اثر آماده‌سازی هورمونی بر جوانه‌زنی و رشد اولیه بذر کاج الداریکا (*Pinus eldarica*) در شرایط تنش شوری

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

تاریخ دریافت : ۹۲/۲/۹
تاریخ تصویب: ۹۳/۲/۲

چکیده

در این تحقیق، اثر آماده سازی هورمونی روی جوانه‌زنی بذر و رشد اولیه کاج تهران تحت تنش شوری آزمایش شد. بذور با اسید سالیسیلیک (محلول‌های ۰، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار، به مدت ۷۲ ساعت) تیمار شدند و بعد از آغشتگی به نمک کلرید سدیم (پتانسیل اسمزی ۰، ۴۰، ۱۲۰، ۲۰۰ و ۲۸۰ میلی‌مولار) به‌مدت ۴۰ روز در ژرمیناتور (دمای

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد جنگلداری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس، نور،
[۲] استاد گروه جنگلداری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس، نور، .mtabari@modares.ac.ir نویسنده مسئول
[۳] دانشجوی دکتری جنگلداری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس، نور.

۲۰ درجه) قرار گرفتند. جوانه‌زنی در بذرهای تیمار نشده در پتانسیل اسمزی بیش از ۱۲۰ میلی‌مولار متوقف شد اما در بذرهای تیمار شده تا ۲۸۰ میلی‌مولار ادامه یافت. در اغلب سطوح شوری، بیشترین درصد جوانه‌زنی و قدرت جوانه‌زنی و در تمام سطوح شوری، بزرگترین اندازه سرعت جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر به اسید سالیسیک ۱ میلی‌مولار اختصاص داشت. این یافته‌ها می‌رساند که برای نهال‌کاری کاج الداریکا در خاک شور بهتر است در نهالستان، بذور آن قبل از کاشت با اسید سالیسیلیک بویژه محلول ۱ میلی‌مولار تیمار شوند.

واژه‌های کلیدی: اسید سالیسیلیک، پتانسیل اسمزی، تنش شوری، شاخص بنیه، قدرت جوانه‌زنی، کاج الداریکا.

مقدمه

در چرخه رشد گونه های گیاهی و تولید نهال، جوانه‌زنی و رشد اولیه حساسترین و مهمترین مراحل زیستی هستند برای اینکه تضمین کننده استقرار موفق گیاه و رشد بعدی آن می‌باشند (Bhattacharjee, 2008). این مراحل از رشد گیاه به شدت تحت تأثیر عوامل محیطی از جمله دما، رطوبت، اکسیژن و انرژی لازم جهت انجام فعالیت‌های متابولیسمی قرار دارند (احمدلو و همکاران، ۱۳۹۰). در میان این عوامل، آب عامل اصلی فعال کننده جوانه‌زنی است (Turk et al., 2004). بطوری که فرآیند فیزیکی جذب آب منجر به فعال شدن فرآیندهای متابولیسمی داخل بذر شده و در ادامه با جذب آب توسط بذر، جوانه‌زنی صورت می‌گیرد (Ahmadloo et al., 2011). این در حالی است که تنش شوری به‌عنوان یکی از فاکتورهای محیطی نامساعد دخیل در رشد گیاهان، با اختلال در جذب آب (کاهش فشار اسمزی آب)، سمیت یونی، کاهش جذب عناصر غذایی و تغییر در میزان تنظیم کننده‌های رشد، روی جوانه‌زنی و رشد گیاهان تأثیر می‌گذارد (Hampson and Simpson, 1990). از طرف دیگر توانایی جوانه‌زنی بذرها در شرایط تنش‌های محیطی، شانس استقرار بیشتر نهال را به دنبال دارد (Seefeldt et al., 2002). لذا با توجه به اثرات سوء تنش شوری روی جوانه‌زنی، استقرار نهال و نیاز به احیاء اراضی فاقد پوشش گیاهی در مناطق با خاک‌های شور،

لازم است که توجه خاصی به این عامل تنش‌زای محیطی مبذول شود. در این راستا راهکارهای متعددی در اکثر کشورهای دنیا در خصوص استفاده از تکنولوژی‌های ساده و کم هزینه مطرح است.

یکی از روش‌های فیزیولوژیک - بیولوژیک ساده و ارزان برای افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی، خروج یکنواخت‌تر و سریع‌تر نهال‌ها و مقاوم سازی بذرها در مرحله جوانه‌زنی و نهال حاصل از آن‌ها نسبت به تنش‌های محیطی از جمله تنش شوری، آماده سازی بذر است (Callan et al., 1990). طی مکانیسم آماده سازی بذر، امکان هیدراته شدن بذر تا حدی است که مراحل اولیه جوانه‌زنی یعنی مرحله ۱ (جذب فیزیکی آب) و مرحله ۲ (آغاز فعال سازی بعضی از آنزیم‌ها، هورمون‌ها، سنتز DNA و RNA، تولید ATP، بهبود غشای سیتوپلاسمی و هیدرولیز قندها و انتقال مواد ذخیره‌ای در بذر) انجام می شود اما از خروج ریشه‌چه جلوگیری به عمل می‌آید. به عبارت دیگر، بذرها تا مرحله‌ی دوم جذب آب پیش می‌روند ولی وارد مرحله سوم نمی‌شوند (Badek et al ., 2006). سپس جهت ممانعت از کپک زدگی این بذرها تا زمان کاشت و همچنین توازن در محتوای رطوبتی بذرهای تیمار شده و شاهد، بذرها ی تیمار شده خشک می شوند. آماده سازی بذر به روش‌های مختلفی مانند آماده سازی بذر با نمک (هالوپرایمینگ)، آماده سازی بذر با مواد اسمزی (اسموپرایمینگ)، آماده سازی بذر با آب (هیدروپرایمینگ) و آماده سازی بذر با هورمون‌های گیاهی (هورمونال پرایمینگ) انجام می‌شود. یکی از موادی که بطور معمول در آماده سازی هورمونی بذر استفاده می‌شود، اسید سالیسیلیک یا اورتو هیدروکسی بنزوئیک اسید ($C_7H_6(OH)$) می‌باشد. اسید سالیسیلیک به گروهی از ترکیبات فنلی تعلق دارد که با داشتن خاصیت تولید آنتی اکسیدانت‌ها در گیاهان ایفای نقش می‌کند (Hayat et al., 2010). ترکیبات این گروه می‌توانند به عنوان تنظیم کننده‌ی رشد و نمو گیاه عمل کنند (Popova et al., 1997). همچنین اسید سالیسیلیک بعنوان یک مولکول سیگنالی از جمله هورمون‌های گیاهی می‌باشد که قابل حل در آب بوده و نقش مهمی در پاسخ به تنش‌های محیطی مانند شوری دارد (Senaratra et al., 2000). البته بسته به غلظت بکار رفته، مرحله‌ی رشد گیاه، طریقه استفاده و نوع گونه اثرات متفاوتی روی فرآیندهای مختلف فیزیولوژیکی دارد (Horzath et al., 2007). طبق تحقیق‌های انجام گرفته از لحاظ فیزیولوژیکی اسید سالیسیلیک به‌واسطه خاصیت تولید مواد آنتی اکسیدانتی نسبت به بسیاری از مواد دیگر که در آماده سازی بذر استفاده می‌شوند، قابلیت مهار مشکل شوری و در نتیجه افزایش مقاومت به تنش شوری را دارا

