

اثر تنش آبی بر برخی صفات فیزیولوژیکی بذر کاج حلب و کاج بروسیا

فاطمه احمدلو^۱، مسعود طبری^{۱*} و بهزاد بهتری^۲

^۱ نور، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی، گروه جنگلداری

^۲ نور، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی، گروه مرتعداری

تاریخ دریافت: ۸۸/۸/۱۰ تاریخ پذیرش: ۸۹/۳/۱۷

چکیده

به منظور بررسی اثرات تنش آبی بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی بذر (درصد جوانه‌زنی، میانگین زمان جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، قدرت جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر)، یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی با ۵ تیمار رطوبتی و ۲ تیمار بذر گونه درختی انجام گرفت. برای این مقصود، پتانسیل رطوبتی مواد برای جوانه‌زنی (۰، -۲، -۴، -۶ و -۸ بار) با استفاده از محلول پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ (PEG-6000) بر روی بذر کاج بروسیا (*Pinus brutia* Ten.) و کاج حلب (Mill.) *P. halepensis* اعمال شد. بذور به مدت ۳۷ روز در ژرمیناتور (۱۶ ساعت روشنایی با شدت ۱۰۰۰ لوکس نوری و دمای 20 ± 5 درجه سانتی گراد) نگهداری شدند. نتایج نشان داد که تنش آبی بر خصوصیات فیزیولوژیکی بذر هر دو گونه اثر گذاشت و در هر دو گونه با کاهش توان جذب آب (از صفر تا -۸ بار)، کاهش معنی‌داری در درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، قدرت جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر ایجاد شد. در مقایسه بین دو گونه بذر *P. halepensis* نسبت به بذر *P. brutia* حساس‌تر به شرایط کم آبی بود.

واژه‌های کلیدی: پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰، تنش رطوبتی، بذر کاج، جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر.

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۱۲۲۴۶۲۵۰ پست الکترونیکی: masoudtabari@yahoo.com

مقدمه

آب قرار گرفته و تولید و فعالیت آنزیمها و در نتیجه سنتز پروتئین کاهش می‌یابد و حتی در تنشهای شدید از بین می‌رود و در نهایت بر رشد سلول تأثیر می‌گذارد (۶).

به دلیل اطمینان از یکنواخت بودن پتانسیل جذب آب در اطراف بذرهای مختلف و نیز امکان سطح تماس یکسان بین بذر و محیط در شرایط آزمایشگاه می‌توان تنش خشکی را با استفاده از محلولهایی مصنوعی از جمله پلی اتیلن گلیکول (PEG) ایجاد کرد (۲۶). همچنین عوامل ایجاد کننده تنش در محیط کشت می‌تواند واکنش القاء کننده تحمل در بافتهای گیاه را نمایان سازد (۲۴) به طوری که میزان جذب آب توسط اثرات منفی محلول آبی رطوبتی پتانسیل اسمزی (PEG) کنترل می‌گردد و به عبارتی قابلیت

جوانه‌زنی حساس‌ترین مرحله زندگی و استقرار یک گیاه است. جنین سالم یک بذر خشک در ابتدا دارای جریانهای متابولیسمی حداقل می‌باشد و زمانی شروع به جوانه‌زنی می‌کند که شرایط مناسب از جمله رطوبت، دما و انرژی لازم به صورت آدنوزین تری فسفات جهت انجام فعالیتهای متابولیسمی آنزیمهای هیدرولیزکننده موجود در جنین بذر فراهم گردد (۲). رفتار فیزیکی جذب آب منجر به فعال شدن فرآیندهای متابولیسمی در داخل بذر شده و به دنبال آب‌گیری بذر، جوانه‌زنی به وقوع می‌پیوندد (۲۱). هنگامی که پتانسیل جذب آب کاهش می‌یابد، جوانه‌زنی بذر انجام نگرفته یا به تأخیر می‌افتد (۲۹). تقریباً کلیه واکنشهای متابولیسمی و هورمونی سلول تحت تأثیر کمبود

(۴). این محلول به طور فراوان در آزمایشات تنش رطوبتی و به دلیل پتانسیل منفی رطوبتی در آماده سازی بذر و آزمایشهای جوانه زنی و بینه بذر گونه های جنگلی به کار می رود (۲۹، ۲۴).

دسترسی به آب کاهش می یابد. پلی اتیلن گلايکول از لحاظ اسمزی فعال ولیکن از لحاظ فیزیولوژیکی ماده ای بی اثر و غیر یونی است و قادر به نفوذ در پوشش بذر به دلیل جرم مولکولی زیاد نیست و نقشی در تغذیه بافتها ندارد

جدول ۱- خصوصیات بذور مورد مطالعه

تعداد (در کیلوگرم)	رطوبت (%)	خلوص (%)	قوه نامیه (%)	مبدأ بذر	گونه
۲۰۸۷۲	۵/۳	۹۹/۸	۸۹	خرم آباد	کاج بروسیا
۱۶۰۹۰	۵/۷	۹۹/۹	۷۱	پاسند به شهر	کاج حلب

