

بهبود صفات جوانه‌زنی در بذور کاج جنگلی (*Pinus sylvestris*)، کاج سیاه (*P. nigra*) و کاج بروسیا (*P. brutia*) با استفاده از پیش تیمار پلی اتیلن گلیکول

وحیده پیام نور^{۱*}، وجیهه قندهاری^۲ و حلیمه امیریان^۲

^۱ دانشیار دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان
^۲ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۵/۲۸)

چکیده

جوانه‌زنی و استقرار مطلوب بذر از مهم‌ترین مسائل در تیمارهای پیش از کاشت است. اسموپرایمینگ بذر به‌عنوان یک تیمار پیش‌رویشی برای افزایش صفات جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه به‌ویژه در شرایط نامطلوب مطرح است. در این تحقیق، اثر اسموپرایمینگ بر صفات جوانه‌زنی (درصد جوانه‌زنی، میانگین حداکثر جوانه‌زنی روزانه، سرعت جوانه‌زنی، میانگین زمان جوانه‌زنی، ارزش جوانه‌زنی) بذور کاج جنگلی، کاج سیاه و کاج بروسیا در شرایط کنترل به‌منظور تعیین بهترین تیمار بررسی شد. آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام گرفت که فاکتورهای اصلی شامل زمان (صفر، ۱، ۲ و ۳ روز) و پتانسیل اسمزی (۰/۸، ۱/۲ و ۱/۵ مگاپاسکال) با استفاده از پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ بودند. نتایج تحقیق نشان داد که بین تیمارهای اعمال شده و صفات جوانه‌زنی در هر سه گونه تفاوت معناداری وجود دارد و کلیه صفات بررسی شده تحت تأثیر اسموپرایمینگ بهبود می‌یابند. بیشترین فاکتورهای جوانه‌زنی به‌ترتیب برای کاج جنگلی و کاج سیاه با تیمار یک روز نگهداری و غلظت ۰/۸، مگاپاسکال (پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰) و برای کاج بروسیا با محلول ۱/۲ مگاپاسکال و دو روز نگهداری در مقایسه با شاهد ثبت شد؛ بنابراین می‌توان گفت که برای افزایش تولید کمی و کیفی نهال این گونه‌ها در نهالستان باید تیمارهای قبل از کاشت بیشتر لحاظ شوند.

واژه‌های کلیدی: اسموپرایمینگ، پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی.

مقدمه

برگ‌های این درختان، رویش به‌نسبت سریع بسیاری از گونه‌ها، زیبایی ظاهری آنها (به‌ویژه در جوانی)، قابلیت تولید چوب پرمصرف در صنایع مختلف، مقاومت زیاد در برابر آلودگی هوا و مهم‌تر از همه کم‌نیاز بودن این درختان از اهمیت بسزایی برخوردار است (Asadi & Bagheri, 2002). آماده‌سازی بذور یا پرایمینگ بذر، واژه‌ای کلی است که به روش‌های مختلف آب‌گیری بذر در شرایط کنترل شده اشاره

گونه‌های سوزنی‌برگ از دیرباز، به‌دلیل نرمش اکولوژیکی و امکان استفاده در ایجاد فضای سبز کانون توجه بوده‌اند. از آنجا که تکثیر و ازدیاد قریب به اتفاق این درختان از طریق جنسی (کاشت بذر) صورت می‌گیرد، آگاهی از تیمارهای لازم روی بذرها قبل از کاشت به‌منظور تکثیر این درختان با ارزش و ویژگی‌های منحصر به فردی مانند همیشه‌سبز بودن

پلی اتیلن گلیکول به‌عنوان یک محلول اسموپرایمینگ در تحقیقات زیادی استفاده شده و به‌عنوان راهی برای ایجاد شرایط مناسب جوانه‌زنی در زمان‌های کوتاه و افزایش جوانه‌زنی در گیاهان مختلف پیشنهاد شده است. تحقیقات در این زمینه بر روی بذور درختان جنگلی اندک است و نتایج متفاوتی در مورد تأثیرات آن گزارش شده است که برای نمونه به موارد زیر می‌توان اشاره کرد:

Paci (1987) بذره‌های *Pinus nigra* و *Larix deciduas* و *Pseudotsuga menziesii* را تحت تیمار محلول PEG در ۱۵ درجه سانتی‌گراد با پتانسیل‌های اسمزی و تیمارهای زمانی مختلف قرار داد و مشاهده کرد که پتانسیل اسمزی ۵/۸- بار بهترین نتیجه را از همه جهات داشت و همه بذره‌های تحت تیمار با PEG از *P.menziesii* و یک نمونه از بذره‌های *P.nigra* بیشترین درصد جوانه‌زنی را نسبت به بذره‌های شاهد و بدون تیمار نشان داد، ولی درصد جوانه‌زنی بذره‌های *L.decidua* به‌وسیله تیمار PEG تحت تأثیر قرار نگرفت.

بذره‌های *P. taeda*, *P. elliotti* و *P. echinata* توسط Hallgren (1989) تحت تأثیر محلول پلی اتیلن گلیکول با فشار اسمزی ۰/۸- تا ۱/۴- مگاپاسکال قرار گرفت. در *P.taeda* و *P.echinata* پرایمینگ اسمزی، درصد رویش و جوانه‌زنی نهایی و سرعت جوانه‌زنی را افزایش داد، اما در *P.elliotti* کاملاً زیان‌بخش بود و به‌طور کلی پرایمینگ محلول با پتانسیل اسمزی کمتر یعنی ۰/۸- و ۱- Mpa بیشترین تأثیر را داشت. در تحقیقی دیگر اثر پرایمینگ اسمزی بر جوانه‌زنی بذره‌های *P. sylvestris* var. *mongolica* و *Larix gmelinii* مطالعه شد که در نتیجه جوانه‌زنی کلی، سرعت جوانه‌زنی و توانایی و انرژی هر دو گونه پس از تیمار اسمزی بهبود یافت (Huang & Zon, 1989). تیمار بذره‌های *Pinus banksiana* در ۱۰ درصد پلی اتیلن گلیکول ۸۰۰۰ برای دو، چهار و شش روز در مقایسه با بذور