می‌باشد. از لحاظ اقتصادی هم اسید سالیسیلیک ماده‌ای بسیار ارزان و دسترسی به آن آسان می باشد بنابراین استفاده از آن نسبت به مواد دیگر به صرفه تر می باشد.

در ارتباط با کاربرد اسید سالیسیلیک جهت کاهش اثرات تنش شوری روی بذر گونه‌های مرتعی و زراعی تحقیق‌های زیادی صورت گرفته است از جمله Ozdener and Kutbay (2008) روی *Spregularia mariana* و Bahrani and Purreza (2012) روی *Triticum aestivum* L.، به نوعی برتری این تیمار را در جهت افزایش مقاومت به تنش شوری نسبت به بذرهای تیمار نشده تأیید کردند. در داخل کشور نیز دولت آبادیان و همکاران (۱۳۸۷) روی گندم (*Triticum aestivum* L.)، کافی و همکاران (۱۳۸۹) روی خار مقدس (*Cnicus benedictus* L) و مرادی و رضوانی مقدم (۱۳۸۹) روی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) اثرات مثبت استفاده از این نوع تیمار را جهت مقابله با تنش اثبات کردند.

علی‌رغم مطالعات انجام گرفته در زمینه استفاده از تیمار بذر با اسید سالیسیلیک به منظور کاهش اثرات منفی تنش شوری، تاکنون هیچ مطالعه‌ای در این زمینه روی گونه‌های جنگلی صورت نگرفته است. اگرچه تحقیقاتی اندکی وجود دارد که فقط با اعمال تیمار با اسید سالیسیلیک (بدون اعمال تنش) روی بذر گونه‌های درختی صورت گرفته است از جمله Bautista-Calles et al (2008) در بررسی تاثیر اسید سالیسیلیک با غلظت 10^{-4} میلی‌مولار روی *Carica papaya* L. نتیجه گرفتند که کاربرد این اسید، جوانه‌زنی بذر را به میزان ۸۱٪ نسبت به شاهد افزایش می‌دهد. Jian-Dal and Jian-Ping (2009) نیز در بررسی اثر اسید سالیسیلیک با غلظت‌های ۰/۵، ۲ و ۵ میلی‌مولار بر *Larix pricipis* گزارش کردند که غلظت ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلک درصد جوانه‌زنی و قدرت جوانه‌زنی را افزایش داد و با افزایش سطح اسید سالیسیلیک از مقدار پارامترهای ذکر شده کاسته شد. تحقیق حاضر روی گونه جنگلی کاج الداریکا (*Pinus eldarica* Medw.) می‌باشد. همچنین آماده سازی بذر با اسید سالیسیلیک می‌تواند شرایط مناسبی را در قیاس با بذرهای تیمار نشده برای جذب آب فراهم کند. با توجه به تکثیر این گونه از طریق بذر و عدم دریافت گزارشی مبنی بر تولید نهال آن از طریق قلمه (پور عسگری، ۱۳۸۳) و با در نظر گرفتن وسعت جنگلکاری‌های انجام گرفته با نهال این گونه در مناطق با خاک شور و استفاده در طراحی فضای سبز، مطالعه‌ی مرحله جوانه‌زنی و رشد اولیه این گونه به عنوان مراحل تعیین کننده در تولید نهال آن و شناخت تیمارهای بهبود دهنده

مقاومت نسبت به تنش شوری حائز اهمیت است. با توجه به مسئله بحرانی شوری و نبود زهکشی مناسب زمین در ایران و کشت گونه مورد مطالعه در تمام رویشگاههای ایران در قالب طرح احیای جنگل و فضای سبز توسط سازمان جنگلها و مراتع کشور و سازمان های تابعه آن بایستی پیگیر راهکارهایی باشیم تا بتوان مقاومت گونه کاج الداریکا را نسبت به تنش های شوری در مراحل اولیه زندگی آن رفع نمود.

روش کار

تحقیق حاضر به‌منظور تعیین تأثیر آماده سازی هورمونی با اسید سالیسیلیک بر صفات جوانه‌زنی و رشد اولیه بذر کاج الداریکا در شرایط تنش شوری انجام شد. آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرار صورت گرفت. تیمارها شامل چهار ٤ سطح آماده سازی (محلول‌های۰ (شاهد)، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک) و تنش شوری در ۵ سطح (۰، ۱۲۰،٤۰، ۲۰۰ و ۲۸۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) بود. قبل از اعمال هر گونه تیمار، بذرهای تهیه شده از مرکز بذر جنگلی خزر با قارچ کش کربوکسین تیرام (۲ گرم در هزار میلی‌لیتر) ضدعفونی و سپس ۳ مرتبه با آب مقطر شستشو شدند.