جدول ۲- روش تعیین تیمارهای تنش آبی

طرز تهیه محلول	تقسیمات سطوح تیمار	تیمارهای تنش رطوبتی
۱۰۰ گرم آب مقطر	(شاهد)	تیمار ۱
۵/۲۳ گرم پلی اتیلن گلايکول + ۱۰۰ گرم آب مقطر	۲- بار	تیمار ۲
۱۰/۴۶ گرم پلی اتیلن گلايکول + ۱۰۰ گرم آب مقطر	۴- بار	تیمار ۳
۱۵/۶۹ گرم پلی اتیلن گلايکول + ۱۰۰ گرم آب مقطر	۶- بار	تیمار ۴
۲۰/۹۲ گرم پلی اتیلن گلايکول + ۱۰۰ گرم آب مقطر	۸- بار	تیمار ۵

امروزه عملیات جنگل کاری به ویژه با سوزنی برگان در مناطق مختلف کشور بسیار توسعه یافته است. از جمله گونه های سوزنی برگان می توان به کاج بروسیا (*P. brutia*) و کاج حلب (*P. halepensis* Mill.) اشاره داشت که به طور گسترده ای در جنگل کاریها و طراحی فضای سبز شهری در مناطق خشک و نیمه خشک تا نیمه مرطوب کشور استفاده می شوند (۳). در ارزیابی تحمل به خشکی گونه ها، بیشتر از صفات کیفی فیزیولوژیکی از جمله سرعت جوانه زنی که از شاخصهای مهم تأثیرگذار بر میزان جوانه زنی بذر، و میانگین زمان جوانه زنی که شاخصی از سرعت جوانه زنی و مؤثر در ارزیابی زمان ظهور نهالها، و آزمون بینه بذر که مؤثر در تعیین ماهیت زوال بذر و رشد آن می باشد، استفاده می شود (۴). با توجه به نقش رطوبت به عنوان یک عامل محیطی مهم در کنترل جوانه زنی بذر، کسب آگاهی در خصوص بردباری بذور گونه های مورد مطالعه به تنش رطوبتی، در انتخاب گونه ها و استقرار موفقیت آمیز آنها برای مناطق مختلف جنگل کاری امری

تنش آبی می تواند آناتومی، مورفولوژی، فیزیولوژی و بیوشیمی گیاهان و نیز رشد و نمو جنین بذر را تحت تأثیر قرار دهد و همچنین روی جنبه های مختلف جوانه زنی مانند قدرت جذب آب توسط بذرها (۵، ۱، ۱۹)، درصد جوانه زنی و سرعت جوانه زنی (۱۳، ۲۵، ۲۱)، میانگین زمان جوانه زنی (۱۰)، قدرت جوانه زنی (۱)، بینه بذر (۲۷، ۱۸) تأثیر بگذارد. مطالعات بسیاری در خصوص اثرات تنش اسمزی با پلی اتیلن گلايکول روی سوزنی برگان توسط سایر محققین صورت گرفته است. Boydak و همکاران (۱۰) روی *Pinus brutia* با ۵ سطح رطوبتی ۰، ۲، ۴، ۶ و ۸ بار، Zhu و همکاران (۲۹) روی *Pinus sylvestris* Var. *Mongolica* با ۶ سطح رطوبتی ۰، ۰/۲، ۰/۴، ۰/۷۵، ۱/۳۵، ۱/۵۳ و ۱/۵۳ مگا پاسکال، Muscolo و همکاران (۲۱) روی *Pinus pinea* L. با اعمال ۴ سطح رطوبتی ۰/۳، ۰/۵۸، ۰/۸، ۱/۰۵ مگا پاسکال کاهش معنی داری در صفات فیزیولوژیکی بذور مشاهده کردند.

$$Q = M.I.R.T \quad [1]$$

Q: فشار اسمزی بر حسب بار، M: تعداد گرمهای ماده حل شده به وزن مولکولی ماده پلی اتیلن گلیکول، I: ضریب ثابت یونیزاسیون (۱)، R: ضریب ثابت گاز (۰/۰۸۳)، T: دما بر حسب کلوین (۲۹۳ درجه سانتی گراد) است.

ابتدا مجموعه پتری دیشها و بستر بذر (کاغذ واتمن) در اتو کلاو استریل شد. بذر با قارچ کش Carboxin tiram (۲) در هزار) ضد عفونی و سپس با آب مقطر شسته شدند. برای هر دو گونه تعداد ۵۰ بذر در داخل پتری دیشهایی با قطر ۹ سانتیمتر و دو لایه کاغذ صافی واتمن قرار داده شد و به منظور تطبیق شرایط با واقعیت موجود در طبیعت، تیمار خشکی ۶۰ ساعت بعد از قرار دادن بذر در پتری دیشها اعمال گردید (۲۰).

ضروری است. لذا در این تحقیق تأثیر تنش رطوبتی بر برخی صفات فیزیولوژیکی بذر دو گونه سوزنی برگ *P. brutia* و *P. halepensis* در شرایط آزمایشگاه مطالعه شد.

