نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل
جلد بیستم و سوم، شماره اول، ۱۳۹۵
http://jwfst.gau.ac.ir

اثر پیش تیمار اسیدسالیسیلیک بر صفات جوانه‌زنی بذر کاج تهران (*Pinus eldarica* Medw.) در شرایط تنش خشکی

زینب جوانمرد[۱]، *مسعود طبری کوچکسرایی[۲] و فاطمه احمدلو[۳]

[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، [۲]استاد گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، [۳]دانشجوی دکتری جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۲/۲۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۹٤/۰۸/۱

چکیده

سابقه و هدف: هدف از انجام این پژوهش بررسی تأثیر پیش تیمار اسید سالیسیلیک بر صفات جوانه‌زنی بذر کاج تهران (*Pinus eldarica* Medw.) در شرایط تنش خشکی می‌باشد. در این خصوص، مطالعات مشابه با گونه‌های جنگلی نادر است.

مواد و روش‌ها: آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. پیش تیمارها شامل ٤ سطح اسید سالیسیلیک (صفر یا شاهد، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار به‌مدت ۷۲ ساعت) بود که در معرض ۵ سطح تنش خشکی (صفر، ۲-، ٦-، ۱۰- و ١٤- بار پلی‌اتیلن‌گلایکول ٦۰۰۰) قرار گرفتند. پس از اعمال پیش تیمار اسید سالیسیلیک، نمونه‌ها به‌مدت ٤۰ روز در ژرمیناتور در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ٦۵ درصد، فتوپریود ۸ ساعت تاریکی و ١٦ ساعت روشنایی و شدت نور ۳۰۰۰ لوکس قرار گرفتند.

یافته‌ها: در کلیه پیش تیمارها با افزایش تنش خشکی، صفات درصد جوانه‌زنی، شاخص جوانه‌زنی، قدرت جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، ضریب سرعت کوتووسکی، شاخص بنیه بذر کاهش و میانگین زمان جوانه‌زنی افزایش یافت. جوانه‌زنی بذرهای شاهد در تنش خشکی بیشتر از ٦- بار متوقف شد

*مسئول مکاتبه: mtabari@modares.ac.ir

ولی پیش تیمار بذر اسید سالیسیلیک (با همه غلظت‌های به‌کار رفته) حتی تا تنش خشکی ١٤- بار موجب بهبود درصد جوانه‌زنی و دیگر صفات مورد مطالعه گردید. بیشترین درصد جوانه‌زنی (٨٨/٣٤ درصد) در غلظت ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و تنش خشکی صفر بار به‌دست آمد و بهترین جوانه‌زنی (٤٢/٢٧ درصد) در سطح تنش خشکی ١٤- بار مربوط به غلظت ۱ میلی‌مولار بود.

نتیجه‌گیری: با توجه به کاربرد نهال کاج تهران در جنگل‌کاری و فضاهای سبز شهری و برون شهری مناطق خشک و نیمه خشک کشور، پیش تیمار اسید سالیسیلیک روی بذر می‌تواند راندمان تولید نهال آن را در نهالستان‌های این مناطق بهبود بخشد.

کلمات کلیدی: اسید سالیسیلیک، پیش تیمار، شاخص بنیه بذر، ضریب سرعت کوتووسکی، قدرت جوانه‌زنی

مقدمه

یکی از راهکارهای مقاوم‌سازی بذر در مرحله جوانه‌زنی نسبت به تنش خشکی استفاده از پیش تیمار بذر با هورمون‌های رشد از جمله اسیدسالیسیلیک[1] است (١٤، ١٧، ١٦). اسیدسالیسیلیک (اورتو هیدروکسی بنزوئیک اسید) ترکیب فنولی است که با داشتن خاصیت آنتی‌اکسیدانتی در تنظیم فرآیندهای گیاهان نقش دارد و به‌عنوان یک مولکول سیگنالی، بسته به غلظت به‌کار رفته، مرحله رویشی گیاه، طریقه استفاده و نوع گونه بر فرآیندهای فیزیولوژی اثر گذاشته و باعث کاهش آثار مخرب ناشی از تنش‌های زیستی و غیر زیستی از جمله تنش خشکی می‌شود (۹).

جهت کاهش اثرات تنش خشکی روی بذر گونه‌های زراعی و مرتعی با پیش تیمار اسید سالیسیلیک تحقیق‌های زیادی صورت گرفته است. از جمله روی گونه‌های ***Phaseolus vulgaris*** و ***Lycopersicon esculentum*** (١٤) ***Triticum aestivum*** (٧)، ***Sanguisorba minor*** (٢٠)، ***Nigella sativa*** (٦)، ***Triticum durum*** (٣) و ***Secale montanum*** (١) که مقاومت به خشکی بذرهای تیمار شده با اسید سالیسیلیک نسبت به بذرهای شاهد تأیید شد.