آماده سازی هورمونی

برای اعمال آماده سازی هورمونی بذر، ابتدا محلول‌های ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک تهیه و سپس بذرها به مدت ۷۲ ساعت درون محلول‌های ذکر شده قرار گرفتند. بعد از اتمام این مدت، بذرها از محلول‌ها خارج و با آب مقطر شستشو و در دمای اتاق خشک شدند (Ozdener and Kutbay, 2008).

آزمایش جوانه‌زنی تحت تنش شوری

بعد از اتمام فرآیند آماده سازی و عمل خشک کردن بذرهای تیمار شده، جهت بررسی تأثیر بر جوانه‌زنی و رشد اولیه کاج الداریکا تحت تنش شوری، محلول‌های شوری ۰، ٤۰، ۱۲۰، ۲۰۰ و ۲۸۰ میلی‌مولار کلرید سدیم طبق رابطه ۱ تهیه شدند. سپس بذرهای تیمار شده و شاهد در ۳ تکرار ۲۵ عدد بذری داخل پتری‌دیش‌های استریل شده با ۲ لایه کاغذ صافی قرار گرفته و محلول-های مورد نظر جهت اعمال تنش شوری به مقدار ۵ سی‌سی در زمان مورد نیاز به آن‌ها اضافه شد.

(۱) (علیزاده، ۱۳۸۷)

$$\Psi s = M.I.R.T$$

Ψ= پتانسیل اسمزی (بار)، R= عدد ثابت گاز-ها (۰/۰۸۳۳۰ bar. lit. mole-۱. K-۱)، I = ضریب یونیزاسیون، T = دمای محلول

(کلوین)، M = مولاریته محلول (گرم ماده تقسیم بر وزن ملکولی)

پتری‌دیش‌های حاوی بذر به مدت ٤٠ روز در محیط ژرمیناتور با شرایط استاندارد جوانه-زنی ۸ ساعت تاریکی و ١٦ ساعت روشنایی، شدت ۳۰۰۰ لوکس نوری، دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ٦٥ درصد تحت تنش شوری قرار گرفتند. در طول مدت آزمایش، به منظور جلوگیری از رشد قارچ و پاک نگه داشتن پتری‌دیش‌ها، کاغذهای صافی و محلول‌ها هر ۳ روز یک‌بار تعویض شدند. سپس یادداشت برداری‌ها با توجه به تاریخ اولین جوانه‌زنی تا پایان مدت این آزمایش‌ها ادامه یافت، ملاک جوانه‌زنی داشتن طول ریشه‌چه حداقل ۲ میلی‌متر بود (Ganatsas and Tsakaldimi, 2007).

محاسبه صفات

پس از اطمینان از اتمام جوانه‌زنی، صفات درصد جوانه‌زنی (GP)[1]، سرعت جوانه‌زنی (GS)[2] ، قدرت جوانه‌زنی (GE)[3] ، شاخص بنیه (VI)[4] با استفاده از روابط ذکر شده در جدول ۱ اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری طول گیاهچه، از هر پتری‌دیش تعداد ۷ گیاهچه به طور تصادفی انتخاب و با خط‌کش اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری وزن خشک، گیاهچه‌ها به‌مدت ۱۷ ساعت در دمای ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد درون آون قرار گرفته و سپس توزین شدند.

[1] Germination Percentage
[2] Germination Speed
[3] Germination Energy
[4] Vigor Index

جدول ۱: فرمول محاسباتی شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد اولیه

پارامتر	فرمول	منبع
درصد جوانه زنی	GP= n/(N×100)	(Ruan et al., 2002)
سرعت جوانه زنی	GS= ∑(ni/ti)	(Shakirova et al., 2003)
قدرت جوانه زنی	GE= Mcgr/(N ×100)	(Ruan et al., 2002)
شاخص بنیه	SVI= GP × Mean (Sl+Rl)/100	(Abdul- Baki and Anderson, 1973)
n= تعداد کل بذرهای جوانه زده در طی دوره، ni= تعداد بذرهای جوانه زده در یک فاصله زمانی مشخص ti، N= تعداد بذرهای کاشته شده، Mcgr= ماکزیمم درصد تجمعی بذرهای جوانه‌زده، ti = تعداد روزهای پس از شروع جوانه‌زنی، Sl= طول ساقه چه و Rl= طول ریشه‌چه		

آنالیز داده‌ها

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS (Ver. 17) 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 چند دامنه‌ای دانکن و در صورت عدم همگنی واریانس‌ها از آزمون دانت تی ۳ استفاده گردید. رسم نمودارها نیز با نرم افزار Excel انجام گرفت.

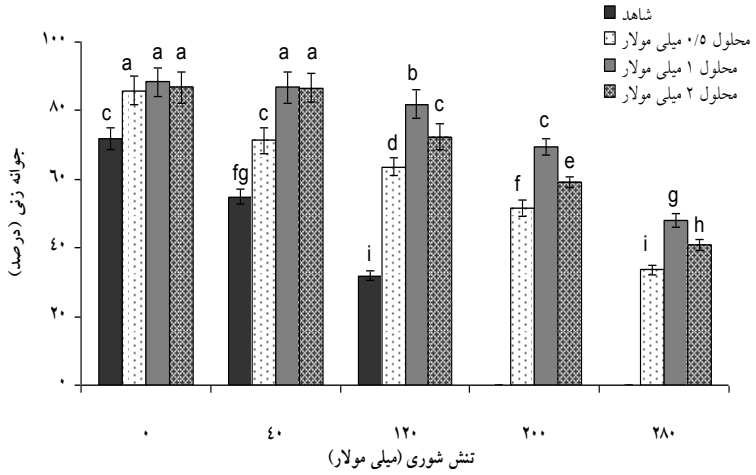
نتایج

طبق تجزیه واریانس آماده سازی هورمونی، تنش شوری و اثر متقابل آن‌ها روی درصد جوانه‌زنی، قدرت جوانه‌زنی، سرعت جوانه-زنی، شاخص بنیه، طول گیاهچه و وزن خشک گیاهچه اثر معنی‌دار دارد (جدول ۲).