مواد و روشها

ابتدا بذر لازم از مرکز بذر جنگلی خزر آمل با مشخصات ذکر شده در جدول ۱ و یکنواختی در اندازه و وزن تهیه گردید. آزمایش فاکتوریل و در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی با ۴ تکرار و ۵ سطح عامل رطوبتی و ۲ گونه *P. brutia* و *P. halepensis* در آزمایشگاه دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس انجام گرفت. پتانسیل آبی مواد برای جوانه زنی [۰ (شاهد)، ۲-، ۴-، ۶- و ۸- بار] طبق جدول ۲ با استفاده از محلول پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ (PEG-6000) و با استفاده از فرمول ۱ و مطابق روش Hardegree و Emmerich (۱۵) تهیه گردید.

جدول ۳- فرمول محاسباتی شاخصهای جوانه زنی

شماره معادله	صفات مورد مطالعه	نحوه محاسبه صفات	منابع مورد استفاده
[۲]	درصد جوانه زنی	$GR = n / (N \times 100)$	(۲۲)
[۳]	میانگین زمان جوانه زنی	$MGT = \sum (n_i \cdot t_i) / \sum n$	(۱۷)
[۴]	سرعت جوانه زنی	$GS = \sum (n_i / t_i)$	(۲۲)
[۵]	قدرت جوانه زنی	$GE = Mcgr / (N \times 100)$	(۲۲)
[۶]	شاخص بینه بذر	$SVI = GR \times \text{Mean} (SI+RI) / 100$	(۹)

n_i = تعداد کل بذرهای جوانه زده در طی دوره
 N = تعداد بذرهای کاشته شده
 t_i = تعداد روزهای پس از شروع جوانه زنی
 $Mcgr$ = ماکزیم درصد تجمعی بذرهای جوانه زده
 SI = طول ساقه چه و RI = طول ریشه چه

یافت. معیار جوانه زنی بذر، خروج ریشه چه به طول حداقل ۲ میلی متر بود (۲۴). برای اندازه گیری طول ریشه چه و ساقه چه از هر پتری دیش ۷ نمونه برداشت شد و سپس قسمت هوایی و ریشه چه از هم جدا شدند و با خط کش بر حسب میلی متر محاسبه گردید. آنگاه با استناد بر معادلات ارائه شده توسط محققین (جدول ۳) اندازه های صفات جوانه زنی تعیین شد. نمودار درصد تجمعی جوانه زنی هر دو گونه در دوره ۳۷ روزه (با اطمینان از تمام شدن

سپس محلولهای تهیه شده آبی (برای هر پتری دیش ۱۰ میلی لیتر) (۱۰) هر ۴۸ ساعت یکبار به تیمارها اضافه شدند. بذر برای مدت ۳۷ روز در ژرمیناتور با تنظیم ۱۶ ساعت روشنایی (شدت نور ۱۰۰۰ لوکس) و دمای 20 ± 5 درجه سانتی گراد نگهداری شدند (۱۶). در طی دوره آزمایش به منظور یکنواخت شدن پتانسیل آبی، کاغذهای صافی هر ۳ روز یکبار تعویض گردید. شمارش بذر جوانه زده با مشاهده اولین بذر جوانه زده آغاز شد و هر ۳ روز یکبار تا سبز شدن تمامی بذر واجد قوه نامیه ادامه

جوانه‌زنی بذرها) و با توجه به تیمارهای تنش رطوبتی ترسیم گردید.

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس شاخصهای جوانه‌زنی با تیمارهای تنشهای رطوبتی و گونه و اثرات ترکیب آنها

منابع تغییرات	درصد جوانه-زنی	میانگین زمان جوانه‌زنی	سرعت جوانه-زنی	قدرت جوانه-زنی	شاخص بنیه بذر
تنش رطوبتی	F	۳/۸۳۷	۱۰/۲۰۲	۲۰/۰۵۱	۹۸/۴۶
	P	۰/۰۱۴*	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۰*
گونه	F	۱۲/۲۱۴	۲۲/۶۶۳	۰/۶۰۹	۵۸/۵۰۷
	P	۰/۰۰۲*	۰/۰۰۰*	۰/۴۴۲ ^{ns}	۰/۰۰۰*
تنش رطوبتی * گونه	F	۳/۰۹۵	۱/۶۶	۰/۲۲۵	۲۴/۳۳۵
	P	۰/۰۴۴*	۰/۱۹۹ ^{ns}	۰/۸۷۸ ^{ns}	۰/۰۰۰*

*: معرف معنی دار بودن اختلاف بین میانگینها است
 ns: نشان از عدم تفاوت معنی دار بین میانگینهاست.
 - داده‌های صفر در محاسبات وارد نشدند.