تاکنون چندین مطالعه در زمینه کاربرد اسید سالیسیلیک روی بذر گونه‌های جنگلی بدون اعمال تنش خشکی انجام گرفته است. باتیستا- کالس و همکاران (۲۰۰۸) افزایش ۸۱ درصدی جوانه‌زنی

1- Salicylic acid (SA)

بذرهای تیمار شده *Carica papaya* را نسبت به شاهد، در پاسخ به غلظت 10^{-4} میلی‌مولار اسید سالیسیلیک گزارش کردند (۲). نتایج جیان- دال و جیان- پینگ (۲۰۰۹) در بررسی تأثیر اسید سالیسیلیک با غلظت‌های ۰/۵، ۲ و ۵ میلی‌مولار بر *Larix pricipis* Rupprechtii. نشان داد که غلظت ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک صفات جوانه‌زنی را افزایش داد (۵). همچنین، بذرهای پیش تیمار شده با غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک *Albizia julibrissin* Durazz. نسبت به بذرهای تیمار نشده از درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی بیشتر و میانگین زمان جوانه‌زنی کمتری برخوردار بودند (۱۳).

یکی از مشکلات تنش خشکی در گیاهان، القاء تولید گونه‌های اکسیژن فعال، نامتعادل شدن هورمون‌ها و غیر فعال کردن مکانیسم دفاعی سلول‌ها می‌باشد. طبق تحقیق‌های انجام گرفته، اسید سالیسیلیک به‌واسطه خاصیت آنتی‌اکسیدانتی نسبت به بسیاری از مواد و ترکیبات دیگر که در پیش تیمار بذر استفاده می‌شوند، قابلیت مهار مشکل فوق و در نتیجه افزایش مقاومت بذر به تنش خشکی را دارا می‌باشد. با توجه به تکثیر جنسی گونه جنگلی کاج تهران (*Pinus eldarica* Medw.) و استفاده وسیع آن در جنگل‌کاری‌ها و فضاهای سبز شهری و برون شهری مناطق خشک و نیمه خشک، آگاهی از ویژگی‌های جوانه‌زنی و تیمارهای بهبود دهنده آن در شرایط تنش خشکی اجتناب‌ناپذیر است. پژوهش حاضر در نظر دارد با استفاده از پیش تیمار اسید سالیسیلیک، ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر کاج تهران را تحت تنش خشکی (کاهش رطوبت) بررسی و غلظت‌های مناسب پیش تیمار را جهت مقابله با این تنش تعیین نماید.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر پیش تیمار اسید سالیسیلیک بر صفات جوانه‌زنی بذر کاج تهران (*P. eldarica*) در شرایط تنش خشکی، آزمایشی فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار، ٤ غلظت پیش تیمار اسید سالیسیلیک (غلظت‌های صفر یا شاهد، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار به‌مدت ۷۲ ساعت) و ۵ سطح تنش خشکی (صفر، ۲-، ٦-، ۱۰- و ١٤- بار پلی‌اتیلن‌گلایکول ٦۰۰۰) در آزمایشگاه اکولوژی و فیزیولوژی بذر گونه‌های جنگلی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس انجام گرفت.

پیش تیمار اسید سالیسیلیک: جهت انجام پیش تیمار، پس از ضدعفونی کردن بذرها با قارچ‌کش کربوکسین تیرام (۰/۲ وزن حجمی) به‌مدت ۲ دقیقه و ۳ بار شستشوی آن‌ها با آب مقطر، بذرها به‌مدت ۷۲ ساعت در دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد تحت تأثیر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک (۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار) قرار گرفتند. پس از اتمام زمان موردنظر، بذرها از محلول‌ها خارج و ۳ بار با آب مقطر شسته وسپس به‌مدت ۷۲ ساعت در دمای مشابه خشک شدند. غلظت صفر میلی‌مولار هم به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد.

آزمایش تنش خشکی با پلی‌اتیلن‌گلایکول ٦٠٠٠ (PEG 6000): برای انجام تنش خشکی، محلول‌های صفر، ۲-، ٦-، ۱۰- و ١٤- بار پلی‌اتیلن‌گلایکول ٦٠٠٠ با استفاده از رابطه ۱ (۸) تهیه شدند. آنگاه بذرهای پیش تیمار شده به‌همراه بذرهای شاهد با قارچ کش کربوکسین تیرام (۰/۲ درصد وزن حجمی) ضدعفونی و ۳ بار با آب مقطر شستشو و به تعداد ۲۵ عدد در ۳ تکرار درون پتری‌دیش‌های استریلیزه با دو لایه کاغذ صافی واتمن کشت شدند. پتری‌دیش‌ها هر ٢٤ ساعت یک‌بار به ۵ میلی‌لیتر از محلول مربوطه آغشته شدند و سپس به‌مدت ٤٠ روز در ژرمیناتور در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ٦٥ درصد، فتوپریود ۸ ساعت تاریکی و ١٦ ساعت روشنایی و شدت نور ۳۰۰۰ لوکس قرار گرفتند (۱۰).