دارد، اما در این حالت از کامل شدن جوانه‌زنی یعنی مرحله سوم ممانعت به‌عمل می‌آید؛ به‌عبارتی تمام روش‌های آماده‌سازی اسمزی به جذب کنترل‌شده آب و رسیدن به حد بحرانی رطوبت که در شرایط محیطی کنترل‌شده فعالیت را راه‌اندازی کند، اشاره دارند (Wien, 1995). روش‌های پرایمینگ متعددی وجود دارند که عبارت‌اند از: هیدروپرایمینگ (جذب آب)، هالوپرایمینگ (جذب در محلول نمکی غیرآلی)، اسموپرایمینگ (جذب در محلول‌های اسمزی مختلف آلی)، ترموپرایمینگ (تیمار بذر با دمای زیاد یا کم)، پرایمینگ در ماتریس جامد (تیمار بذر با ماتریس‌های جامد) و بیوپرایمینگ (هیدراسیون با استفاده از ترکیبات بیولوژیک (Chen & Arora, 2011)). هر روش مزایا و معایبی داشته و بسته به نوع گیاه، مرحله رشد گیاه غلظت و مقدار عامل پرایمینگ، تأثیرات مختلفی دارد. اسموپرایمینگ که به اسموکاندیشنینگ^۱ یا اسموتیک کاندیشنینگ^۲ هم معروف است، کاربردی‌ترین نوع آماده‌سازی بذور است که در آن بذور در محلول‌هایی با پتانسیل اسمزی کم قرار می‌گیرند. از جمله موادی که موجب ایجاد تنش اسمزی می‌شود، می‌توان به محلول‌های خنثی با وزن مولکولی زیاد مثل پلی اتیلن گلیکول (8000, PEG 6000)، ترکیبات معدنی مثل کلرید سدیم، مونوفسفات پتاسیم، نیترات پتاسیم، سولفات منیزیم، تری فسفات پتاسیم و دی فسفات پتاسیم و همچنین ترکیبات آلی با وزن مولکولی کم مثل گلیسرول و مانیتول اشاره کرد (Farooq et al., 2005; Wien, 1995).

پلی اتیلن گلیکول‌ها، پلیمرهای چگال از اتیلن اکساید و آب با فرمول عمومی $H(OCH_2CH_2)_nOH$ و مهم‌ترین نوع تجاری از گروه پلی‌اترها هستند. این ماده غیرسمی، بی‌بو، خنثی، روان‌کننده و غیر التهاب‌زاست و در بسیاری از موارد به‌کار می‌رود. از

1 Osmoconditioning

2 Osmotic conditioning

درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی و بیشترین رشد نهال را داشتند. هدف از اجرای این آزمایش مطالعه تأثیر اسموپرایمینگ با استفاده از پلی اتیلن گلیکول بر صفات جوانه‌زنی کاج جنگلی، کاج سیاه و کاج بروسیا است.

مواد و روش‌ها

شیوه اجرای پژوهش

بذور کاج جنگلی (*P. sylvestris*)، کاج سیاه (*P. nigra*) و کاج بروسیا (*P. brutia*) از مرکز بذر آمل به ترتیب با مبدأ جمع‌آوری فریم سنگده، خوجه صالح گرگان، و خرم‌آباد لرستان تهیه و قبل از کاشت در محلول‌های ۰/۸، ۱/۲ و ۱/۵ مگاپاسکال پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ به مدت یک، دو و سه روز در دمای ثابت ۲۵ درجه سانتی‌گراد خیس‌اندازه شدند. برای تهیه فشار اسمزی با پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ از رابطه (Michel, 1983) استفاده شد. بذور شاهد به مدت ۱، ۲ و ۳ روز در آب (فاقد PEG) هیدروپرایم شدند. بذور با سه تکرار در گلدان‌های پلاستیکی در عمق سه برابر اندازه بذر و در ماسه شسته شده کاشته شدند. آبیاری گلدان‌ها در دو نوبت صبح و عصر صورت پذیرفت. تعداد بذور جوانه‌زده به صورت روزانه تا سبز شدن تمامی بذور دارای قوه نامیه، که به طور میانگین برای هر گونه ۳۰ تا ۳۵ روز طول کشید شمارش و ثبت شد.

صفات جوانه‌زنی بررسی شده شامل درصد جوانه‌زنی (رابطه ۱)، میانگین حداکثر جوانه‌زنی روزانه (رابطه ۲)، سرعت جوانه‌زنی (رابطه ۳)، میانگین زمان جوانه‌زنی (رابطه ۴)، ارزش جوانه‌زنی (رابطه ۵) با آزمایش فاکتوریل دو عامله (غلظت × زمان) در قالب طرح کاملاً تصادفی و نرم‌افزار SAS محاسبه شد.

رابطه ۱ $Germination\ rate = n/N \times 100$

رابطه ۲

$Maximum\ mean\ daily\ germination\ (PV) = Cgp/ti$

شاهد در حدود دو روز زودتر جوانه زد و محتوای اولیه، ATP زیادی در دوره پرایمینگ داشت (Bourgeois & Malek, 1991). بررسی اثر تیمار محلول پلی اتیلن گلیکول ۸۰۰۰ با پتانسیل اسمزی ۰ تا -۸ بار در دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد بر جوانه‌زنی شش پروونانس *P. pinaster* توسط Falleri (1994) مطالعه شد که در نتیجه اختلاف معنی‌داری بین پروونانس‌ها پیدا شد. اثر پرایمینگ محلول پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ بین ۰ و -۸ بار بر جوانه‌زنی شش پروونانس از بذورهای *P. brutia* از نواحی آب‌وهوایی مختلف ترکیه توسط Boydak (2003) بررسی شد که نتایج نشان داد با کاهش پتانسیل اسمزی درصد جوانه‌زنی و ارزش جوانه‌زنی کاهش یافت و تفاوت معنی‌داری بین پروونانس‌ها وجود داشت. اثر پلی اتیلن گلیکول (PEG) با غلظت‌های ۰، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درصد با چهار تکرار بر جوانه‌زنی بذر *P. sylvestris* var. *mongolica* در جنگل‌های دست‌کاشت و طبیعی بررسی شد. بذرها از هر دو پروونانس در غلظت‌های بیشتر از ۲۵ درصد پلی اتیلن گلیکول سبز نشدند. انرژی جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی و همچنین مقاومت به استرس بذورهای طبیعی به طور معنی‌داری بیشتر از بذورهای مزرعه برای همه سطوح تیمار بود و توصیه شد که بذورهای طبیعی برای جنگلکاری استفاده شوند (Zhu et al., 2006). تأثیر تیمار اسمزی PEG ۶۰۰۰ بر بذورهای *P. tabulaeformis* مطالعه شد که نتایج، بیانگر تأثیر مثبت بر بذرها بود و روی هم‌رفته برای جوانه‌زنی بذر کاج چینی مفید و کمک‌کننده بود (Fenghou et al., 2008). پرایمینگ اسمزی بذورهای *Mimosa bimucronata* (یک گونه درختی منطقه‌ای گرمسیری در برزیل) در محلول آبی PEG ۸۰۰۰ با پتانسیل اسمزی ۰/۸ - Mpa که برای ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت پرایم شده بودند توسط Brancalion et al. (2008) بررسی شد. نتایج نشان داد که بذورهای پرایم شده برای ۴۸ ساعت، بیشترین

نتایج

تأثیرات اسموپرایمینگ با غلظت‌های مختلف پلی‌اتیلن گلیکول بر صفات جوانه‌زنی سه گونه کاج بروسیا، کاج جنگلی و کاج سیاه به صورت جداگانه ارزیابی شد:

الف) کاج بروسیا (*P. brutia*)

نتایج تجزیه واریانس حاصل از بررسی تأثیر تیمارهای اسموپرایمینگ بر صفات جوانه‌زنی بررسی شده در گونه کاج بروسیا نشان می‌دهد که تیمارهای اسموپرایمینگ، کلیه صفات جوانه‌زنی یعنی درصد جوانه‌زنی، میانگین حداکثر جوانه‌زنی روزانه، سرعت جوانه‌زنی، میانگین زمان جوانه‌زنی و ارزش جوانه‌زنی را در گونه کاج بروسیا در سطح اطمینان ۹۹ درصد تحت تأثیر قرار دادند (جدول ۱).

$$\text{رابطه ۳} \quad \text{Germination speed} = \sum(n_i/t_i)$$

$$\text{رابطه ۴} \quad \text{Mean time to germination} = \sum(n_i \cdot t_i) / \sum n$$

$$\text{رابطه ۵} \quad \text{Germination value} = \text{final MDG} \times \text{PV}$$

n تعداد کل بذورهای جوانه‌زده در طی دوره؛ N تعداد بذورهای کاشته‌شده؛ Cgp درصد تجمعی روز جوانه‌زنی در روز شمارش؛ t_i تعداد روزهای پس از شروع جوانه‌زنی؛ n_i تعداد بذورهای جوانه‌زده در فاصله زمانی مشخص t_i؛ MDG میانگین جوانه‌زنی روزانه $\sum Cpsgt/T$ - درصد جوانه‌زنی بذورهای جوانه‌زده در طی دوره؛ T- طول کل دوره جوانه‌زنی

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس بین تیمارهای اسموپرایمینگ و صفات جوانه‌زنی در کاج بروسیا

| میانگین مربعات | | | | | | |
|----------------|------------|----------------|---------------------------------|----------------|------------------------|----------------|
| منبع تغییرات | درجه آزادی | درصد جوانه‌زنی | میانگین حداکثر جوانه‌زنی روزانه | سرعت جوانه‌زنی | میانگین زمان جوانه‌زنی | ارزش جوانه‌زنی |
| غلظت | ۳ | ۴۲۴/۷** | ۰/۴۳** | ۰/۰۳۳** | ۱۰/۳۹** | ۲/۶۰** |
| زمان | ۲ | ۳۶۷۵/۶** | ۰/۴۲** | ۰/۰۴** | ۴۸۱/۵** | ۳/۰۷** |
| غلظت × زمان | ۶ | ۱۳۵۸/۱** | ۰/۵۲** | ۰/۰۴۴** | ۵۹/۵** | ۳/۳۲** |
| خطا | ۲۴ | ۴۱/۶۶ | ۰/۹۱۸ | ۰/۰۰۳ | ۱/۶۰۳ | ۰/۲۹۴ |
| ضریب تغییرات | - | ۱۲/۸۷ | ۱۴/۷۵ | ۱۵/۱۲ | ۴/۸۹ | ۲۸/۸ |

** در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است.

تیمار قبلی دارد. افزایش درصد جوانه‌زنی بذور تیمار شده دو و سه‌روزه با پلی‌اتیلن گلیکول در هر سه غلظت نسبت به شاهد جالب توجه است. ارزش جوانه‌زنی نیز در اثر تیمار در هر سه غلظت و هر سه زمان نسبت به شاهد افزایش دارد. از بین تیمارهای شاهد، خیساندن یک روزه در آب نتایج مناسب‌تری به دست داد. با افزایش زمان هیدروپرایم، خصوصیات جوانه‌زنی کاهش چشمگیری یافتند، به نحوی که

نتایج مقایسه میانگین اثر تیمارها بر صفات جوانه‌زنی کاج بروسیا در جدول ۲ ارائه شده است. بهترین نتایج از اعمال سه‌روزه تیمار ۱/۵ مگاپاسکال پلی‌اتیلن گلیکول حاصل شده است، به نحوی که تمام صفات بررسی شده در این تیمار در بیشترین مقادیر خود هستند؛ در عین حال پرایم دو روزه پلی‌اتیلن گلیکول در غلظت ۱/۲ نیز نتایج بسیار خوبی حاصل کرد و فقط میانگین زمان جوانه‌زنی کمتری نسبت به

درصد جوانه‌زنی از ۵۳ درصد در خیساندن یک روزه به ۲۳ درصد در هیدروپرایم سه‌روزه تقلیل یافت.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر تیمارهای اسموپرایمینگ بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی در کاج بروسیا

| غلظت | زمان | درصد جوانه‌زنی | میانگین حداکثر جوانه‌زنی روزانه | سرعت جوانه‌زنی | میانگین زمان جوانه‌زنی | ارزش جوانه‌زنی |
|------|-------|--------------------------|---------------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| ۰ | روز ۱ | ۵۳/۳ ^c ±۰/۱۲ | ۱/۴۱ ^b ±۰/۰۹۶ | ۰/۴۴ ^b ±۰/۰۱ | ۲۶/۲ ^b ±۲/۳۰ | ۲ ^b ±۰/۰۰۴ |
| ۰ | روز ۲ | ۴۵ ^c ±۰/۰۰۴ | ۱/۰۲ ^c ±۰/۰۱۲ | ۰/۳۲ ^c ±۰/۰۲۴ | ۳۰/۹۲ ^a ±۰/۰۱۵ | ۱/۰۴ ^c ±۰/۰۱۱ |
| ۰ | روز ۳ | ۲۳/۳ ^d ±۰/۰۹۶ | ۰/۶۴ ^d ±۰/۱۹ | ۰/۲۳ ^d ±۰/۰۷۴ | ۲۳/۵ ^d ±۱/۰۰۲ | ۰/۴۱ ^d ±۰/۰۰۴ |
| ۰/۸ | روز ۱ | ۱۸/۳ ^d ±۰/۱۲۳ | ۰/۸۳ ^d ±۰/۱۲۰ | ۰/۲۴ ^d ±۰/۰۲۲ | ۱۶/۶ ^e ±۰/۰۴۷ | ۰/۷۲ ^d ±۰/۰۱۰ |
| ۰/۸ | روز ۲ | ۶۸/۳ ^b ±۲/۰۱۲ | ۱/۵۷ ^b ±۰/۰۲۲ | ۰/۴۴ ^b ±۰/۰۰۱ | ۳۲/۳ ^a ±۰/۰۰۶ | ۲/۴۷ ^b ±۰/۰۴۱۰ |
| ۰/۸ | روز ۳ | ۶۳/۳ ^b ±۰/۱۸۰ | ۱/۵۵ ^b ±۰/۱۴ | ۰/۴۳ ^b ±۰/۰۰۶ | ۳۰/۱ ^a ±۰/۰۱۴ | ۲/۳۲ ^b ±۰/۰۳۳ |
| ۱/۲ | روز ۱ | ۲۳/۳ ^d ±۰/۲۳ | ۱/۰۸ ^c ±۰/۰۰۷ | ۰/۳۱ ^c ±۰/۰۴۱ | ۱۵/۸ ^e ±۰/۸۴ | ۱/۱۶ ^c ±۰/۰۰۸ |
| ۱/۲ | روز ۲ | ۷۶/۶ ^a ±۰/۱۴۰ | ۲/۰۵ ^a ±۰/۶۶ | ۰/۶ ^a ±۰/۰۰۸ | ۲۶/۸۸ ^b ±۰/۹۹ | ۳/۸۸ ^a ±۰/۰۳۹ |
| ۱/۲ | روز ۳ | ۶۸/۳ ^b ±۶/۷۰ | ۱/۴۹ ^b ±۰/۴۰۱ | ۰/۴ ^b ±۰/۰۰۶ | ۳۰/۵ ^a ±۰/۰۱۰ | ۲/۲۱ ^b ±۰/۰۶۸ |
| ۱/۵ | روز ۱ | ۲۵ ^d ±۲/۰۱۱ | ۱/۱۴ ^c ±۰/۰۷۷ | ۰/۳۵ ^b ±۰/۰۸۷ | ۱۵/۶ ^e ±۰/۳۱۲ | ۱/۳۷ ^c ±۰/۰۷۵ |
| ۱/۵ | روز ۲ | ۵۶ ^c ±۲/۰۵۷ | ۱/۳۱ ^b ±۰/۳۵ | ۰/۳۹ ^b ±۰/۰۱۴ | ۳۱/۱ ^a ±۰/۰۵۲ | ۱/۷۶ ^b ±۰/۰۶۲ |
| ۱/۵ | روز ۳ | ۸۰ ^a ±۳/۳۳ | ۱/۷۷ ^a ±۰/۰۹۶ | ۰/۵۶ ^a ±۰/۰۳۶ | ۳۰/۳ ^a ±۰/۰۰۴ | ۳/۱۵ ^a ±۰/۱۱۰ |

حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار مربوط به هر ستون است.

جوانه‌زنی با استفاده از تیمارهای اسموپرایمینگ در گونه کاج جنگلی به غیر از اثر مستقل غلظت بر درصد جوانه‌زنی، در سایر موارد هم در اثرهای مستقل و هم در اثرهای متقابل، تفاوت معناداری را در سطح اطمینان ۹۹ درصد نشان می‌دهند (جدول ۳).

پرایم سه‌روزه بذور کاج بروسیا با پلی‌اتیلن گلیکول با غلظت ۱/۵ مگاپاسکال به‌عنوان تیمار برتر پیشنهاد می‌شود (جدول ۲).

(ب) کاج جنگلی (*P. sylvestris*)

نتایج تجزیه واریانس حاصل از بررسی صفات

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس بین تیمارهای اسموپرایمینگ و صفات جوانه‌زنی در کاج جنگلی

| میانگین مربعات | | | | | | |
|----------------|------------|--------------------|---------------------------------|--------------------|------------------------|----------------------|
| منبع تغییرات | درجه آزادی | درصد جوانه‌زنی | میانگین حداکثر جوانه‌زنی روزانه | سرعت جوانه‌زنی | میانگین زمان جوانه‌زنی | ارزش جوانه‌زنی |
| غلظت | ۳ | ۲۱۷ ^{ns} | ۱۰/۷ ^{**} | ۰/۸۳ ^{**} | ۶۱/۴۲ ^{**} | ۳۰۶/۰۵ ^{**} |
| زمان | ۲ | ۱۳۵۶ ^{**} | ۱۵/۱ ^{**} | ۰/۹۵ ^{**} | ۶۳/۵۳ ^{**} | ۸۶۸/۲ ^{**} |
| غلظت*زمان | ۶ | ۶۸۷ ^{**} | ۱۶/۸۶ ^{**} | ۱/۲۸ ^{**} | ۲۷/۳۱ ^{**} | ۶۷۳/۴ ^{**} |
| خطا | ۲۴ | ۸۲/۶ | ۰/۵۸ | ۰/۰۵۳ | ۷۰/۳۴ | ۱۶/۱ |
| ضرب تغییرات | - | ۱۴/۵۴ | ۱۴/۷۰ | ۱۵/۴۲ | ۱۳/۸۱ | ۲۵/۹۰ |

^{ns} غیر معنی‌دار؛ ^{**} معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.

هیدروپرایمینگ سه‌روزه (شاهد- خیساندن در آب) نتایج بهتری در صفات بررسی‌شده ایجاد کرد (جدول ۴).

بیشترین درصد جوانه‌زنی در تیمار سه‌روزه شاهد و همچنین اسموپرایمینگ یک‌روزه در غلظت ۰/۸ و ۱/۲ حاصل شد اما به‌طور کلی اعمال تیمار یک‌روزه پلی‌اتیلن گلیکول با غلظت ۰/۸ و همچنین

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر تیمارهای اسموپرایمینگ بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی در کاج جنگلی