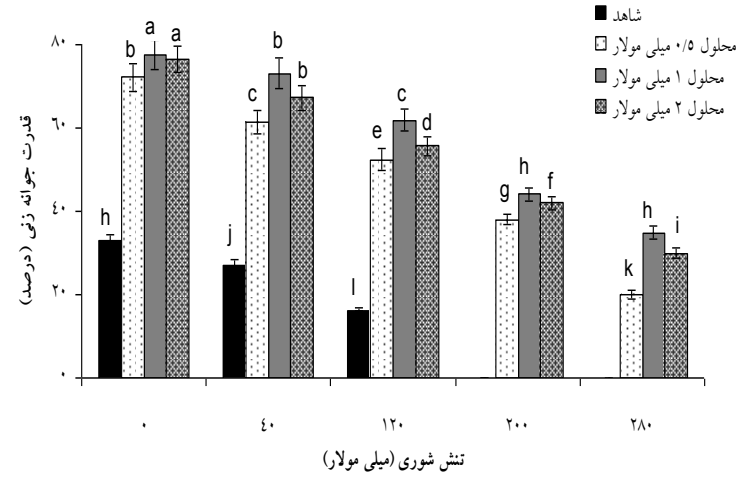
جدول ۲: نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد اولیه تحت تیمار آماده سازی هورمونی و تنش شوری

منابع تغییرات		جوانه‌زنی	سرعت جوانه-زنی (بذر در روز)	قدرت جوانه-زنی	شاخص بنیه	طول گیاهچه (میلی متر)	وزن خشک گیاهچه (گرم)
آماده سازی هورمونی	F	۱۹۰۳/۹٤	۱۹۰۲۰/۱۵	۱٦۹/۸٦	۲٦۱۱/۵۷	۲۸۹۰/۳۲	٥٤٤/۹
	P	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**
تنش شوری	F	۱۷۹۳/۸۵	۱۱٤۰۱/۳۳	۱۱٤/٦۱	۲۸٦۳/۵٦	۲۱۱۳/۰٦	۳۱۵/۷٦
	P	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**
آماده سازی هورمونی × تنش شوری	F	۷۵/۸۲	٤۲۷/۹۱	۱۸/٤۹	٤۰/۳۲	۷۳/۸۳	٤/۵۵
	P	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**
** معرف معنی‌دار بودن اختلاف بین میانگین‌ها در سطح ۰/۰۱ است.							

نتایج مقایسه میانگین درصد جوانه‌زنی و قدرت جوانه‌زنی تحت اثر متقابل آماده سازی هورمونی و تنش شوری بیانگر این مطلب است که در تمام سطوح تنش شوری، همه‌ی بذرهای تیمار شده نسبت به بذرهای تیمار نشده مقادیر بالاتری را نشان دادند. بذرهای تیمار نشده در تنش شوری بیشتر از ۱۲۰ میلی‌مولار قادر به جوانه‌زنی نبودند. در اغلب سطوح تنش شوری با نمک کلرید سدیم، تیمار آماده سازی هورمونی ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیک درصد جوانه‌زنی و قدرت جوانه‌زنی بالاتری را تولید کرد (شکل ۱ و ۲).

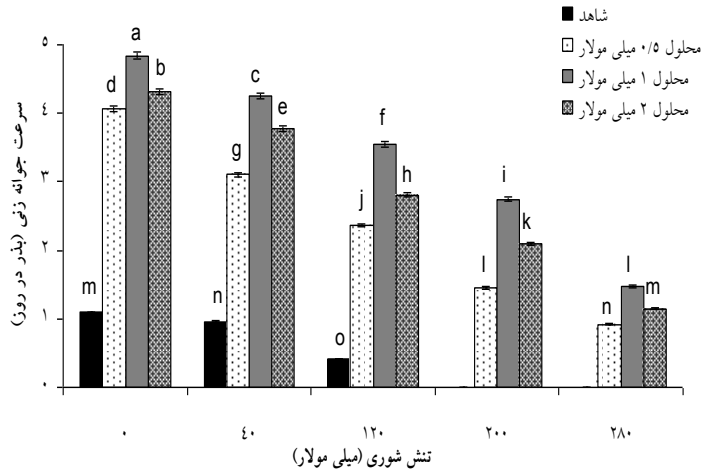


شکل ۱: اثر متقابل آماده سازی هورمونی و تنش شوری درصد جوانه‌زنی
حروف مختلف مبین معنی‌دار بودن میانگین‌ها در سطح احتمال ۰/۰۵ درصد است.

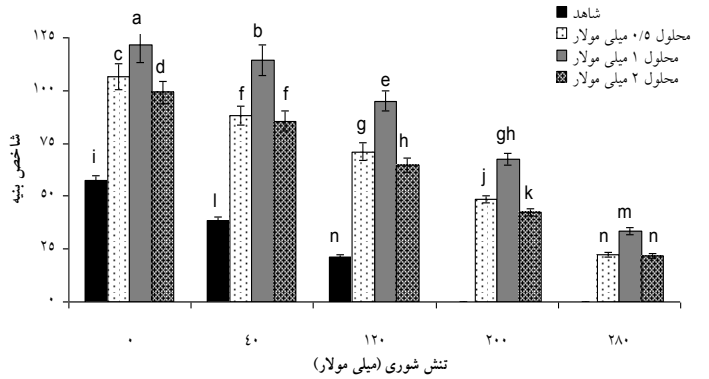


شکل ۲: اثر متقابل آماده سازی هورمونی و تنش شوری بر قدرت جوانه‌زنی
حروف مختلف مبین معنی‌دار بودن میانگین‌ها در سطح احتمال ۰/۰۵ درصد است.

طبق نتایج مقایسه میانگین سرعت جوانه‌زنی و شاخص بنیه تحت اثر متقابل آماده سازی هورمونی و تنش شوری، بذرهای تیمار شده نسبت به بذرهای تیمار نشده تفاوت معنی دار افزایشی را نشان دادند. در همه‌ی سطوح تنش شوری، محلول ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیک بیشترین سرعت جوانه‌زنی و شاخص بنیه بیشتری را نشان داد (شکل‌های ۳ و ٤).