$$\psi_s = -(1.18\times10^{-2})C-(1.18\times10^{-4})C^2+(2.67\times10^{-4})CT+(8.39\times10^{-7})C^2T \quad \text{رابطه (۲)}$$

Ψ s = پتانسیل اسمزی (بار)، C = غلظت PEG 6000 (گرم در یک کیلوگرم آب) و T = دما (درجه سانتی‌گراد)

طی مدت آزمایش با توجه به تاریخ اولین جوانه‌زنی، تعداد بذرهای جوانه‌زده به طول حداقل ۲ میلی‌متر، به‌طور روزانه یادداشت شدند. پس از اطمینان از ثابت شدن تعداد بذرهای جوانه‌زده طی سه شمارش متوالی، صفات درصد جوانه‌زنی، درصد نسبی جوانه‌زنی، شاخص جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، میانگین زمان جوانه‌زنی، ضریب سرعت کوتووسکی، قدرت جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر با استفاده از روابط ارائه شده در جدول ۱ محاسبه شدند.

جدول ۱- فرمول محاسباتی شاخص‌های جوانه‌زنی.

Table 1. Calculation equations of germination traits.

منابع Reference		محاسبه صفات Calculated traits	صفات مورد مطالعه Studied traits	
(18)	(۱۸)	GP= n/(N×100)	Germination percent	درصد جوانه‌زنی
(18)	(۱۸)	RGP=(GPsi/GPso) × 100	Relative percent of germination	درصد نسبی جوانه‌زنی
(11)	(۱۱)	GI=|(tT-ti)ni|/N	Germination index	شاخص جوانه‌زنی
(12)	(۱۲)	GE= Mcgr/(N ×100)	Germination energy	قدرت جوانه‌زنی
(15)	(۱۵)	GS= ∑(ni/ti)	Germination speed	سرعت جوانه‌زنی
(18)	(۱۸)	MGT= ∑ (ni .ti) / ∑n	Mean germination time	میانگین زمان جوانه‌زنی
(4)	(٤)	KCV= (Σni/Σ(niti) ×100	Kotowski coefficient of velocity	ضریب سرعت کوتووسکی
(18)	(۱۸)	SVI= GP × Mean (Sl+Rl)/100	Seed vigor index	شاخص بنیه بذر

N: تعداد بذرهای کاشته شده (در تحقیق حاضر ۲۵ بذر)، n: تعداد کل بذرهای جوانه زده طی دوره، ni: تعداد بذرهای جوانه زده در یک فاصله زمانی مشخص ti (در تحقیق حاضر هر روز)، t_T= تعداد کل روزهای آزمایش (در تحقیق حاضر ٤۰ روز)، Mcgr: ماکزیمم درصد تجمعی بذرهای جوانه‌زده، ti: تعداد روزهای پس از شروع جوانه‌زنی، Sl: طول ساقه چه، Rl: طول ریشه‌چه، GPsi: درصد جوانه‌زنی در هر سطح تنش خشکی، GPso: درصد جوانه‌زنی در تنش۰ بار.

N= number of seeds sown (in present study: 25 seeds), n= the total number of germinated seeds during the germination test, ni= the number of germinated seeds on determined interval (in present study:every day), t_T: the total number of days for test (in present study: 40 days), Mcgr= maximum cumulative percent germination, ti= the number of days after starting germination, SL= shoot length, RL= root length, GPsi: germination percent in each drought stress level, GPso: germination percent in 0 bar stress.

تجزیه و تحلیل آماری: تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS (Ver. 17) انجام گرفت. رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار EXCEL صورت گرفت. شرط نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگروف- اسمیرنوف (Kolmogorov-Smirnov) و همگنی واریانس داده‌ها به‌وسیله آزمون لون (Levene) بررسی شد. سپس با آزمون تجزیه واریانس دو طرفه (Two -Way ANOVA) اختلاف آماری داده‌ها تعیین گردید. برای مقایسه میانگین‌ها در صورت همگنی واریانس‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن (Duncan) و در صورت عدم همگنی واریانس‌ها از آزمون دانت تی ۳ (T3 Dunnett's) استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر پیش تیمار، تنش خشکی و اثر متقابل آن‌ها روی تمامی صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس تأثیر پیش تیمار اسید سالیسیلیک بر صفات جوانه‌زنی بذر کاج تهران در شرایط تنش خشکی.