| غلظت | زمان | درصد جوانه‌زنی | میانگین حداکثر جوانه‌زنی روزانه | سرعت جوانه‌زنی | میانگین زمان جوانه‌زنی | ارزش جوانه‌زنی |
|------|-------|---------------------------|---------------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|
| ۰ | روز ۱ | ۵۶/۶ ^b ± ۳/۰۰۲ | ۴/۴۶ ^d ± ۰/۰۰۹ | ۱/۲۱ ^b ± ۰/۰۸۹ | ۱۰/۷۲ ^c ± ۱/۱۴۰ | ۱۰/۳۹ ^d ± ۲/۰۰۰ |
| ۰ | روز ۲ | ۶۸/۳ ^b ± ۱/۰۱۴ | ۵/۹۱ ^c ± ۰/۴۱۲ | ۱/۷۱ ^b ± ۰/۰۸۹ | ۹/۱۰ ^d ± ۰/۰۵۸ | ۱۸/۲۱ ^c ± ۱/۱۲۱ |
| ۰ | روز ۳ | ۷۶/۶ ^a ± ۰/۵۰۱ | ۹/۴۴ ^a ± ۱/۱۰۱ | ۲/۷۹ ^a ± ۰/۰۴۵ | ۶/۴۰ ^d ± ۰/۰۰۵ | ۴۲/۱۵ ^a ± ۰/۰۹۸ |
| ۰/۸ | روز ۱ | ۸۶/۶۶ ^a ± ۰/۱۱ | ۸/۲۱ ^a ± ۰/۰۶۲ | ۲/۱۷ ^a ± ۰/۱۰۰ | ۸/۸۴ ^d ± ۰/۴۲۰ | ۳۵/۶۶ ^a ± ۰/۱۱۱ |
| ۰/۸ | روز ۲ | ۴۱/۶ ^c ± ۰/۰۳۲ | ۲/۹۰ ^e ± ۲/۰۵ | ۰/۷۹ ^c ± ۰/۰۳۲ | ۱۷/۳۹ ^a ± ۱/۰۰۱ | ۲/۸۸ ^e ± ۰/۰۲۸ |
| ۰/۸ | روز ۳ | ۴۳/۳ ^c ± ۰/۰۱۲ | ۲/۹۶ ^e ± ۰/۴۱ | ۰/۹۱ ^c ± ۰/۴۲۰ | ۱۶/۰۶ ^a ± ۰/۷۸۰ | ۳/۰۹ ^e ± ۰/۰۶۶ |
| ۱/۲ | روز ۱ | ۸۶/۶ ^a ± ۱/۰۱۱ | ۸/۱۲ ^b ± ۰/۰۰۱ | ۲/۲۱ ^a ± ۰/۰۷۹ | ۸/۸۲ ^d ± ۲/۰۰۱ | ۳۳/۹۲ ^b ± ۰/۰۷۹ |
| ۱/۲ | روز ۲ | ۵۶/۶ ^b ± ۰/۱۱۰ | ۴/۲۲ ^d ± ۰/۹۸ | ۱/۲۶ ^b ± ۰/۰۵۶ | ۱۲/۵۵ ^c ± ۰/۰۳۹ | ۵/۸۷ ^e ± ۰/۱۱۸ |
| ۱/۲ | روز ۳ | ۵۵ ^b ± ۰/۹۵ | ۳/۸۱ ^e ± ۰/۶۳ | ۱/۲۰ ^b ± ۱/۰۰۰ | ۱۵/۴۲ ^b ± ۰/۰۰۶ | ۴/۸۲ ^e ± ۰/۳۳۵ |
| ۱/۵ | روز ۱ | ۶۸/۳ ^b ± ۰/۰۰۲ | ۴/۵۸ ^d ± ۰/۰۱۴ | ۱/۴۰ ^b ± ۰/۰۷۸ | ۱۰/۷۲ ^c ± ۰/۰۳۶ | ۱۸/۶۳ ^e ± ۱/۷۷ |
| ۱/۵ | روز ۲ | ۵۱/۶ ^b ± ۰/۶۱۰ | ۳/۳۶ ^e ± ۰/۰۶۳ | ۱/۰۲ ^b ± ۰/۳۲۰ | ۱۷/۴۰ ^a ± ۰/۰۰۳ | ۴/۳۴ ^e ± ۱/۰۰۲ |
| ۱/۵ | روز ۳ | ۵۸/۳ ^b ± ۰/۳۲۱ | ۴/۲۳ ^d ± ۰/۲۰۲ | ۱/۲۹ ^b ± ۰/۰۹۲ | ۱۵/۲۱ ^b ± ۱/۱۲۲ | ۶/۱۳ ^e ± ۰/۰۷۴ |

حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار مربوط به هر ستون است.

تیمارهای اسموپرایمینگ تأثیر زیادی بر صفات جوانه‌زنی داشته‌اند، به طوری که بیشتر تیمارهای اعمال‌شده موجب بهبود درصد جوانه‌زنی نسبت به شاهد شد. از نظر دیگر فاکتورهای مورد اندازه‌گیری، بهترین نتایج از اعمال یک‌روزه پلی‌اتیلن گلیکول حاصل شد. درصد جوانه‌زنی در این تیمار به ۹۵ درصد و ارزش جوانه‌زنی به بیشترین درجه خود رسید. درصد جوانه‌زنی و ارزش زیاد جوانه‌زنی در تیمار دوروزه با غلظت ۱/۵ نیز حاصل شد. در این تیمار سرعت جوانه‌زنی نسبت به شاهد افزایش داشت، اما از تیمار برتر ذکرشده در بالا کمتر بود. از بین تیمارهای شاهد اعمال‌شده، خیساندن یک‌روزه بذور در

پرایم یک‌روزه بذور کاج بروسیا با پلی‌اتیلن گلیکول با غلظت ۰/۸ مگاپاسکال و همچنین هیدروپرایم سه‌روزه به‌عنوان تیمار برتر پیشنهاد می‌شود (جدول ۲).

ج) کاج سیاه (*P. nigra*)

جدول ۵ نتایج تجزیه واریانس بین تیمارهای اسموپرایمینگ و صفات جوانه‌زنی را در کاج سیاه نشان می‌دهد.

نتایج مقایسه میانگین اثر تیمارهای اسموپرایمینگ بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی در کاج سیاه که در جدول ۶ نمایش داده شده است، نشان می‌دهد

آب نسبت به دو زمان دیگر نتایج بهتری در همه موارد داشتند. با افزایش زمان هیدروپرایم، مقادیر مربوط به صفات جوانه‌زنی کاهش داشتند. این مساله در فاکتور درصد جوانه‌زنی، به اوج رسیده و از ۷۵ (تیمار یک روزه) به ۳۱ درصد (تیمار سه‌روزه) رسید. تیمار یک روزه بذور کاج سیاه با ۰/۸ مگاپاسکال پلی‌اتیلن گلیکول به‌عنوان تیمار برتر معرفی می‌شود.

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس بین تیمارهای اسموپرایمینگ و صفات جوانه‌زنی در کاج سیاه

| میانگین مربعات | | میانگین زمان جوانه‌زنی | | میانگین حداکثر جوانه‌زنی روزانه | | درصد جوانه‌زنی | | درجه آزادی | | منبع تغییرات | |
|----------------|---------|------------------------|---------|---------------------------------|----|----------------|--|------------|--|--------------|--|
| ۱۱۹/۳* | ۱۹/۳۳** | ۰/۲۷۰** | ۳/۲۲** | ۱۷۸۴/۰۲** | ۳ | غلظت | | | | | |
| ۱۰۵۲/۲** | ۴۲/۲۷** | ۱/۴۵** | ۲۲/۵۶** | ۱۱۳۱/۲** | ۲ | زمان | | | | | |
| ۱۰۹/۳** | ۹/۲۳* | ۰/۱۱۸* | ۲/۵۲** | ۲۵۳/۴ ^{NS} | ۶ | غلظت*زمان | | | | | |
| ۷۵۶/۵ | ۸۸/۵ | ۱/۱۱۱ | ۰/۶۳۶ | ۱۳۴/۷ | ۲۴ | خطا | | | | | |
| ۳۲/۸۸ | ۱۶/۲۲ | ۱۳/۷۴ | ۱۵/۲۲ | ۱۵/۳۹ | - | ضریب تغییرات | | | | | |