جدول ۵- میانگین شاخصهای جوانه‌زنی متأثر از ترکیب تیمارهای تنش رطوبتی و گونه

تیمار تنش رطوبتی	درصد جوانه‌زنی	میانگین زمان جوانه‌زنی	سرعت جوانه-زنی	قدرت جوانه‌زنی	شاخص بنیه بذر
تیمار ۱ (شاهد)	۸۵/۳۹(۲/۴۳)a	۸/۲۱(۱/۲۶)c	۸/۸۸(۲/۲۹)a	۵۲/۲۵(۸/۵۸)a	۸۰/۹(۵/۲۸)a
تیمار ۲ (۲- بار)	۵۹/۵۵(۵/۰۷)bc	۱۰/۹۸(۰/۸۹)bc	۵/۲۸(۱/۶۱)ab	۱۸/۵۴(۲/۸۱)b	۲۰/۸۷(۲/۰۶)b
تیمار ۳ (۴- بار)	۶۵/۷۳(۸/۸۲)b	۱۳/۰۳(۰/۹۸)b	۳/۳۵(۰/۶۷)bc	۱۹/۱(۲/۹۷)b	۲۱/۳۸(۳/۳۸)b
تیمار ۴ (۶- بار)	۴۴/۹۴(۷/۸۴)c	۱۳/۶(۰/۶۴)b	۲/۰۶(۰/۴۴)bc	۱۲/۳۶(۱/۹۵)b	۱۲/۹۴(۲/۳۷)b
تیمار ۵ (۸- بار)	۱۰/۱۱(۲/۹۷)d	۱۹/۶۷(۱/۶۵)a	۰/۵۲(۰/۲)c	۸/۹۹(۲/۷۵)b	۰/۲۵۵c
تیمار ۱ (شاهد)	۸۵/۲۱(۷/۸۳)a	۱۰/۵۸(۲/۴۳)b	۳/۲۱(۰/۴۳)a	۴۸/۵۹(۹/۵۸)a	۴۰/۰۷(۱/۳۱)a
تیمار ۲ (۲- بار)	۳۹/۴۴(۱۱/۹۵)b	۱۷/۷۶(۰/۶۵)ab	۱/۳۱(۰/۴۲)b	۲۰/۴۲(۴/۲۱)b	۱۲/۰۶(۳/۴۸)b
تیمار ۳ (۴- بار)	۴۰/۸۵(۱۰/۳۲)b	۱۹/۲۸(۱/۲۶)ab	۱/۱۶(۰/۳۴)b	۱۲/۶۸(۰/۸۱)b	۰/۹۳۵c
تیمار ۴ (۶- بار)	۹/۱۵(۵/۳۲)c	۲۲/۲(۱/۷۳)a	۰/۴(۰/۲۸)b	۹/۱۵(۵/۳۲)b	۰/۲۲۷c
تیمار ۵ (۸- بار)	-	-	-	-	-

اعداد داخل پرانتز اشتباه معیار هستند.

علامت - معرف عدد صفر در ارزشهای مطالعه شده است.
 حروف مختلف کوچک در ستون مربوط به هر گونه مبین معنی دار بودن میانگین تیمار تنش رطوبتی در سطح ۰/۰۵ با استفاده از آزمون حداقل میانگین مربعات است و در میانگین زمان جوانه‌زنی به دلیل عدم همگنی واریانسها از آزمون دانن تی ۳ استفاده گردید.
 حروف مختلف بزرگ در ستون و برای ۱۰ ترکیب تیمار (تنش رطوبتی-گونه) مبین معنی دار بودن میانگین اثر ترکیب تیمارهای تنش رطوبتی و گونه در سطح ۰/۰۵ با استفاده از آزمون دانکن است.

مشاهده می‌گردد (جدول ۵) که نشان‌دهنده حساس‌تر بودن بذر گونه *P. halepensis* نسبت به بذر *P. brutia* به شرایط کم آبی می‌باشد. همچنین میزان جوانه‌زنی در هر یک از تیمارهای تنش آبی در هر دو گونه به جزء تیمار ۵ در کاج حلب، یک روند افزایشی را در طول زمان نشان داده است (شکل‌های ۱ و ۲) به نحوی که بیشترین میزان جوانه‌زنی در هر دو گونه متعلق به تیمار فاقد تنش (شاهد) است و با افزایش میزان تنش از میزان جوانه‌زنی کاسته شده است و تیمار ۵ در کاج حلب جوانه‌زنی را نشان نمی‌دهد. همچنین گونه کاج حلب نسبت به کاج بروسیا و نیز در هر دو گونه تیمارهای تنش نسبت به تیمار شاهد تأخیر در جوانه‌زنی را نشان می‌دهند (شکل‌های ۱ و ۲).

بحث و نتیجه‌گیری

اعمال تیمارهای تنش رطوبتی در تحقیق حاضر باعث کاهش معنی‌داری در درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، قدرت جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر و افزایش معنی‌داری در میانگین زمان جوانه‌زنی هر دو گونه نسبت به تیمار شاهد گردید که با نتایج تحقیقات Boydak و همکاران (۱۰) روی *P. brutia*، Muscolo و همکاران (۲۱) روی *P. pinea* و Sidari و همکاران (۲۴) روی *P. pinea* مطابقت دارد. به طور کلی، فرآیند فیزیکی جذب آب باعث افزایش فعالیت‌های متابولیکی درون بذر، سنتز پروتئینها، آنزیمها و هیدراته شدن بذر و افزایش میزان جوانه‌زنی بذر می‌گردد (۱۸، ۲۹). در تحقیقی Falleri و همکاران (۱۲) دریافتند که اثرات مستقیم ناشی از تجزیه کندتر آندوسپرم یا انتقال کندتر مواد تجزیه شده به گیاهچه‌ها، از عوامل کاهنده درصد جوانه‌زنی در شرایط تنش می‌باشد. Caruso و همکاران (۱۱) نیز عوامل کاهش جوانه‌زنی را منفی بودن پتانسیل آب در محیط اطراف بذر می‌دانند تا حدی که باعث کاهش آب قابل دسترس در پایین‌تر از حد اپتیمم برای جوانه‌زنی بذور می‌گردد. Van Gastel و همکاران (۲۸) سخت شدن دیواره سلولی را علت کاهش یا عدم