Table 2. Analysis of variance of the effect of pretreatment by SA on germination indices in *P. eldarica* seed under drought stress.

منابع تغییرات Source variations	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean squares						
		جوانه‌زنی (درصد) Germination (%)	شاخص جوانه‌زنی Germination index	قدرت جوانه‌زنی (درصد) Germination energy (%)	سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز) Germination speed (seed/day)	میانگین زمان جوانه‌زنی (روز) Mean germination time (day)	ضریب سرعت کوتووسکی Kotowski coefficient of velocity	شاخص بنیه Seed vigor index
پیش تیمار (Pretreatment)	3	5136.93**	1569.91**	5083.89**	15.41**	10.7**	50.25**	8732.55**
تنش خشکی (Drought stress)	4	6063.14**	133.6**	4589.23**	15.77**	25.28**	143.12**	1267.81**
پیش تیمار × تنش خشکی (Pretreatment × drought stress)	12	255.25**	101.17**	55.63**	0.63**	94.58**	0.82*	230.65**
خطا (Error)	40	2.02	0.04	2.75	0.003	0.1	0.35	4.97

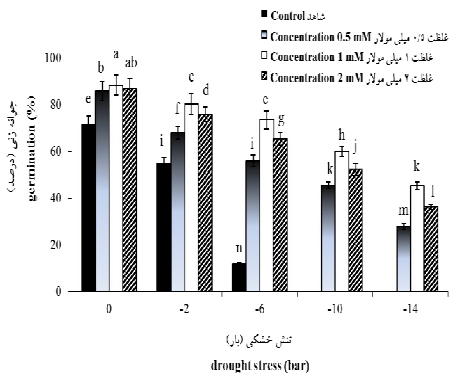
** و * به‌ترتیب، معرف معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۱ و ۰/۰۵ است.

** and * respectively significant of 1 and 5 % of probability

در تمامی پیش تیمارها و شاهد با افزایش تنش خشکی، درصد جوانه‌زنی کاهش یافت. جوانه‌زنی بذرهای شاهد در تنش خشکی بیش از ٦- بار متوقف گردید. در حالی‌که بذرهای پیش تیمار شده با غلظت‌های ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک قادر به جوانه‌زنی حتی تا تنش خشکی ١٤- بار بودند (شکل ۱). با افزایش تنش خشکی از پتانسیل اسمزی صفر تا ١٤- بار، کاهش درصد نسبی جوانه‌زنی در بذرهای تیمار شده در مقایسه با شاهد همواره کمتر بود (شکل ۲).

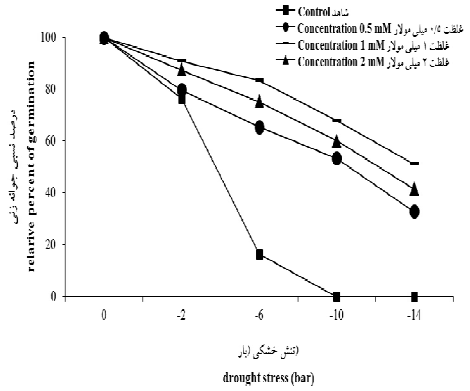
نتایج به‌دست آمده در ارتباط با درصد جوانه‌زنی با یافته‌های زارع و همکاران (۲۰۱۰) روی *Sanguisorba minor* و انصاری و همکاران (۲۰۱۳) روی *Secale montanum* مطابقت دارد (۲۰، ۱). سنارانتا و همکاران (۲۰۰۰) نیز با مطالعه روی *Phaseolus vulgaris* و *Lycopersicon*

esculentum، بهبود جوانه‌زنی را از طریق افزایش احتمالی ترشح بعضی هورمون‌های محرک جوانه‌زنی از جمله آلفا آمیلاز و پروتئاز در آندوسپرم و افزایش جذب مواد به درون سلول گزارش کردند (۱٤). به‌نظر می‌رسد که پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک با تحریک و انبساط سلولی و مهار فعالیت گونه‌های فعال اکسیژن حاصل از تنش خشکی موجب بهبود جوانه‌زنی می‌شود (۱۹). تغییرات ملایم و تدریجی درصد نسبی جوانه‌زنی بذرهای پیش تیمار شده با اسید سالیسیلیک نسبت به شاهد به نوعی شاخصی برای نشان دادن تحمل به تنش خشکی می‌باشد. این امکان وجود دارد که اسید سالیسیلیک با تولید مواد اسمولیت مانند پرولین و گلایسین بتائین سبب تعدیل اسمزی در شرایط تنش خشکی می‌شود. همچنین، این هورمون احتمالاً با تولید اسید آبسیزیک در شرایط تنش، نقش مهمی در تحمل به خشکی گیاهان ایفا می‌کند (۹).



