذرها افزایش یابد، به‌طوری که هیچ‌گاه رطوبت داخلی بذرها کمتر از ۳۵/۵ درصد نشود. در تحقیق حاضر حد آستانه، حد بحرانی و حد کُشنده رطوبت داخلی بذر بلندمازو به‌ترتیب ۳۵/۵، ۳۰/۱ و ۲٤/۳ درصد (به‌ترتیب ۸/۸، ۱٤/۲ و۲۰ درصد کاهش نسبت به رطوبت اولیه) بدست آمد. Leprince *et al.* (1998) حد آستانه و حد بحرانی رطوبت داخلی بذر *Q. rubra* را به‌ترتیب ٤۰ و ۱۵ درصد گزارش نمودند. در تحقیق الوانی‌نژاد و همکاران (۱۳۸۷)، حد آستانه رطوبت داخلی بذر *Q. brantti*، ٤۲/۵ درصد (٤/۹ درصد کاهش نسبت به رطوبت اولیه) مشخص شد، اما حد بحرانی و کُشنده رطوبت داخلی این گونه مشخص نگردید. تفاوت گونه، سرعت خشک‌کردن، دمای محیط هنگام خشک‌کردن و مرحله رسیدگی بذر می‌تواند بر واکنش بذرها نسبت به کاهش رطوبت داخلی مؤثر باشد (Bonner, 1996; Leprince *et al.*, 2000). بنابراین تفاوت شاخص‌های

Archive of SID

www.SID.ir

کمی ارائه شده در تحقیق حاضر با نتایج Leprince *et al*. (1998) و الوانی‌نژاد و همکاران (۱۳۸۷) دور از انتظار نیست.

در تحقیق حاضر حدود آستانه، بحرانی و کُشنده رطوبت داخلی بذر بلندمازو با توجه به رطوبت اولیه، تغییراتی را در مبدأهای مختلف نشان دادند. همچنین معلوم شد که اثر کاهش رطوبت داخلی بذر بر قدرت حیاتی، صفات جوانه‌زنی و بنیه بذر، مستقل از مبدأ جمع‌آوری بذر نیست و در مبدأهای مختلف تغییراتی را نشان می‌دهد. بنابراین هنگام مقایسه تیمارهای رطوبت داخلی مختلف از نظر ویژگی‌های جوانه‌زنی، باید مبدأ جمع‌آوری بذر نیز مورد توجه قرار گیرد.

چگونگی تأثیر مبدأ جمع‌آوری بذر و شرایط زیست درختان مادری بر رفتار ذخیره‌ای بذر گیاهان به‌تفصیل توسط Hong *et al*. (1996) مورد بحث قرار گرفته است. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که به‌رغم وجود تفاوتهای رویشگاهی در مبدأهای مختلف، ویژگیهای مبدأ جمع‌آوری بذر در مدل خطی حاصل از آنالیز رگرسیون گام‌به‌گام وارد نشدند. بنابراین با توجه به زیاد بودن مقدار ضریب تبیین (R^2) مدل‌های بدست‌آمده، پیش‌بینی قدرت حیاتی، صفات جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذرها می‌تواند فقط با استفاده از رطوبت داخلی بذر صورت گیرد. این مطلب نشان می‌دهد که صرفنظر از مبدأ جمع‌آوری و شرایط زیست درختان مادری، توجه به رطوبت داخلی بذر از اهمیت خاصی برخوردار است و بنابراین در طول عملیات جمع‌آوری و نگهداری بذر بلندمازو باید شرایطی فراهم نمود که رطوبت داخلی بذرهای جمع‌آوری شده کاهش پیدا نکند.