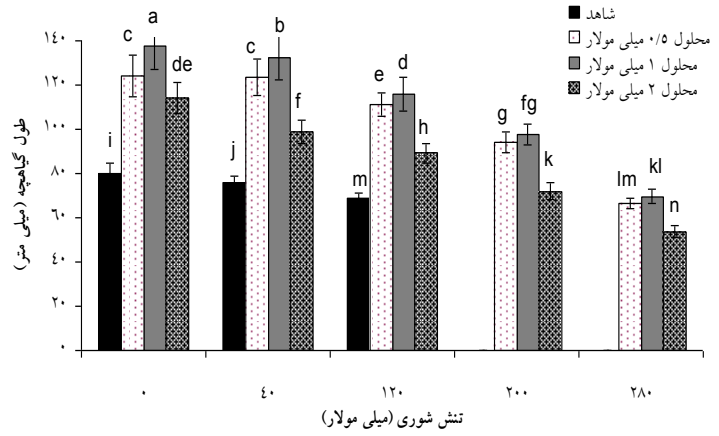
شکل ۳: اثر متقابل آماده سازی هورمونی و تنش شوری بر سرعت جوانه‌زنی
حروف مختلف مبین معنی‌دار بودن میانگین‌ها در سطح احتمال ۰/۰۵ درصد است.



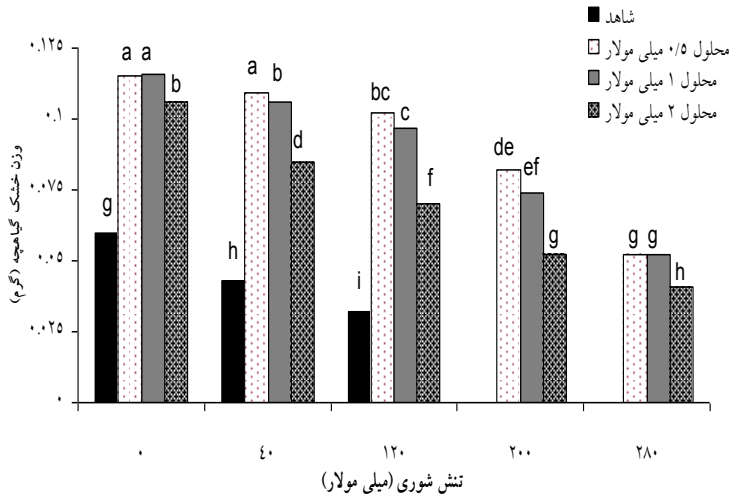
شکل ۴: اثر متقابل آماده سازی هورمونی و تنش شوری شاخص بنیه
حروف مختلف مبین معنی‌دار بودن میانگین‌ها در سطح احتمال ۰/۰۵ درصد است.

افزایش تنش شوری منجر به کاهش طول گیاهچه و وزن خشک گیاهچه در کلیه‌ی بذرها شد. بذرهای تیمار شده با تمامی محلول‌های اسید سالیسیلیک نسبت به بذرهای تیمار نشده در هر کدام از سطوح تنش شوری افزایش قابل توجهی را برای دو

پارامتر ذکر شده نشان دادند. در مقایسه بین بذرهای تیمار شده با همدیگر، آماده سازی بذر با محلول ۱ میلی‌مولار بهترین کارایی را از جهت بهبود طول گیاهچه ثبت کرد (شکل ۵). در ارتباط با پارامتر وزن خشک گیاهچه، بذرهای تیمار شده با محلول ۰/۵ میلی‌مولار نسبت به دیگر تیمارها و شاهد در تمام سطوح شوری بالاترین مقادیر را به خود اختصاص داد. اگرچه بجز در سطح تنش ٤٠ میلی‌مولار، بین آماده سازی هورمونی بذر با محلول‌های ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار تفاوت معنی-داری وجود نداشت (شکل ٦).



شکل ۵: اثر متقابل آماده سازی هورمونی و تنش شوری بر طول گیاهچه
حروف مختلف مبین معنی‌دار بودن میانگین‌ها در سطح احتمال ۰/۰۵ درصد است.



شکل ۶: اثر متقابل آماده سازی هورمونی و تنش شوری بر وزن خشک گیاهچه
حروف مختلف مبین معنی‌دار بودن میانگین‌ها در سطح احتمال ۰/۰۵ درصد است.

بحث و نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر، درصد جوانه‌زنی بذرهای تیمار شده با اسید سالیسیلیک نسبت به بذرهای تیمار نشده تحت شرایط تنش شوری بهبود یافت. در این راستا Farahbakhsh (2012) در بررسی اثرات آماده سازی هورمونی (غلظت‌های ۰، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک) تحت تنش شوری با محلول‌های ۰، ٤۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار روی *Foeniculum vulgare* نتیجه گرفت که کاربرد این تیمار با محلول‌های ۰/۲۵ و ۰/۵ میلی‌مولار باعث افزایش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی می‌شود. زارع و همکاران (۱۳۸۹) نیز با مطالعه‌ی آماده سازی هورمونی (با اسید سالیسیلیک در غلظت‌های ۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر) روی بذر گیاه توت روباه (*Sanguisorba minor* L.) تحت شرایط تنش شوری در ۵ سطح ۰، ٦۰، ۱۲۰، ۱۸۰ و ۲٤۰ میلی‌مولار به نتایج مشابه با تحقیق حاضر دست یافتند. نقش بهبود دهنده تیمار با اسید سالیسیلیک در ارتباط با پارامتر درصد جوانه‌زنی احتمالاً بخاطر افزایش ترشح بعضی از هورمون‌های محرک جوانه‌زنی از جمله اکسین‌ها و سیتوکینین‌ها (Shakirova et al., 2003)، پاکسازی گونه‌های فعال اکسیژن (از طریق افزایش تولید آنتی اکسیدانت‌هایی مانند کاتالاز، سوپر اکسید دیسموتاز و گلوتاتیون ردوکتاز و آسکوربات) و در نتیجه کاهش پراکسیداسیون لیپیدها و پروتئین‌ها می‌باشد (Wang et al., 2009). همچنین افزایش فعالیت‌های فیزیولوژیکی احتمالی مانند هیدرولیز، جذب و فعالیت‌های آنزیمی و تعدیل اسمزی با مواد آلی نظیر پرولین و گلایسین بتائین ممکن است در بهبود این پارامتر دخیل باشند (Ahmad et al., 2012).