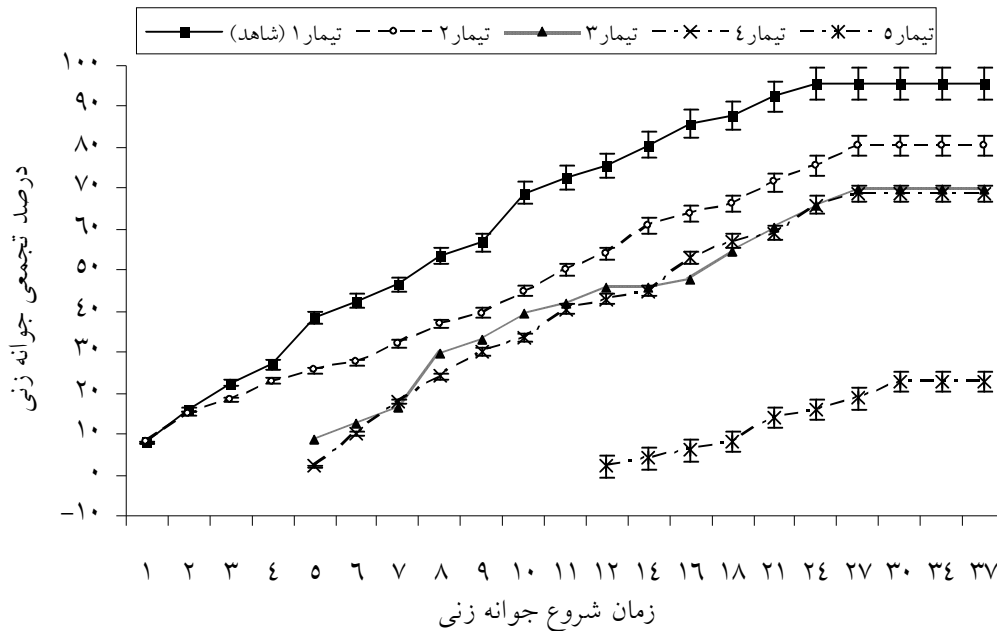
تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار (SPSS) صورت گرفت. ابتدا شرط نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و همگنی واریانس داده‌ها به وسیله آزمون لون تست گردید. برای تعیین اختلاف آماری داده‌ها از آزمون تجزیه واریانس دو طرفه و برای مقایسه میانگینها در صورت همگنی واریانسها از آزمون حداقل میانگین مربعات به دلیل دارا بودن نمونه شاهد و در صورت عدم همگنی واریانسها از آزمون دانت تی ۳ استفاده گردید. در مقایسه دو گونه و نیز مقایسه ترکیب تیمارها (گونه- تنش رطوبتی) از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد. در مقایسه صفات جوانه‌زنی بین هر دو گونه جهت یکسان بودن ارزش آنها، فاکتور قوه نامیه به عنوان متغیر همراه (Covariate) در نظر گرفته شد.