شکل ۱. اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر درصد جوانه‌زنی.

Figur 1. Interaction between pretreatment and drought stress on germination percent.



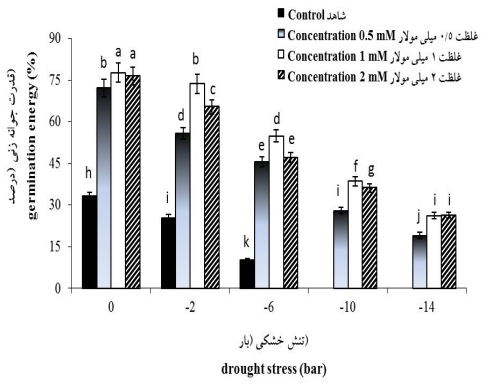
شکل ۲. تغییرات درصد نسبی جوانه‌زنی در بذرهای پیش تیمار شده و شاهد در شرایط تنش خشکی.

Figur 2. Variations of relative percent of germination in pretreated and control seeds under drought stress.

با افزایش تنش خشکی، قدرت و شاخص جوانه‌زنی در تمامی پیش تیمارها و شاهد دارای روند کاهنده‌ای بود اگرچه بذرهای تیمار شده (به‌ویژه غلظت ۱ میلی‌مولار) عملکرد بهتری را در مقایسه با شاهد نشان دادند (شکل‌های ۳ و ٤). قدرت جوانه‌زنی از پارامترهای مهم ارزیابی کیفیت بذر است و نقش تعیین کننده‌ای در جوانه‌زنی و سبز شدن یکنواخت در شرایط عرصه دارد. در تحقیق حاضر،

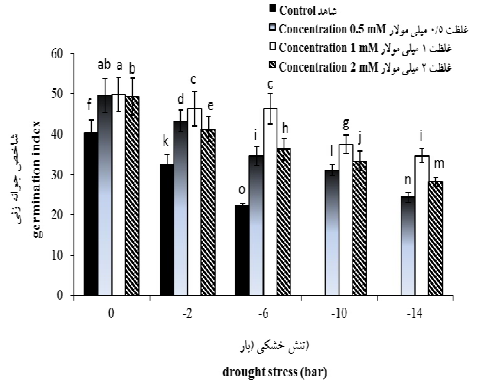
بهبود قدرت و شاخص جوانه‌زنی در بذرهای پیش تیمار شده با محلول‌های اسید سالیسیلیک با نتایج سنارانتا و همکاران (۲۰۰۰) روی *P. vulgaris* و *L. esculentum* مطابقت دارد (۱٤).

در شرایط تنش خشکی امکان استفاده جنین از ذخایر بذر کاهش می‌یابد؛ چرا که عامل اصلی تجزیه و انتقال این ذخایر، حلالیت آن‌ها در آب است. این در حالی است که تیمار بذر با اسید سالیسیلیک احتمالاً با حفظ یکپارچگی غشا و کاهش نفوذپذیری آن موجب به حداقل رساندن کاهش آب در طول تنش خشکی می‌شود و در نتیجه با افزایش فعالیت آنزیم‌هایی مانند لیپاز و پروتئاز منجر به آزادسازی مواد ذخیره‌ای و تبدیل آن‌ها به مواد قابل انتقال (ساکارز و گلوکز) و بهبود قدرت و شاخص جوانه‌زنی می‌گردد (۹). همچنین، طبق اظهارات رانال و سانتانا (۲۰۰٦) کاهش پراکسیداسیون لیپیدها به‌واسطه افزایش ترکیباتی مانند گلوتاتیون و آسکوربات به بهبود کیفیت بذر در شرایط تنش خشکی می‌تواند کمک کند (۱۱).



شکل ۳- اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر قدرت جوانه‌زنی.

Figur 3. Interaction between pretreatment and drought stress on germination energy.



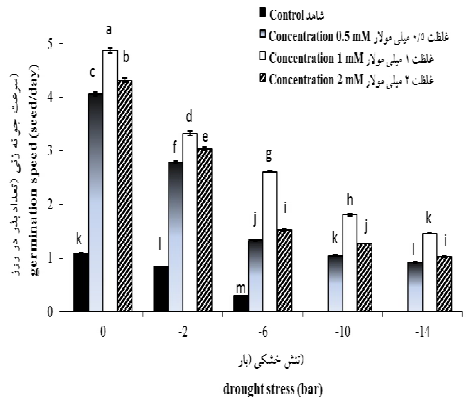
شکل ٤- اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر شاخص جوانه‌زنی.