بهبود قدرت جوانه‌زنی بذرهای تیمار شده با اسید سالیسیک نسبت به بذرهای شاهد تحت شرایط تنش شوری در تحقیق حاضر با نتایج Ozdener and Kutbay (2008) در بررسی اثر پیش تیمار اسید سالیسیلیک با غلظت‌های ۰، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار در *S. mariana* تحت تنش شوری ۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۵۰۰ میلی‌مولار و نتایج زارع و همکاران (۱۳۸۹) روی گیاه توت روباه مطابقت دارد. طبق گزارش Yancey et al (1982) شاید بتوان علت افزایش بذرهای تیمار شده با هورمون را این‌گونه توجیه نمود که اسید سالیسیلیک احتمالاً با اتصال محکم به پروتئین‌ها و ترکیبات غشایی، ضمن حفظ یکپارچگی غشا و کاهش نفوذپذیری آن، باعث به حداقل رساندن کاهش آب در طول تنش می‌شود. این اسید همچنین ممکن است عامل فعال‌سازی آنزیم‌های هیدرولیز کننده و تولید ترکیبات لازم جهت انجام متابولیسم در بذر باشد. علاوه بر موارد ذکر شده، در

غلظت‌های مناسب، اسید سالیسیلیک احتمالاً می‌تواند به عنوان یک مولکول پیام رسان، ژن‌های مقاومت در برابر تنش را در بذر، فعال کرده و قدرت جوانه‌زنی بذر را افزایش دهد (El-Tayeb, 2005). وقتی بذر تحت تنش شوری قرار می گیرد، اسید سالیسیلیک جذب شده (طی عمل آماده سازی) به سرعت به گلوکز متصل می‌شود و به اسید سالیسیلیک ß- گلوکوزید (SAG) تبدیل می شود. آنزیمی که SA را به SAG تبدیل می‌کند، اسید سالیسیلیک گلوکوزیل ترانسفراز است. ترکیب تولید شده نقش مهمی در بیان ژن‌های مرتبط با افزایش مقاومت بذر نسبت به تنش شوری از جمله ژن‌های RS17,RS19,RS20 و RSS (ژن-هایی هستند که از طریق مقابله با سمیت ناشی از یون های نمک، بردباری به شوری را افزایش می دهند) و ژن PST1 (یکی از مشکلات ثانویه تنش شوری ایجاد تنش اکسیداتیو است، ژن PST1 بواسطه پاکسازی گونه‌های فعال اکسیژن که باعث تنش اکسیداتیو می شوند، بردباری به شوری را افزایش می دهد) دارد.

طبق نتایج تحقیق حاضر، آماده سازی هورمونی با اسید سالیسیلیک باعث افزایش سرعت جوانه‌زنی بذرهای تیمار شده در مقایسه با بذرهای شاهد تحت تنش شوری گردید. این مورد در نتایج حاصل از پژوهش‌های (Bahrani and Purreza 2012) در بررسی اثر پرایمینگ هورمونی با استفاده از غلظت‌های ۰، ۱/۵، ۳ و ٤/٥ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک تحت تنش شوری با سطوح ۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار روی *T. aestivum* L. و قنبری و همکاران (۱۳۹۰) با بررسی اثر پیش تیمار اسید سالیسیلیک با محلول‌های ۰، ۱، ۲ و ۳ میلی‌مولار بمدت ۲٤ ساعت و نیز تیمار تنش شوری ۰، ٤، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر روی تربچه (*Raphanus sativus* L.) مشاهده شده است. بهبود سرعت جوانه‌زنی در اثر اعمال تیمار هورمونی، ممکن است با فرآیندهای احتمالی همچون افزایش فعالیت‌های آنتی اکسیدانت، نگه‌داری محتوای آب سلول‌ها (با تولید ماده فنولیک، چرا که این ماده در دیواره سلولی بذر مانع از هدر رفت رطوبت می‌شود) و کاهش نفوذپذیری غشای سلولی در ارتباط باشد (Farooq et al., 2008). علاوه بر این با توجه به اینکه مؤثرترین ماده تنظیم کننده فشار اسمزی گیاهان در تنش شوری پرولین می‌باشد (Akhkha et al., 2011)، افزایش احتمالی محتوای پرولین توسط اسید سالیسیلیک به نگه‌داری اسمولاریته سلول‌ها، هوموستازی یون‌ها و در نتیجه کاهش زمان خروج ریشه‌چه در شرایط تنش شوری کمک می‌کند (Mishra and Saxena, 2009).

در تحقیق حاضر نتایج حاصل از بررسی صفت شاخص بنیه بدنبال اعمال تکنیک آماده سازی هورمونی تحت تنش شوری نشان داد

که بذرهای تیمار شده در قیاس با بذرهای تیمار نشده از شاخص بنیه بیشتری برخوردار بودند که هم راستا با نتایج (Afzal et al 2005) در آزمایش تأثیر پرایمینگ هورمونی با استفاده از سالیسیلیک اسید در ۳ سطح (۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی گرم در لیتر) تحت تنش شوری در ۲ سطح (٤ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر) روی *Triticum aestivum* L. می‌باشد. درصد جوانه‌زنی و طول گیاهچه دو صفت تعیین کننده شاخص بنیه به شمار می‌روند. علت بهبود درصد جوانه‌زنی با اعمال تکنیک پرایمینگ هورمونی قبلاً بحث شد. اما در زمینه افزایش طول گیاهچه با کاربرد این تیمار، می‌توان گفت که تیمار بذر با سالیسیلیک اسید، بواسطه‌ی افزایش ترشح هورمون‌هایی از جمله ایندول اسید استیک، سیتوکینین، جیبرلین و اکسین میزان تقسیم سلولی مریستم رأسی ریشه‌های اولیه را افزایش می‌دهد (Shakirova et al., 2003). همچنین این اسید عامل سنتز پروتئین کیناز است که در تقسیم سلول نقش دارد (Zhang and Liu, 2001). این احتمال هم وجود دارد که مهار آنزیم سنتز کننده اتیلن[8] توسط هورمون سالیسیلیک اسید، رشد گیاهچه را افزایش داده باشد (Shakirova et al., 2003).