نتایج

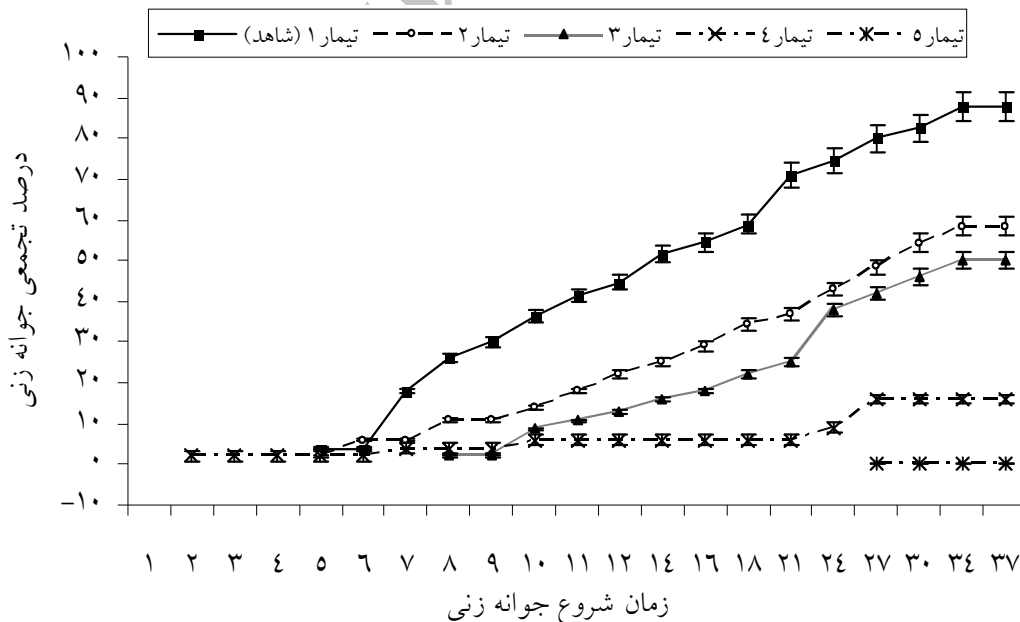
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که هم تنش آبی و هم گونه و نیز ترکیب این دو تیمار روی اکثر صفات جوانه‌زنی مورد مطالعه معنی‌دار است (جدول ۴). در ترکیب تیمارهای تنش آبی و گونه، فقط میانگین زمان جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر تفاوت معنی‌دار آماری دارند (جدول ۴). در تیمار تنش آبی بیشترین میانگین همه شاخصهای جوانه‌زنی به جزء میانگین زمان جوانه‌زنی در هر دو گونه در تیمار ۱ مشاهده می‌شود و بیشترین میانگین زمان جوانه‌زنی در گونه کاج بروسیا در تیمار ۵ و در گونه کاج حلب در تیمار ۴ وجود دارد (جدول ۵). هیچیک از بذرهای تیمار ۵ در گونه کاج حلب جوانه نروداند (جدول ۵). به طور کلی در هر دو گونه با افزایش میزان تنش و غلظت پلی اتیلن گلاکول از میزان جوانه‌زنی کاسته شده است (جدول ۵). در ترکیب تیمارهای تنش آبی و گونه، بیشترین شاخص بنیه بذر و کمترین میانگین زمان جوانه‌زنی در گونه کاج بروسیا و تیمار شاهد و بیشترین میانگین زمان جوانه‌زنی در گونه کاج حلب و در تیمار ۴ و کمترین شاخص بنیه بذر در کاج بروسیا تیمار ۵ و در کاج حلب تیمار ۳ و ۴

Boydak و همکاران (۱۰) روی *P. brutia* در تنش ۶- بار، و Zhu همکاران (۲۹) روی *P. sylvestris* در تنش ۴- بار کاهش معنی داری از درصد جوانه زنی را مشاهده نمودند.

جذب آب توسط پوسته بذر در محیطهای تنش اسمزی معرفی کرده‌اند. در آزمایش تنش خشکی، Falusi و همکاران (۱۴) روی *P. halepensis* در تنش ۲- بار، Falleri (۱۳) روی *Pinus pinaster Ait* در تنش ۸- بار،



شکل ۱- روند درصد تجمع جوانه زنی بذور در تیمارهای تنش آبی در گونه کاج بروسیا



شکل ۲- روند درصد تجمع جوانه زنی بذور در تیمارهای تنش آبی در گونه کاج حلب

بذر دچار اشکال شود (۲۸). رشد اندامها نیز به سرعت تولید سلولهای جدید و سرعت بزرگ شدن این سلولها بستگی دارد و هر دو فرآیند به آماس سلولی حساس هستند اما میزان این حساسیت احتمالاً به بافت، گونه یا شدت تنش بستگی دارد. به طوری که وقتی بذور در معرض خشکی قرار می‌گیرند انعطاف پذیری دیواره سلول‌های در حال رشد کم شده و توسعه سلول و در نتیجه رشد اندام کاهش می‌یابد (۶).

در تحقیق حاضر آشکار شد که میزان جوانه‌زنی، سرعت و قدرت جوانه‌زنی *P. brutia* در تنش ۸- بار کاهش قابل ملاحظه‌ای یافته ولیکن متوقف نشده است و شاخص بینه بذر آن در تنش ۸- بار بسیار نزدیک به آستانه توقف می‌باشد. بنابراین بذور تا فشار اسمزی ۶- بار را می‌توانند تحمل کنند. میزان جوانه‌زنی، سرعت و قدرت جوانه‌زنی *P. halepensis* در تنش ۸- بار و شاخص بینه بذر آن در تنش ۴- بار بسیار نزدیک به آستانه توقف می‌باشد. بنابراین بذور تا فشار اسمزی ۳- بار را می‌توانند تحمل نمایند. این مطلب آشکار می‌سازد که بذر کاج حلب در مقایسه با کاج بروسیا نسبت به کاهش میزان رطوبت حساسیت بیشتری دارد (۲۳). البته می‌توان انتظار داشت که عکس العمل متفاوت گونه‌ها نسبت به تنش اسمزی مربوط به کیفیت درخت مادری و تأثیر آن بر بذردهی، عوامل ژنتیکی، مدت و شرایط نگهداری بذر و اختلاف در مقاومت به تنش خشکی نیز باشد (۸). در نهایت، از این تحقیق استنتاج می‌شود که برای جوانه‌زنی بهینه و به موقع بذر این دو گونه در نهالستان تولید نهال جنگلی نیز بایستی رطوبت مطلوب بذر حفظ گردد و گرنه جوانه‌زنی و بینه بذر دچار خسارت خواهد شد.