Figur 4. Interaction between pretreatment and drought stress on germination index.

بذرهای پیش تیمار شده با غلظت‌های ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار (به‌ویژه محلول ۱ میلی‌مولار) نسبت به شاهد در هر سطح از تنش خشکی از سرعت جوانه‌زنی و ضریب سرعت کوتووسکی بیشتر و میانگین زمان جوانه‌زنی کمتری برخوردار بودند (شکل‌های ۵، ٦ و ۷). سرعت جوانه‌زنی از مهم‌ترین شاخص‌های ارزیابی تحمل به تنش خشکی می‌باشد و در شرایط تنش خشکی، امکان سبز شدن و

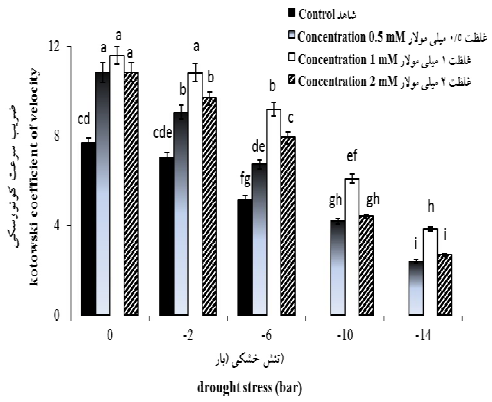
دستیابی به تولید کمی و کیفی نهال را فراهم می‌کند. ضریب سرعت کوتووسکی و میانگین زمان جوانه‌زنی نیز شاخص‌هایی از سرعت جوانه‌زنی می‌باشند و ارزیابی زمان ظهور نهال‌ها را نشان می‌دهند. افزایش سرعت جوانه‌زنی و ضریب سرعت کوتووسکی و کاهش میانگین زمان جوانه‌زنی در تیمار با اسید سالیسیلیک (به‌خصوص غلظت ۱ میلی‌مولار) در شرایط تنش خشکی در مطالعه حاضر با یافته‌های کبیری و همکاران (۲۰۱۲) روی ***Nigella sativa*** و فاتح و همکاران (۲۰۱۲) روی ***Triticum durum*** همخوانی دارد (۳، ٦).

پتانسیل آب محیط مهم‌ترین پارامتر در شروع جوانه‌زنی بذر می‌باشد، در شرایط تنش خشکی، محدودیت دسترسی به آب موجب می‌شود فعالیت‌های متابولیکی جوانه‌زنی در بذر به کندی انجام شود و مدت زمان خروج ریشه‌چه افزایش یابد (۱۰). چنین به‌نظر می‌رسد که پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک از طریق افزایش تولید مواد فنولیک در دیواره سلولی و در نتیجه کاهش نشت آب سلول‌ها به کاهش مدت خروج جوانه از بذر کمک کند (١٦).



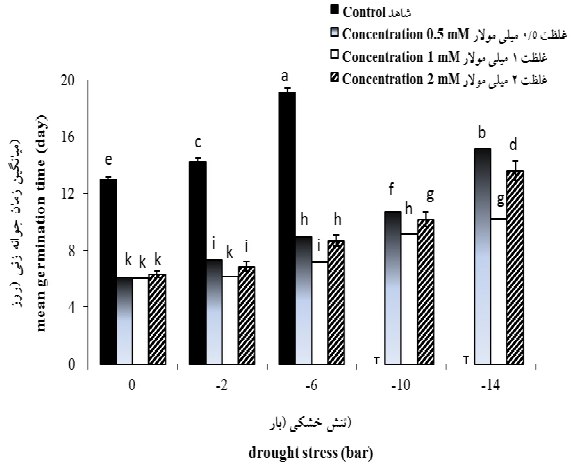
شکل ٥- اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر سرعت جوانه‌زنی.

Figur 5. Interaction between pretreatment and drought stress on germination speed



شکل ٦- اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر ضریب سرعت کوتووسکی.

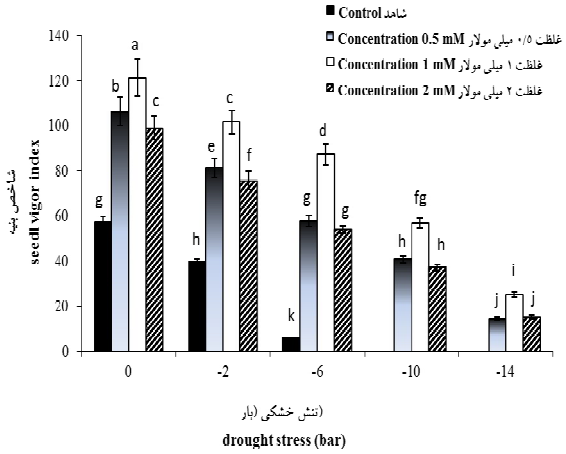
Figur 6. Interaction between pretreatment and drought stress on kotowski coefficient of velocity



شکل ۷- اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر میانگین زمان جوانه‌زنی.