منابع مورد استفاده

- ارسالی، ب.، ۱۳۷۸. بررسی زادآوری طبیعی گونه بلندمازو (*Quercus castaneifolia*) در جنگلهای حوزه نوشهر. پایان‌نامه کارشناسی ارشد جنگل‌داری، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۰٤ صفحه.
- الوانی‌نژاد، س.، طبری، م.، تقوایی، م.، اسپهبدی، ک. و حمزه‌پور، م.، ۱۳۸۷. بررسی اثر محتوای رطوبتی بذر بر جوانه‌زنی و بنیه بذر بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.). فصلنامه تحقیقات جنگل و صنوبر، ۱٦ (٤): ۵۸۲-۵۷٤.
- ثابتی، ح.، ۱۳۸۱. جنگلها، درختان و درختچه‌های ایران. انتشارات دانشگاه یزد. ۸۰٦ صفحه.
- بی‌نام، ۱۳۸۲. کتابچه تجدیدنظر طرح جنگل‌داری لوه (دهساله پنجم)- سری ۲ (نالین). اداره کل منابع طبیعی استان گلستان، ۵۸۲ صفحه.
- جلالی، غ. و حسینی، م.، ۱۳۷۹. بررسی آثار فاکتورهای مختلف محیطی بر زادآوری طبیعی گونه بلندمازو در سوردار نور. دانشور، ۳۱: ۷٤-٦۹.
- رسانه، ی.، مشتاق کهنمویی، م.ح. و صالحی، پ.، ۱۳۸۰. بررسی کمی و کیفی جنگلهای شمال کشور. مجموعه مقالات همایش ملی مدیریت جنگلهای شمال کشور و توسعه پایدار، جلد ۱: ۸۲-۵٦.
- ماریجا، ن.، ۱۳۸۲. کتاب آموزشی آنالیز آماری داده‌ها با SPSS 11.0. ترجمه فتوحی، ا. و اصغری، ف.، انتشارات کانون نشر علوم، ٦۱۲ صفحه.
- مصداقی، م.، ۱۳۸۳. روشهای رگرسیون در تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی. انتشارات آستان قدس رضوی، ۲۹۰ صفحه.
- مظفریان، و.، ۱۳۸۳. درختان و درختچه‌های ایران. انتشارات فرهنگ معاصر، ۱۰۰۳ صفحه.
- مهاجر، ن.، ۱۳۷۸. بررسی مناسبترین روش بذرکاری و بذرپاشی بلوط بلندمازو (*Quercus castaneifolia*) جهت زادآوری تکمیلی در طرح جنگل‌داری لوه. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، ۲۱ صفحه.
- میرکاظمی، ز.، ۱۳۸۰. فنولوژی گونه بلوط بلندمازو و نقش آن در مدیریت جنگل. مجموعه مقالات همایش ملی مدیریت جنگلهای شمال و توسعه پایدار، جلد ۲: ۲۹۷-۲۷۷.