در تحقیق حاضر، سرعت جوانه‌زنی و قدرت جوانه‌زنی بذر هر دو گونه کاهش یافته است. این کاهش می‌تواند نتیجه زوال بذر و تخریب غشاء سلولی باشد (۱۳). به طور مشابه، Zhu و همکاران (۲۹) نیز گزارش کرده‌اند که با افزایش غلظت اسمزی، سرعت و قدرت جوانه‌زنی بذور به مراتب کاهش می‌یابد. ایشان همچنین دریافتند که با افزایش غلظت اسمزی مدت جوانه‌زنی بیشتر می‌شود و در غلظت ۱/۳۵- مگا پاسکال کلیه شاخصهای جوانه‌زنی در گونه *P. sylvestris* متوقف می‌گردد و احتمالاً کاهش سرعت فعالیتهای متابولیکی، آنزیمی و هیدرولیز ذخایر بذر به علت تأخیر زمان جوانه‌زنی بوده است. در این راستا، Adams (۷) و Boydak و همکاران (۱۰) نیز نتیجه گرفتند که هر چقدر پتانسیل آب بذر نسبت به میزان اپتیمم رطوبت، کاهش یابد مدت زمان لازم برای ظهور ریشه‌چه افزایش می‌یابد و اگر بذر مدت زمان رطوبتی معین را از محیط دریافت نماید، جوانه‌زنی آغاز خواهد شد.

در تحقیق حاضر، شاخص بینه بذر نسبت به سایر صفات واکنش بیشتری به کاهش میزان رطوبت ناشی از افزایش میزان غلظت پلی اتیلن گلیکول نشان داد، طوری که در تنشهای رطوبتی مشخص (۸- بار و ۴- بار، به ترتیب برای کاج بروسیا و کاج حلب) طول ریشه‌چه و ساقه‌چه به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت. Lopez و همکاران (۱۸) نیز ضمن حصول نتایج مشابه روی بذر *Pinus C. Sm. canariensis* عنوان کردند که احتمالاً رشد ساقه‌چه و ریشه‌چه در مقایسه با فرآیند جوانه‌زنی به فشار تورژسانس بیشتری نیاز دارند. کاهش شاخص بینه بذر نیز به علت کاهش میزان رطوبت در دسترس بذر است که موجب می‌شود تا فعالیت آنزیمها در انتقال ذخایر آندوسپرم به شکل قابل استفاده برای رشد محورهای جنینی و سنتز ترکیبات

منابع

۱. توکل افشاری، ر، عباسی سورکی، ع، قاسمی، ا. ۱۳۸۷. فناوری بذر و مبانی زیست شناخت آن، تألیف: بلاک، م، دریک بیولی، ج، انتشارات دانشگاه تهران، شماره ۲۹۵۸، ۵۱۵ص.
۲. حجازی ا. ۱۳۷۳. تکنولوژی بذر، تألیف لامپتر، وه، انتشارات دانشگاه تهران، شماره ۲۲۲۲، ۴۴۲ص.