* و ** به ترتیب در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد معنی‌دار است.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر تیمارهای اسموپرایمینگ بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی در کاج سیاه

| غلظت | زمان | درصد جوانه‌زنی | میانگین حداکثر جوانه‌زنی روزانه | سرعت جوانه‌زنی | میانگین زمان جوانه‌زنی | ارزش جوانه‌زنی |
|------|-------|---------------------------|---------------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|
| ۰ | روز ۱ | ۷۵ ^b ±۱/۰۲۰ | ۶/۱ ^b ±۰/۰۵۶ | ۱/۷۲ ^b ±۰/۰۱۸ | ۱۰/۰۵ ^b ±۰/۰۶۵ | ۱۸/۸ ^b ±۰/۰۵۱ |
| ۰ | روز ۲ | ۵۸/۳ ^c ±۰/۸۹۰ | ۵/۴ ^b ±۰/۰۱۴ | ۱/۶۰ ^b ±۰/۰۱۲۱ | ۸/۰۷ ^c ±۰/۰۹۵۵ | ۱۹/۵۸ ^b ±۰/۱۱۲ |
| ۰ | روز ۳ | ۳۱/۶۶ ^c ±۰/۰۵۲ | ۱/۷۶ ^d ±۰/۰۱۴۵ | ۰/۷۳ ^d ±۰/۰۰۲ | ۱۱/۶۶ ^b ±۰/۰۲۲۱ | ۲/۷۷ ^e ±۰/۰۳۶۹ |
| ۰/۸ | روز ۱ | ۹۵ ^a ±۱/۰۰۰ | ۷/۵ ^a ±۰/۰۳۲۰ | ۲/۲۲ ^a ±۰/۰۴۱۲ | ۹/۲ ^c ±۰/۰۶۵۲ | ۳۶/۷ ^a ±۰/۰۸۸ |
| ۰/۸ | روز ۲ | ۸۸/۳ ^a ±۰/۰۶۲۱ | ۵/۷۲ ^b ±۱/۰۰۵ | ۱/۷۳ ^b ±۰/۰۶۵۸ | ۱۲/۰۷ ^b ±۱/۰۰۴ | ۲۱/۴ ^a ±۱/۰۱۴ |
| ۰/۸ | روز ۳ | ۷۸/۳ ^b ±۰/۰۲۱۰ | ۴/۴۴ ^c ±۱/۰۳۳ | ۱/۳۵ ^c ±۰/۰۰۹ | ۱۵/۱۶ ^a ±۰/۰۱۹۸ | ۸/۶۰ ^d ±۰/۰۵۰ |
| ۲ | روز ۱ | ۷۶/۶ ^b ±۰/۰۹۰۰ | ۵/۷۵ ^b ±۰/۰۱۷ | ۱/۷۰ ^b ±۰/۰۱۰ | ۹/۹۸ ^b ±۰/۰۱۹۸ | ۲۱/۷ ^a ±۱/۰۷۷ |
| ۱/۲ | روز ۲ | ۸۶/۶ ^a ±۱/۰۱۲۲ | ۵/۷۶ ^b ±۰/۰۶۴ | ۱/۷۷ ^b ±۰/۰۲۲ | ۱۱/۹۹ ^a ±۱/۰۱۱۱ | ۱۷/۲ ^b ±۰/۰۳۷ |
| ۱/۲ | روز ۳ | ۷۳/۳ ^b ±۰/۰۴۴ | ۴/۴۸ ^c ±۰/۰۳۲۵ | ۱/۳۲ ^c ±۰/۰۲۵ | ۱۳/۴۸ ^a ±۰/۰۹۹۰ | ۸/۳۷ ^d ±۰/۰۰۱ |
| ۱/۵ | روز ۱ | ۸۶/۶ ^a ±۰/۰۹۶۰ | ۶/۷ ^a ±۱/۰۰۱ | ۱/۸۰ ^b ±۰/۰۳۹ | ۱۰/۲۲ ^b ±۰/۰۱۲۵ | ۲۹/۶ ^a ±۰/۰۶۳۰ |
| ۱/۵ | روز ۲ | ۸۰ ^a ±۰/۰۹۳۳ | ۴/۵۶ ^c ±۰/۰۹۴۴ | ۱/۴۷ ^b ±۰/۰۲۱۰ | ۱۵/۸ ^a ±۰/۰۳۶۲ | ۸/۶۹ ^d ±۰/۰۸۱ |
| ۱/۵ | روز ۳ | ۷۷ ^b ±۰/۰۰۱ | ۴/۵۴ ^c ±۰/۰۴۵۰ | ۱/۳۲ ^c ±۰/۰۱۴۲ | ۱۴/۲ ^a ±۱/۰۰۰ | ۱۲/۳۴ ^c ±۱/۰۰۹ |

حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار مربوط به هر ستون است.

بحث

Zhu و *P. brutia* در Boydak (2003) ، *P. pinaster* (2006) et al. در *(P. sylvestris) var. mongolica* مطابقت دارد. اگرچه نتایج مشابهی از هیدروپرایمینگ سه‌روزه بذور کاج بروسیا (خیساندن سه‌روزه بذور در آب) به‌دست آمد.

با توجه به اینکه برخی صفات جوانه‌زنی مانند درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در استقرار گیاهان محسوب می‌شوند (Pederson et al., 1993)، می‌توان به افزایش چشمگیر صفات درصد و سرعت جوانه‌زنی تحت تیمارهای اسموپرایمینگ موفق در پژوهش حاضر اشاره کرد که با نتایج (Paci 1987) در *Pinus nigra* و (Hallgren, 1989) *Pseudotsuga menziesii* در Huang *Pinus echinata*، *Pinus taeda* و (1989) *Pinus sylvestris* & zon در بذورهای *Pinus sylvestris* var. *mongolica* و (Brancalion) *Larix gmelinii* و (2008) et al. در *Mimosa bimucronata* گونه‌ای درختی در منطقه‌ای گرمسیری از برزیل همخوانی دارد. در واقع بهبود صفات جوانه‌زنی بذرها، سبب رشد مطلوب‌تر و استقرار بهتر نهال‌ها می‌شود. به‌عبارت دیگر، نهال‌هایی که از بذرهایی با سرعت جوانه‌زنی بیشتر تولید شده‌اند مقاومت زیادی نسبت به عوامل آسیب‌زا نشان می‌دهند (Grabe, 1976).