Archive of SID

www.SID.ir

- هدایتی، م.، ۱۳۷۰. بلوط، معرفی و کاشت. دفتر جنگلکاری و پارکهای سازمان جنگلها و مراتع کشور، ۹۱ صفحه.
- Benech-Arnold, R.L. and Sanchez, R.A., 2004. Handbook of Seed Physiology: Applications to Agriculture. Food production press, 480 p.
- Berjak, P. and Pammenter, N.W., 2003. Understanding and handling desiccation sensitive seeds. In: Smith R.D., Dickie J.B., Linington S.H., Pritchard, H.W. and Probert, R.J., (eds.). Seed conservation: turning science into practice. London: The Royal Botanic Gardens, Kew: 415-430.
- Bewley, J.D., 1995. Physiological aspects of desiccation tolerance: a retrospect. International Journal of Plant Sciences, 156: 393-403.
- Bonner, F.T., 1986. Good seed quality-How to obtain it and keep it. United States Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, General Technical Report, RM-137: 31-36.
- Bonner, F.T., 1996. Responses to drying of recalcitrant seeds of *Quercus nigra* L. Annals of Botany, 78: 181-187.
- Bonner, F.T. and Vozzo, J.A., 1987. Seed biology and technology of *Quercus*. Southern Forest Experiment Station. General Technical Report, SO-66, 26 p.
- Brosofske, K.D., Chen, J. and Crow, T.R., 2001. Understory vegetation and site factors implications for a managed Wisconsin landscape. Forest Ecology and Management, 146: 75-87.
- Buitink, J., Hoekstra, F.A. and Leprince, O., 2002. Biochemistry and biophysics of desiccation tolerance systems, In: Black, M. and Pritchard, H.W. (eds.). Desiccation and survival in plants. Drying without dying. CABI Publishing, Wallingford, Oxon, UK: 293-318.
- Cavender-Bares, J., Kitajima, K. and Bazzaz, F.A., 2004. Multiple trait associations in relation to habitat differentiation among 17 Floridian oak species. Ecological Monographs, 74 (4): 635-662.
- Connor, K.F., 2004. Update on Oak seed quality research: Hardwood recalcitrant seeds. USDA Forest service proceedings RMRS-P-33: 111-116.
- Connor, K.F., and Sowa, S., 2004. The physiology and biochemistry of desiccating white oak and Cherrybark Oak acorns. Proceedings of the 12th biennial southern silvicultural research conference, General Technical Report, SRS–71. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station: 473-477.
- Daws, M.I., Garwood, N.C. and Pritchard, H.W., 2006. Prediction of desiccation sensitivity in seeds of woody species: A probabilistic model based on two seed traits and 104 species. Annals of Botany, 97: 667-674.
- 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.
- Dytham, C. 1999. Choosing and Using Statistic, A Biologist's Guide. Black Well Publication, 218 p.
- Gold, K. and Fiona, H., 2008. Identifying desiccation-sensitive seeds. Millennium Seed Bank Project, Board of Trustees of the Royal Botanic Gardens, Kew, 2 p.
- Goodman, R.C., Jacobs, D.F. and Karrfalt, R.P., 2005. Evaluating desiccation sensitivity of *Quercus rubra* acorns using X-ray image analysis. Canadian Journal for Forest Research, 35: 2823-2831.
- Gupta, P.C., 1993. Seed vigor testing. In: Agrawal, P.K. (ed.). Handbook of Seed Testing, Ministry of Agriculture, GOI, New Delhi: 242-249.
- Hoekstra, F.A., Golovina, E.A. and Buitink, J., 2001. Mechanisms of plant desiccation tolerance. Trends in Plant Sciences, 5: 431-438.
- Hong, T.D. and Ellis, R.H., 1996. A protocol to determine seed storage behavior. IPGRI Technical Bulletin, NO:1, 62 p.
- Hong, T.D., Linington, S. and Ellis, R.H., 1996. Seed Storage Behavior: A Compendium. IPGRI, Handbooks for Genebanks, NO: 4, 104 p.
- Ingram, I. and Bartels, D., 1996. The molecular basis of dehydration tolerance in plants. Annual Review of Plant Physiology and Molecular Biology, 47: 377-403.
- ISTA, 2008. The International Rules for Seed Testing. The International Seed testing Association, 138 p.
- Kjaer, E.D., Hansen, C.P., Roulund, H. and Graudal, L., 2005. Procurement of plant material of good genetic quality. In: Stanturf, J.A. and Madsen, P. (eds.). Restoration of boreal and temperate forests, CRC press: 139-171.
- Leprince, O., 2003. Assessing desiccation sensitivity: from diagnosis to prognosis. In: Smith R.D., Dickie J.B., Linington S.H., Pritchard, H.W. and Probert, R.J., (eds.). Seed conservation: turning science into practice, London: The Royal Botanic Gardens, Kew: 389-414.
- Leprince, O., Hendry, G.A.F. and McKersie, B.D., 1993. The mechanisms of desiccation tolerance in developing seeds. Seed Science Research, 3: 231-246.
- Leprince, O., van Aelst, A.C., Pritchard, H.W. and Murphy, D.J., 1998. Oleosins prevent oil-body coalescence during seed imbibition as suggested by a low temperature scanning electron microscope study of desiccation-tolerant and sensitive oilseeds. Planta, 204: 109-119.
- Leprince, O., Hoekstra, F.A. and Harren, F.J.M., 2000. Unraveling the response of metabolism to dehydration point to a role for cytoplasmic viscosity in desiccation tolerance. In: Black, M., Bradford, K.J. and Vazquez-Ramos, J., (eds.). Seed biology: Advances and applications, CAB International: 57-66.
- Noli, E., Casarini, G., Urso, G. and Conti, S., 2008. Suitability of three vigor test procedures to predict field performance of early sown maize seed. Seed Science and Technology, 36: 168-176.
- Pammenter, N.W., Greggains, V., Kioko, J.I., Wesley-Smith, J., Berjak, P. and Finch-Savage, W.E., 1998. Effect of differential drying rates on viability