۳. زارع، ح. ۱۳۸۰. گونه‌های بومی و غیر بومی سوزنی‌برگ در ایران، انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، تهران، ۴۹۸ ص.
۴. سرمدنیا، غ.م. ۱۳۷۵. تکنولوژی بذر، تألیف کاپلند، ل.ا. و مک دونالد، م.ب. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، شماره ۱۹۷۳، ۲۸۸ ص.
۵. سلطانی، ا، فرجی، ا. ۱۳۸۶. رابطه آب خاک و گیاه، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، شماره ۳۲۹، ۲۴۶ ص.
۶. کافی، م، مهدوی دامغانی، ع. ۱۳۸۱. مکانیسم‌های مقاومت به تنش‌های محیطی در گیاهان، تألیف: آمار جیت اس. بسرا. و کا. بسرا. رانجیت، انتشارات دانشگاه فردوسی، مشهد، ۴۶۷ ص.
7. Adams, R. 1999. Germination of *Callitris* seeds in relation to temperature, water stress, priming, and hydration-dehydration cycles, *Journal of Arid Environments*, 43 (4): 437-448.
8. Beardmore, T, Wang, B.S.P, Penner, M, Scheer, G. 2008. Effects of seed water content and storage temperature on the germination parameters of white spruce, black spruce and lodgepole pine seed, *New Forests*, 36 (2):171-185.
9. Biradar, K.S, Salimath, P.M, Ravikumar, R.L. 2007. Genetic variability for seedling vigour, yield and yield Components in local germplasm collections of Greengram (*Vigna radiata* (L.) wilczek), *Karnataka Journal Agriculture Science*, 20 (3): 608-609.
10. Boydak, M, Duruk, H, Tulku, F, Alikoulu, M. 2003. Effects of Water Stress on Germination in Six Provenances of *Pinus brutia* Seeds from Different Bioclimatic Zones in Turkey, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 27: 91-97.
11. Caruso, A, Morabito, D, Delmotte, F, Kahlem, G, Carpin, S. 2002. Dehydrin induction during drought and osmotic stress in *Populus*, *Plant Physiology and Biochemistry*, 40 (12): 1033-1042.
12. Falleri E, Muller C, Laroppe E. 2004. Effect of water stress on germination of beechnuts treated before and after storage, *Canadian Journal of Forest Research*, 34(6): 1204-1209.
13. Falleri, E. 1994. Effect of water stress on germination in six provenances of *Pinus pinaster* Ait. *Seed Science Technolgy*, 22 (3): 591-599.
14. Falusi, M, Calamassi, R, Tocci, A. 1983. Sensitivity of seed germination and seedling root growth to moisture stress in four provenances of *Pinus halepensis* Mill., *Silvae Genetica*, 32 (1-2): 4-9.
15. Hardegree, S.P, Emmerich, W.E. 1990. Effect of polyethylene glycol exclusion on the water potential of solution-saturated filter paper, *Plant Physiology*, 92 (2): 462-466.
16. International Seed Testing Association, 2009. *International Rules for Seed Testing. Annexes*, Seed Science and Technology Journal, 37 (1-3): 21-36.
17. Kulkarni, M.G, Street, R.A, Staden, J.V. 2007. Germination and seedling growth requirements for propagation of *Dioscorea dregeana* (Kunth) Dur. and Schinz-A tuberous medicinal plant, *South African Journal of Botany*, 33: 131-137.
18. Lo'pez, R, Rodriguez-Calcerrada, J, Gil, L. 2009. Physiological and morphological response to water deficit in seedlings of five provenances of *Pinus canariensis*; potential to detect variation in drought-tolerance, *Trees*, 23 (3):509-519.
19. Lopez, M, Humara, J.M, Casares, A, Majada, J. 2000. The effect of temperature and water stress on laboratory germination of *Eucalyptus globulus* Labill. seeds of different sizes, *Annals of Forest Science*, 57 (3): 245-250.
20. Michel, B.E, Kaufmann, M.R. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000, *Plant Physiology*, 51: 914-916.
21. Muscolo, A, Sidari, M, Mallamaci, C, Attin, E. 2007. Changes in germination and glyoxylate and respiratory enzymes of *Pinus pinea* seeds under various abiotic stresses, *Journal of Plant Interactions*, 2 (4): 273 - 279.
22. Panwar, P, Bhardwaj, S.D. 2005. *Handbook of practical forestry*, Agrobios (INDIA), 191p.
23. Piotto, B, Di Noi, A. 2001. *Handbook of Propagation of Mediterranean trees and shrubs from seed*, APAT, 120p.
24. Sidari, M, Mallamaci, C, Muscolo, A. 2008. Drought, salinity and heat differently affect seed germination of *Pinus pinea*, *Journal of Forest Research*, 13 (5):326-330.
25. Sosa, L, Llanes, A, Reinoso, H, Reginato, M, Luna, V. 2005. Osmotic and Specific Ion Effects on the Germination of *Prosopis strombulifera*, *Annals of Botany*, 96 (2): 261-267.
26. Gebre, G.M, Tschaplinski, T.J. 2000. Role of osmotic adjustment in plant productivity. A summary report and review of current literature. *Environmental Science*, Publication No. 4961, 34p.

27. Uniyal, R.C, Nautiyal, A.R. 1998. Seed germination and seedling extension growth in *Ougeinia dalbergioides* Benth. under water and salinity stress, *New Forests*, 16 (3): 265–272.
28. Van Gastel, A.J.G, Pagnotta, M.A, Porceddu, E. 1996. Seed science and technology, ICARDA, 311p.
29. Zhu, J, Kang, H, Tan, H, Xu, M. 2006. Effects of drought stresses induced by polyethylene glycol on germination of *Pinus sylvestris* var. Mongolia seeds from natural and plantation forests on sandy land, *Journal of Forest Research*, 11 (5):319–328.

Effect of Water Stress on Some Physiological Characteristics of *Pinus brutia* and *P. halepensis* Seeds

Ahmadloo F.¹, Tabari M.¹, Behtari B.²

¹ Forestry Dept., Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Nour, I.R. of IRAN

² Range Management Dept., Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Nour, I.R. of IRAN

Abstract

To study the effect of water stress on some physiological characteristics of pinus seeds including germination percent, mean germination time, germination speed, germination energy and vigor index, a factorial experiment in Completely Randomized Block Design (CRBD) with five treatments of water potential and two tree species was conducted. The water potential of the germination substrates (0, -2, -4, -6 and -8 bars) was conducted using PEG-6000 solutions on *Pinus brutia* Ten. and *P. halepensis* Mill. seeds. The seeds were kept for 37 days in germinator (16 h photoperiod at 1000 lux and at 20 ± 0.5 °C). The results indicated that water stress had significant effect on seed physiological characteristics in both species. Decreasing water absorption potential from 0 to -8 bars, significantly reduced germination percent, germination speed, germination energy and vigor index in both species. The seeds of *P. halepensis* were more sensitive to deficiency of water availability in comparison with *P. brutia* seed.

Keywords: Polyethylene glycol 6000, Water stress, Pinus seed, Seed germination, Seed Vigor Index.