در کاج بروسیا، بهترین نتایج زمانی حاصل شد که بذور به‌مدت سه روز در غلظت ۱/۵ مگاپاسکال پلی‌اتیلن گلیکول پرایم شدند. بیشترین درصد جوانه‌زنی در این تیمار (۸۰ درصد) حاصل شد. پس از آن در تیمار دو روزه با غلظت ۱/۲ نیز نتایج بسیار خوبی حاصل شد. نتایج در مورد کاج بروسیا نشان می‌دهد در صورت بی‌میلی به استفاده از تیمار PEG، هیدروپرایم یک روزه بذور می‌تواند مؤثرتر باشد، چراکه با افزایش زمان هیدروپرایم خصوصیات جوانه‌زنی کاهش چشمگیری می‌یابند. در هر صورت بیشترین درصد جوانه‌زنی در تیمارهای شاهد ۵۳ درصد بود که تأثیر مثبت اسموپرایمینگ را نشان

پرایمینگ بذور روشی است که به‌واسطه آن بذور پیش از قرار گرفتن در بستر خود و مواجهه با شرایط اکولوژیکی محیط، به لحاظ فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی آمادگی جوانه‌زنی را به‌دست می‌آورند. این کار می‌تواند سبب بروز تظاهرات زیستی و فیزیولوژیکی متعددی در بذور تیمار شده و گیاه حاصل از آن شود؛ این موارد را می‌توان در چگونگی جوانه‌زنی، استقرار اولیه گیاه، بهره‌برداری از نهاده‌های محیطی، زودرسی و افزایش کمی و کیفی محصول مشاهده کرد. پرایمینگ بذور یکی از روش‌های فیزیولوژیکی به حساب می‌آید که سبب تسریع فرایند جوانه‌زنی بذرها می‌شود، ولی به دلیل کم بودن مقدار آب جذب‌شده خروج ریشه‌چه صورت نمی‌گیرد (Nascimento, 2004). به‌عبارت دیگر در جریان پرایمینگ بذور از مرحله جوانه‌زنی تا شروع تقسیم سلولی، تحریک صورت می‌گیرد و پس از خشک شدن و آب‌گیری مجدد از همان مرحله خشک شدن، فعالیت شروع می‌شود (Taylor, 1997). پرایمینگ بذور موجب افزایش مقدار اسیدهای نوکلئیک، پروتئین و افزایش تحرک مواد ذخیره‌شده در بذور می‌شود، در نتیجه بذور سریع‌تر جوانه می‌زند و گیاهچه در سطح خاک ظاهر می‌شود. جوانه‌زنی سریع‌تر موجب افزایش بنیه و استقرار گیاه می‌شود؛ به طوری که گیاه بهتر می‌تواند از منابع استفاده کند و عملکرد نهایی آن نیز افزایش می‌یابد (Bradford, 1995). در روش پرایمینگ، به‌طور معمول از پلی‌اتیلن گلیکول استفاده می‌شود. پلی‌اتیلن گلیکول علاوه بر در دسترس بودن هیچ‌گونه واکنش فیزیولوژیکی با بذور ندارد (Ashraf & Rauf, 2011).

اعمال تیمارهای اسموپرایمینگ با پلی‌اتیلن گلیکول بر روی بذور سه گونه کاج جنگلی، کاج سیاه و کاج بروسیا در تحقیق حاضر موجب افزایش معنی‌داری صفات جوانه‌زنی در هر سه گونه نسبت به تیمار شاهد شد که با یافته‌های (Falleri 1994) در

می‌دهند. با توجه به مفهوم پرایمینگ، تیماری موفق‌تر است که بتواند مقدار آب دریافتی خود را طوری تنظیم کند که به راحتی و با سرعت جوانه‌زنی بذور را به مرحله دوم از سه مرحله برساند. به عبارتی پرایمینگ با ایجاد فاز دو از سه فاز جوانه‌زنی از طریق کوتاه کردن زمان سوخت‌وساز موجب تسریع جوانه‌زنی می‌شود و سنتز پروتئین و DNA را افزایش می‌دهد و بر فسفولیپیدهای سلول غشایی تأثیرگذار است (Bradford, 1995). در عین حال برخی محققان نظیر Hus & Sung (1997) اثرهای مثبت پرایمینگ را به دلیل افزایش آنزیم‌ها در بذر می‌دانند که فعالیت پراکسیداسیون لیپید را طی جوانه‌زنی کاهش می‌دهند و سبب افزایش درصد جوانه‌زنی می‌شوند. به‌طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که خیساندن بذور در پلی‌اتیلن گلیکول به‌عنوان یک محلول اسموپرایمینگ در گونه‌های بررسی‌شده، سبب بهبود چشمگیر مؤلفه‌های جوانه‌زنی نسبت به بذره‌های شاهد شد؛ به طوری که بیشترین درصد جوانه‌زنی در گونه‌های بروسیا، کاج جنگلی و کاج سیاه به ترتیب با ۸۰، ۸۶/۶ و ۹۵ درصد با اعمال تیمار سه‌روزه ۱/۵ پاسکال پلی‌اتیلن گلیکول، یکروزه ۱/۲ پاسکال پلی‌اتیلن گلیکول و یکروزه ۰/۸ مگاپاسکال پلی‌اتیلن گلیکول حاصل شد که تأثیر مثبت پرایمینگ را تأیید می‌کند. به این معنا که اسموپرایمینگ با افزایش درصد، قدرت، سرعت و سایر فاکتورهای جوانه‌زنی موجب استقرار بذور در دوره زمانی کوتاه‌تری شده است؛ ضمن اینکه گیاهچه‌ها کمتر در معرض آفات و پاتوژن‌های خاکزی و دیگر عوامل نامساعد در طی رشد قرار می‌گیرند و احتمال داشتن نهال‌های سالم‌تر و موفقیت بیشتر توسعه آنها در نهالستان دوچندان می‌شود.

می‌دهد. (Boydak (2003 با بررسی غلظت‌های متفاوت (۰، ۲، ۴، ۶- و ۸- بار) پلی‌اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ بر روی شش پروونانس کاج بروسیا، مشاهده کرد که کاهش پتانسیل اسمزی تا ۸- بار، سبب کاهش جوانه‌زنی برای همه پروونانس‌ها تا بیش از ۵۰ درصد شد و از طرفی کاهش درصد جوانه‌زنی، کاهش سرعت جوانه‌زنی و ارزش جوانه‌زنی را نیز در پی داشته است.

در مورد کاج جنگلی اعمال تیمار یکروزه PEG با غلظت ۰/۸ و همچنین هیدروپرایمینگ سه‌روزه (شاهد- خیساندن در آب) نتایج بهتری در صفات بررسی‌شده ایجاد کرد. با اینکه افزایش ۱۰ درصدی جوانه‌زنی در بذور اسموپرایم‌شده مشاهده شد، این دو تیمار در همه موارد به لحاظ آماری در یک گروه قرار گرفتند. (Zhu et al. (2006 با بررسی غلظت‌های مختلف PEG (۰، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درصد) بر روی جوانه‌زنی بذر *Pinus sylvestris* var. *mongolica* در جنگل‌های دست‌کاشت و طبیعی، مشاهده کردند که غلظت‌های بیشتر از ۲۵ درصد فاقد جوانه‌زنی بودند و زمان جوانه‌زنی تمام بذره‌های تیمار شده در مقایسه با بذره‌های شاهد تأخیر طولانی داشت؛ به عبارتی محققان بذره‌های *Pinus sylvestris* var. *mongolica* را نسبت به تیمارهای PEG مقاوم معرفی کردند و تیمارها را چندان تأثیرگذار ندانستند.