Figur 7. Interaction between pretreatment and drought stress on mean germination time.

همانند یافته‌های برخی محققان (٦، ۷) در تحقیق پیش‌رو، در هر یک از پیش تیمارها و شاهد، افزایش تنش خشکی منجر به کاهش میانگین شاخص بنیه بذر گردید. در هر سطح خشکی شاخص بنیه در بذرهای پیش تیمار شده نسبت به شاهد بهبود یافت اگرچه غلظت ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک از بهترین شرایط برخوردار بود (شکل ۸). شاخص بنیه بذر تابعی از درصد جوانه‌زنی و طول گیاهچه به‌شمار می‌رود. تنش خشکی با کاهش (یا عدم انتقال) مواد غذایی از آندوسپرم به جنین بذر مانع تقسیم سلولی و سنتز پروتئین می‌شود و در نتیجه با ایجاد تغییر در تعادل هورمونی، سبب کاهش رشد گیاهچه می‌گردد (١٤). اسید سالیسیلیک از طریق تأثیر بر افزایش ترشح هورمون‌های محرک رشد مانند ایندول اسید استیک، سیتوکینین، جیبرلین، اکسین (١٦)، ترکیبات آنتی اکسیدانت و کارتنوئیدها، و کاهش بیوسنتز بازدارنده‌های رشد از جمله اتیلن، میزان تقسیم سلولی بافت‌های مریستمی را افزایش می‌دهد (۱۷).



شکل ۸- اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر شاخص بنیه.

Figur 8. Interaction between pretreatment and drought stress on seed vigor index.

نتیجه‌گیری کلی

نظر به کاربرد وسیع گونه کاج تهران به‌منظور جنگل‌کاری و فضاهای سبز شهری و برون شهری در مناطق خشک و نیمه خشک کشور، بذر این درخت در مرحله جوانه‌زنی که حساس‌ترین مرحله زندگی گیاه می‌باشد در تنش خشکی بیش از ٦- بار قادر به جوانه‌زنی نیست. از طرفی پیش تیمار بذر به‌ویژه غلظت ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک موجب بهبود صفات جوانه‌زنی در بذرهای تحت تنش خشکی حتی تا سطح ١٤- بار می‌گردد. از آنجایی که اسید سالیسیلیک ماده‌ای ارزان و قابل دسترس بوده و کار با آن آسان است، به‌کارگیری آن می‌تواند راندمان تولید نهال کاج تهران را در نهالستان‌های مناطق خشک و نیمه خشک کشور بهبود دهد.

منابع

1.Ansari, O., Azadi, M.S., Sharif-Zadeh, F., and Younesi, E. 2013. Effect of hormone priming on germination characteristics and enzyme activity of mountain rye (*Secale montanum*) seeds under drought stress conditions. Journal of Stress Physiology and Biochemistry, 9: 3. 61-71.

2.Bautista-Calles, F., Carrillo-Castaneda, G., and Villegas-Monter, A. 2008. Recuperation of the high germinability condition of *Papaya* seed through priming technology and bioregulators. Agrociencia. 42: 7. 817-826.