Archive of SID

www.SID.ir

- Vertucci, C.W. and Farrant J.M., 1995. Acquisition and loss of desiccation tolerance, In: Kigel, J. and Galili, G., (eds.). Seed development and germination. Marcel Dekker Inc.: 237-271.
- Walters, C., 1999. Levels of recalcitrance in seeds. In: Marzalina, M., Khoo, K.C., Jayanthi, N., Tsan, F.Y. and Krishnapillay, B., (eds.). Recalcitrant seeds, IUFRO Seed Symposium 1998. Forest Research Institute Malaysia, Kuala Lumpur, Malaysia: 1-13.
- Walters, C., Pammenter, N.W., Berjak, P. and Crane, J., 2001. Desiccation damage, accelerated ageing and respiration in desiccation tolerant and sensitive seeds. Seed Science Research, 11: 135-148.
- Wheater, C.P. and Cook, P.A., 2002. Using Statistics to Understand the Environment. Routledge Publication, 245 p.
- Willan, R.L., 1985. A guide to forest seed handling with special reference to the tropics. Food and Agriculture Organization of the United Nations Forestry Papers, 20 (2): 379 p.
- Yilmaz, M., 2007. Depth of Dormancy and Desiccation Tolerance in *Acer trautvetteri* Medv. Seeds. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 31: 1-5.
- Zar, J.H., 1999. Biostatistical Analysis. Prentice Hall International Inc., 660 p.
retention of recalcitrant seeds of *Ekebergia capensis*. Seed Science Research, 8: 463-471.
- Pammenter, N.M. and Berjak, P., 1999. A review of recalcitrant seed physiology in relation to desiccation tolerance mechanisms. Seed Science Research, 9: 13-38.
- Panwar, P. and Bhardwaj, S.D., 2005. Handbook of Practical Forestry. Agrobios, India, 191 p.
- Pritchard, H.W. and Manger, K.R., 1990. Quantal response of fruit and seed germination rate in *Quercus robur* L. and *Castanea sativa* Mill. to constant temperatures and photon dose. Journal of Experimental Botany, 41: 1549-1557.
- Roberts, E.H., 1973. Predicting the storage life of seeds. Seed Science and Technology, 1: 499-514.
- Scheiner, S. and Gurevitch, J., 1993. Design and Analysis of Ecological Experiments. Chapman and Hall, 445 p.
- Steadman, K.J., Pritchard, H.W. and Dey, P.M., 1996. Tissue-specific Soluble Sugars in Seeds as Indicators of Storage Category. Annals of Botany, 77: 667-674.
- Struve, D.K., 1998. Seed condition of red oak: A recalcitrant North American seed. Agricultural Sciences, Piracicaba, 55: 67-73.
- Sun, W.Q. 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.

Archive of SID

www.SID.ir

Impact of provenance and seed moisture content on seed quality of Chestnut-leaved oak (*Quercus castaneifolia* C. A. Mey.)

A.R. Ali-Arab[1], M. Tabari[2*], M.A. Hedayati[3], K. Espahbodi[4] and Gh.A. Jalali[5]

1- Ph.D. student of forestry, University of Tarbiat Modares, Noor, Iran.
2*- Corresponding author, Associate Prof., Faculty of Natural Resources, University of Tarbiat Modares, Noor, Iran.
E-mail: mtabari@modares.ac.ir
3- Ph.D. of forestry, Office of Plantation and National Parks, Forest, Range and Watershed Organization, Chalous, Iran.
4- Assistant Prof., Agricultural and Natural Resources Research Center of Mazandaran province, Iran.
5- Associate Prof., Faculty of Natural Resources, University of Tarbiat Modares, Noor, Iran.

Abstract

Effects of provenance and seed moisture content (SMC) on viability, germination and vigor of chestnut-leaved oak (*Quercus castaneifolia*) acorns were investigated in laboratory. For this purpose, 1500 sound and mature acorns were selected from three different provenances in Loveh forest, north eastern of Iran, located in elevations of 400, 1000 and 1600 meter above sea level, with initial moisture content of 47.0%, 43.0% and 42.8%, respectively. In order to set up 5 different SMC levels (including control, 39.4%, 35.1%, 30.1% and 25.9%) in each seed provenance, acorns were dried for 7 days close to silica gel in 27°C. All dried acorns imbibed in tap water for 24h and incubated under optimum growth condition (8h light in 30°C, and 16h dark in 20°C) for 30 days using a complete randomized factorial design, with 4 replications. At the mentioned period, number of germinant, and characteristics of emerged seedlings were recorded every other day. Results showed that acorn quality decreased with seed MC reduction. So that, in all studied provenances, reduction of SMC lead to reduce seed viability, germination percent, germination speed, germination value, germination energy, and vigor index. Accordingly, it can be said that *Q. castaneifolia* seed apart from provenance has recalcitrant seed storage behavior. In this study, we found that threshold water content (TWC), critical water content (CWC), and lethal water content (LWC) of chestnut-leaved oak seed are %35.5, %30.1 and %24.3, respectively. Incidentally, aforesaid limits changed slightly in different provenances. Totally, in order to retain chestnut-leaved oak seed quality, the results suggest that seed technologists should retain SMC above %35.5 (TWC). Because in lower SMC, seed viability decreases gradually. So that until CWC (%30.1) half of seeds lost their viability. Furthermore, because rehydration of seeds with SMC bellow %24.3 (LWC) can not restore their viability, silviculturists and forest nursery managers should avoid sowing acorns with SMC bellow %24.0.

Key words: *Quercus castaneifolia*, seed provenance, seed moisture content, seed viability, seed germination, seed vigor.

Archive of SID

www.SID.ir