طبق نتایج تحقیق حاضر، اعمال تکنیک آماده سازی هورمونی منجر به افزایش قابل توجه وزن خشک گیاهچه نسبت به تیمار شاهد در شرایط تنش شوری گردید. در این راستا (Unlu et al 2009) با بررسی تأثیر اسید سالیسیلیک با غلظت‌های ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ میلی‌مولار تحت تنش شوری ۲/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر روی *Vigna unguiculata* L. و Dallali و همکاران (۲۰۱۲) روی *Hydysarum carnosum* و *Hydysarum coronarium* به نتایج مشابه دست یافتند. به نظر می‌رسد که بهبود طول گیاهچه بواسطه‌ی سنتز هورمون‌های افزایش‌دهنده رشد در پیش تیمار با اسید سالیسیلیک، عامل مؤثر افزایش وزن خشک گیاهچه باشد.

بر اساس یافته‌های این تحقیق، شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد اولیه در بذرهای تیمار شده و تیمار نشده با افزایش تنش شوری کاهش یافتند. اگرچه جوانه‌زنی بذرهای تیمار نشده در تنش شوری بیشتر از ۱۲۰ میلی‌مولار متوقف شد ولی اعمال تکنیک آماده سازی هورمونی نسبت به شاهد باعث القاء مقاومت به تنش شوری حتی تا سطح تنش شوری ۲۸۰ میلی‌مولارگردید. در عین حال ملاحظه شد که در بین محلول‌های مختلف به‌کار رفته‌ی اسید سالیسیلیک، اغلب، بیشترین تأثیر مربوط به غلظت ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک بود. توصیه می‌شود در

[1] Aminocyclopropane carboxylic acid

نهالستان‌هایی که نهال کاج تهران با هدف جنگلکاری در مناطق با خاک شور تولید می‌شود، بذور قبل از کاشت با اسید سالیسیک بویژه غلظت ۱ میلی‌مولار تیمار شوند.

منابع

احمدلو، ف.، طبری، م.، بهتری، ب.(۱۳۹۰)اثر تنش آبی بر برخی صفات فیزیولوژیکی بذر کاج حلب و کاج بروسیا. مجله زیست شناسی ایران. ۲٤ (٥): ۷۲۸-۷۳٦.

پورعسگری، ع.م(.۱۳۸۳). ایران را سبز کنیم: راهنمای تولید نهال، درختکاری و معرفی تعدادی از درختان و درختچه‌های جنگلی برای عموم مردم. انتشارات دانشگاه تهران. ۱۳٦ ص.

دولت آبادیان، آ.، مدرس ثانوی، س.ع.م.، اعتمادی، ف. (۱۳۸۷). اثر پیش تیمار اسید سالیسیلیک بر جوانه‌زنی بذر گندم (*Triticum aestivum* L.) در شرایط تنش شوری. مجله زیست شناسی ایران. ۲۱ (٤): ٦۹۲-۷۰۲.

زارع، س.، طویلی، ع.، شهباز، ع.، ریاحی، ا.(۱۳۸۹). بررسی تأثیر مختلف اسید سالیسیلیک بر بهبود مولفه‌های جوانه‌زنی گیاه توت روباه (*Sanguisorba minor* L.) تحت تنش شوری و خشکی، نشریه مرتع و آبخیزداری. مجله منابع طبیعی ایران. ٦۳ (۱): ۲۹-۳۹.

علیزاده، ا.،(۱۳۷۸): رابطه آب و خاک و گیاه، انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد. ص.۱٥٥-۱٦۰.

قنبری، م.، افتخاریان جهرمی، ع.، جوانمردی، ش.، فرزانه، م.(۱۳۹۰). اثر پیش تیمار سالیسیلیک اسید بر جوانه‌زنی تربچه (*Raphanus sativus* L.) در شرایط تنش شوری. فصلنامه دانش نوین کشاورزی پایدار. ۳: ٤٥-٥۰.

کافی، م.، عیشی رضایی، ا.، حقیقی خواه، م.، قربانی، ص.(۱۳۸۹). مطالعه اثر سطوح مختلف شوری و پرایمینگ بذر بر جوانه‌زنی و خصوصیات گیاهچه دو گونه دارویی خانواده مرکبان. نشریه بوم شناسی کشاورزی. ۲ (۲): ۲٤٥-۲٥٥.

مرادی، ر.، رضوانی مقدم، پ.(۱۳۸۹). بررسی تأثیر پیش تیمار بذر توسط سالیسیلیک اسید در شرایط تنش شوری بر جوانه‌زنی وخصوصیات رشد گیاهچه رازیانه (*Foeniculum vulgare* MILL). نشریه پژوهشهای زراعی ایران. ۸ (۳): ۴۸۹-۵۰۰.

Abdul-Baki, A.A., Anderson, J.D. (1973). Viability and leaching of sugars from germinating barley. Crop Sci, 10 (1): 31-34.

Afzal, I., Basra, S.M.A., Ahmad, A., Farooq, M. (2005). Optimum of Hormonal priming techniques for allevation of salinity stress in wheat (*Triticum aestivum* L.). Caderno de Pesquisa Serie Biologica, Santa Cruz do Sul. 17 (1): 95-109.