3.Fateh, E., Jiriaii, M., Shahbazi, S., and Jashni, R. 2012. Effect of salicylic acid and seed weight on germination of Wheat under different levels of osmotic stress. European Journal of Experimental Biology, 2: 5. 1680-1684.
4.Gonzalez-Zertuche, L., and Orozco-Segovia, A. 1996. Metodos de analisis de datos en la germinacion de semillas, un ejemplo: Manfreda brachystachya. Boletin de la Sociedad Botanica de Mexico. 58: 15-30.
5.Jian-Da1, Z., and Jian-Ping, L. 2009. Effect of Ca2+ and salicylic acid on germination of seeds of *Larix principis*-ruprechtii. Modern Agricultural Sciences, 3: 1. 3-17.
6.Kabiri, R., Farahbakhsh, H., and Nasibi, F. 2012. Effect of drought stress and interaction with salicylic acid on black cumin (*Nigella sativa*) germination and seedling growth. World Applied Sciences Journal, 18: 4. 520-527.
7.Maghsoudi, K., and Arvin, M.J. 2010: Salicylic acid and osmotic stress effects on seed germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. Plant Eco physiology, 2: 1. 7-11.
8.Michel, B.E., and Kaufmann, M.R., 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiology, 51: 5. 914-916.
9.Mohamed, A., Tayeb, E.L., and Naglaa, A. 2010. Response of wheat cultivars to drought and salicylic acid. American-Eurasian Journal of Agronomy, 3: 01-07.
10.Muscolo, A., Sidari, M., Mallamaci, C., and 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.
11.Ranal, M.A., and Santana, D.G. 2006. How and why to measure the germination process? Revista Brasileira de Botanical, 29: 1. 1-11.
12.Ruan, S., Xue, Q., and Tylkowska, K. 2002. The influence of priming on germination of rice *Oryza sativa* L. seeds and seedling emergence and performance in flooded soil. Seed Science Technology, 30: 61-67
13.Sedghi, M., Khomari, S., and Amanpour Balaneji, B. 2011. Effect of seed vigor and hormone priming on glyoxylate cycle enzymes actinity in Persian silk tree (*Albizia julibrissin* Durazz.). World Applied Sciences Journal, 13: 3. 541-544.
14.Senaranta, T., Teuchell, D., Bumm, E., and Dixon, K. 2000. Acetyl salicylic acid (asprin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. Plant Growth Regulation, 30: 157-161.
15.Shakirova, F.M., and Sahabutdinova, D.R. 2003. Changes in the hormonal status of Wheat seedling induced by salicylic acid and salinity. Plant Science, 164: 3. 317-322.
16.Shu, Y., and Hui, H.L. 2008. Role of salicylic acid in plant abiotic stress. Zeitschrift fur Naturforschung, Section C, Biosciences, 63: 5-6. 313-320.
17.Szepesi, Á., Csiszár, J., Bajkán, S., Gémes, K., and Horváth, F. 2005. Role of salicylic acid pretreatment on the acclimation of tomato plants to salt- and osmotic stress. Acta Biologica Szegediensis, 49: 123-125.

18. Verma, S.K., Bjpai, G.C., Tewari, S.K., and Singh, J. 2005. Seedling index and yield as influenced by seed size in pigeon pea. Legume Research, 28: 2. 143-145.
19. Wang, W.B., Kim, Y.H., Lee, H.S., Kim, K.Y., and Kwask, S.S. 2009. Analysis of antioxidant enzymes activity during germination of alfalfa under salt and drought stresses. Plant Physiology and Biochemistry, 47: 7. 570-577.
20. Zare, S., Tavili, A., Shahbazi, A., and Riyahi, A. 2010. The effect of different salicylic acid concentrations on improved germination characteristics of *Sanguisorba minor* L. under salt and drought stress, Journal of Range and Watershed Management. Iranian Journal of Natural Resources, 63: 1. 29-39. (in Persian)

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 23 (1), 2016
http://jwfst.gau.ac.ir

Impact of pretreatment salicylic acid on germination traits of *Pinus eldarica* Medw. seed under drought stress

Z. Javanmard[1], *M. Tabari Kouchak Saraei[2] and F. Ahmadloo[3]
[1]M.Sc. Student of Forestry, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University,
[2]Professor of Forestry, Faculty of Natural Resources, Tarbiat, Modares University,
[3]Ph.D. Student of Forestry, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University
Received: 03/12/2014 ; Accepted: 10/23/2015

Abstract

Background and objectives: The purpose of this study was the effect of seed pretreatment salicylic acid on germination traits of *Pinus eldarica* Medw. Seed under drought stress. In this relations the similar investigations with forest species is rare.

Materials and methods: The experiments were carried out as factorial based on completely randomized design with 3 replications. Pretreatments including combination of 4 levels of salicylic acid (0, 0.5, 1 and 2 mM for 72 hours) was subjected to 5 levels of drought stress (0, -2, -6, -10 and -14 bar by Polyethylene glycol 6000). Then the seeds were located in germinator for 40 days at 20°C, 65% relative humidity and 8/16 hours, dark/high photoperiod.

Results: In all pretreatments, by increasing drought stress, germination percent, germination index, germination energy, germination speed, kotowski coefficient of velocity and seed vigor index were reduced and mean germination time increased. Germination of control seeds was ceased in osmotic potentials >-6 bar, but seed pretreatment (by all applied concentrations of SA) even up to -14 bar improved germination percent and other studied traits. The highest germination percent (88.34%) was observed in pretreatment of 1 mM SA and drought stress of 0 bar, and the best germination percent (45.27%) at -14 bar level of drought stress was related to pretreatment of 1 mM SA.

Conclusion: regarding to application of *P. edarica* seedlings in plantations and urban and rural green spaces of arid and semi-arid regions, SA seed pretreatment can improve its seedling production efficiency in nurseries of these regions.

Keywords: Salicylic acid, Pretreatment, Seed vigor index, Kotowski coefficient of velocity, Germination energy.

*Corresponding author: mtabari@modares.ac.ir