در کاج سیاه تیمار یک روزه بذور کاج سیاه با ۰/۸ مگاپاسکال پلی‌اتیلن گلیکول در افزایش صفات جوانه‌زنی بسیار مؤثر بود. در این تیمار درصد جوانه‌زنی به ۹۵ درصد رسید. پس از آن تیمار یک روزه با غلظت ۱/۵ مناسب است. در خصوص تیمارهای هیدرو، مشخص شد که واکنش بذور کاج سیاه مانند کاج بروسیا است و با افزایش زمان هیدروپرایم، مقادیر صفات جوانه‌زنی کاهش نشان

References

- Asadi, F., & Bagheri, R. (2002). *Conifer trees seeds, Vocational seedling production and plantation*. Press institute cultural and artistic shaghayegh rosta, 100p.
- Ashraf, M. & Rauf, H. (2001). Inducing salt tolerance in maize (*Zea mays* L.) through seed priming with chloride salte growth and ion transport at early growth stages. *Acta Physiology Plant*, 23, 407-414.
- Bourgeois, J., & Malek, L. (1991). Metabolic changes related to the acceleration of jack pine germination by osmotic priming. *Tree Physiology*, 8(4), 407-413.
- Boydak, M., Dioriok, F., & Calikoglu, 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(2), 91-97.
- Bradford, K.J. (1995). *Water Relations in Seed Germination, Seed Development and Germination*. Marcel Dekker, New York, 872p.
- Brancalion, P.H., Novembre, S., Rodrigues, R.R., & Tay, D. (2008). Priming of *Mimosa bimucronata* seeds-atropical tree species from Brazil, *Acta Horticulturae*, 782, 163-167.
- Chen, K.T. & Arora R. (2011). Dynamics of the antioxidant system during seed osmopriming, post-priming germination, and seedling establishment in spinach (*Spinacia oleracea*). *Plant Science*, 180, 212-220.
- Falleri, E. (1994). Effect of water stress on germination in six provenances *Pinus pinaster* Ait, *Seed Science and Technology*, 22(3), 591-599.
- Faroog, M., Basra, S.M.A., Haffez, K., Asad S.A, & Ahmed, N. (2005). Use of commercial fertilizers as osmotica for rice priming. *Agriculture & Social Science*. 1(2), 172-175.
- Fenghou, S., Cancan, Z., Yongbao, S., & Jisen, S. (2008). Germination of *pinus tabulaeformis* seed with PEG 6000 osmotic treatments, *Journal of Zhejiang Forestry College*, 25(3), 289-292.
- Grabe, D.F. (1976). Measurement of seed vigour. *Journal of Seed Science Technology*, 1, 18-32.
- Hallgren, S.W. (1989). Effects of osmotic priming using aerated solutions of polyethylene glycol on germination of pine seeds. *Annales des Sciences Forestieres*, 46(1), 31-37.
- Huang, Y.G., & Zou, Q. (1989). Effects of osmoconditioning and drying on germination of *Pinus sylvestris* var. *mongolica* and *Larix gmelinii* seeds. *Seed Science and Technology*, 17(2), 235-242.
- Hus, J.L., & Sung, J.M. (1997). Antioxidant role of glutatnion associated with accelerated agina and hydration of triploid Waremelon seeds. *Physiologia Plantarum*, 100, 967-974.
- Michel, B.E. (1983). Evaluation of water potentiale of solution of polyethylene glycol 8000 both in absence and presence of other solutes. *Plant Physiology*, 72:66-70.
- Nascimento, W.M., & Aragao, F.A.S. (2004). Muskmelon seed priming in relation to seed vigor. *Scientia Agricola*, 61(1), 114-117.
- Paci, M., (1987). Effect of treatment with PEG on the germination of (*Pinus nigra*, *Larix*) decidua and (*Pseudotsuga menziesii*) seeds. *Journal Italia Forestale e Montana*, 42(2), 73-82.
- Pederson, L., Jorgensen, P.E. & Poulsen, I. (1993). Effect of seed vigor and dormancy on field emergence, development and grain yield of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of seed science Technology*, 21, 159-178.
- Sheikh, A.H., & Abdul, M.M. (2007). Seed Morphology and Germination Studies of (*Dalbergia sissoo* Roxb). At Nursery Stage in Bangladesh, *Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 3(1), 35-39.

Swamy, S.L., Mishra, A., & Puri, S. (2006). Comparison of growth, biomass and nutrient distribution in five promising clones of *Populus deltoides* under an agrisilviculture system, *Bioresource Technology*, 97, 57-68.

Taylor, A.G. (1997). Seed storage germination and quality. In: Wien, .H.C. ed., *The physiology of Vegetable Crops CAB International. Wallingford.U.K.*, 1-36.

Wien, H.C. (1995). *The physiology of vegetable crops*. Department of Fruit and Vegetable Science. Cornell University. Ithaca. NY. USA. Cambridge University Press.

Zhu, J., Kang, K., Tan, H., & Xu, M. (2006). Effects of drought stresses induced by polyethylene glycol on germination of (*Pinus sylvestris* var. *mongolica*) seeds from natural and plantation forests on sandy land. *Journal of Forest Research*, 11(5), 319-328.



Improvement of seed germination traits in Scots pine (*Pinus sylvestris*), Black pine (*Pinus nigra*) and Turkish pine (*Pinus brutia*) by using the polyethylene glycol pre-treatment

V. Payamnoor^{1*}, V. Ghandehari², and H. Amirian²

¹ Associate prof., faculty of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I. R. Iran

² M.Sc., faculty of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I. R. Iran

(Received: 15 May 2017, Accepted: 19 August 2017)

Abstract

Proper Seed germination and establishment is one of the most important issues in pre-planting treatments. Seed osmopriming is proposed as a pre-emergence treatment to increase the characteristics germination and seedling establishment, especially in unfavorable conditions. The effects of osmopriming on germination (germination percentage, maximum daily average germination, germination rate, mean germination time, germination value) of Scots pine, black pine and Turkish pine under controlled conditions in order to determine the best treatment were investigated in this research. A factorial experiment was conducted as a completely randomized design with three replicates. Main factors included the time (0, 1, 2 and 3 days) and osmotic potential (0.8, 1.2 and 1.5 MPa) using polyethylene glycol 6000. The results indicated that there were significant differences between treatments on germination characteristics in all three species, and all studied traits were improved by osmopriming. The highest germination factors were recorded for Scots pine and black pine treated with 1 day in concentrations of 0.8 MPa (polyethylene glycol 6000) and for Turkish pine were obtained with 2 days in the concentration of 1.2 MPa in compared with control treatment. So it can be suggested that in order to increase the quantity and quality of production in seedlings nursery of these species, the pre-planting treatments should be considered further.

Keywords: Osmopriming, Polyethylene glycol 6000, Germination rate, Germination speed.