Ahmad, L., Khaliq, T., Ahmad, A., Basra, S.M.A., Z., Ali, A. (2012). Effect of seed priming with ascorbic acid, salicylic acid and hydrogen peroxide on emergence, vigor and antioxidant activities of maize. African. J. Biotechnol, 11 (5): 1127-1137

Ahmadloo, F., Tabari, M., Behtari, B. (2011): Effect of drought stress on the germination parameters of *Cupressus* Seeds. Int. J. Forest, Soil & Erosion, 1 (1): 11-16.

Akhkha, A., Boutra, T., Alhejely, A. (2011). The rates of photosynthesis, chlorophyll content, dark respiration, proline and abscicic acid (ABA) in wheat (*Triticum durum*) under water deficit conditions. Int. J Agr Biol, 13 (2): 215- 221.

Badek, B., Duijn, B.V. Grzesik, M. (2006). Effect of water supply methods and seed moisture content on germination of China aster and tomato seeds. Agron. J, 24 (1): 45-51.

Bahrani, A., J. Pourreza, J., (2012). Gibberlic Acid and Salicylic Acid Effects on Seed Germination and Seedlings Growth of Wheat (*Triticum aestivum* L.) Under Salt Stress Condition. World Appl Sci J, 18 (5): 633-641.

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

Bhattacharjee, S. (2008). Triadimefon pretreatment protects newly assembled membrane system and caused up-regulation of stress proteins in salinity stressed *Amaranthus lividus* L. during early germination. J. Environ. Biol, 29 (5): 805-810.

Callan, N.W., Mathre, D.E. Miller, J.B. (1990). Bio-priming seed treatment for biological control of pythium premergence damping off in sh2 Sweet corn. Plant Dis, 74 (5): 368-372.

Dallali, H., Maalej, E.M., Boughanmi, N.G., Haouala, R. (2012). Salicylic acid priming in *Hedysarum carnosum* and *Hedysarum coronarium* reinforces NaCl tolerance at germination and the seedling growth stage. Aust J Crop Sci, 6 (3): 407-414.

El-Tayeb M.A. (2005). Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regul, 45 (3): 215-224.

Farahbakhsh, H. (2012). Germination and seedling growth in un-primed and primed seeds of Fenel as affected by reduced water potential induced by NaCl. ntl. Res. J Appl Basic Sci, 3 (4): 737-744.

Farooq, M., Aziz, T., Basra, S.M.A., Cheema, M.A., Rehman, H. (2008). Chilling tolerance in hybrid maize induced by seed priming with salicylic acid. J Agron Crop Sci, 194 (2): 161-168.

Ganatsas, P.P., Tsakaldimi, M.N. (2007): Effect of light condition and salinity on germinaton behaviour and early growth of umbrella pine (*Pinus pinea* L.) seed. Journal of Horticultural Science & Biotechnology, 82 (4): 605-610.

Hampson, C.R.. Simposon, G.M. (1990). Effect of temperature, salt and osmotic potential on early growth of wheat. Π. Early seedling growth. Can J Bot, 68 (2): 524-528.

Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M., Ahmad, A. (2010). Effect of exogenous salicylic acid under changing environment. A review, Environ Exp Bot, 68 (1): 14-25.

Horvath, E., Szalai, G., Janda, T., (2007). Induction of abiotic stress tolerance by salicylic acid signaling, J Plant Growth Regul, 26 (3): 290-300.

Jian-Da1, Z., Jian-Ping, L. (2009). Effect of Ca2+ and salicylic acid on germination of seeds of *Larix principis-ruprechtii*. Mod Appl Sci, 3 (1): 3-17.

Mishra, N., Saxena, P. (2009). Effect of salicylic acid on proline metabolism in lentil grown under salinity stress. Plant Sci, 177 (3): 181-189.

Ozdener, Y., Guray Kutbay, H. (2008). Effect of salinity and temperature on the germination of *Spergularia marina* seeds and ameliorating effect of ascorbic and salicylic acids. J Environ Biol, 29 (6): 959-964.

Popova, L., Pancheva, T., Uzunova, A. (1997). Salicylic acid: properties, biosynthesis and physiological role. Bulgarian Journal of Plant Physiology, 23 (1-2): 85–93

Ruan, S., Xue, Q., Tylkowska, K. (2002). The influence of priming on germination of rice (*Oryzo sativa* L.) seeds and seedling emergence and performance in flooded soil. Seed Science & Technology, 30 (1): 61-67.

Seefeldt, S.S., Kidwell, K.K., Waller, J.E. (2002). Base growth temperature, germination rates and growth response of contemporary spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars from the US Pacific Northwest. Field Crop Res, 75(1): 47-52.

Senaratra, T., Touchell, D., Bunn, E., Dixon, K. (2000). Acetyl salicylic acid (aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. J Plant Growth Regul, 30 (2): 157-161.

Shakirova, F.M., Sakhabutdinova, A.R., Bozrutkova, M.V., .Fatkhutdinova, R.A., Fatkhutdinova, D.R. (2003). Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. Plant Sci, 164 (3): 317-322.

Turk, M.A., Tahawa, R.M., Lee, K.D., (2004). Seed germination and seedling growth of three lentil cultivars under moisture stress. Asian J Plant Sci, 3 (3): 394-397.

Unlu, H., Altindal, N., Unlu, H.O., Altindal, D., Padem, H. (2009). Effect of salicylic acid on salinity in Cowpea. Ed 1. International Symposium on Sustainable Development, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina.

Wang, W.B., Kim, Y.H., Lee, H.S., Kim, K.Y., Kwask, S.S. (2009). Analysis of antioxidant enzymes activity during germination of alfalfa under salt and drought stresses. Plant Physiol Biochem, 47 (7): 570-577.

Yancey. P., Clark, M.E., Had, S.C., Bowlus, R.D., Somero, G.N. (1982). Living with water stress: evolution of osmolyte system. Science, 217 (4566): 1214-1222.

Zhang, S., Liu, Y. (2001). Activation of Salicylic Acid–Induced Protein Kinase, a Mitogen-Activated Protein Kinase, Induces Multiple Defense Responses in Tobacco. Plant Cell, 13 (8): 1877–1890.