# ارزیابی اثر سالیسیلیک اسید و اکسین بر شاخص‌های جوانه‌زنی گیاه مرزه (*Satureja hortensis* L.) تحت تنش خشکی و شوری

**طیبه سنجری مزاج[1*]، خدیجه احمدی[2]، حشمت امیدی[3]**

[1]دانشجوی کارشناسی‌ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد. تهران، ایران

[2]دانشجوی کارشناسی‌ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد. تهران، ایران

[3]دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده علوم کشاورزی. دانشگاه شاهد، تهران، ایران

**تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۷/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۱/۱۰**

**چکیده**

این پژوهش به‌منظور بررسی اثر پیش تیمار بذر با سالیسیلیک اسید و اکسین در شرایط تنش خشکی و شوری بر جوانه‌زنی و خصوصیات رشد گیاه مرزه، در سال ۱۳۹٤ در آزمایشگاه تکنولوژی بذر دانشگاه شاهد به صورت دو آزمایش مجزا با پیش تیمارهای سالیسیلیک اسید تحت تنش شوری و اکسین تحت تنش خشکی انجام شد. هر دو آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. تیمارهای آزمایش اول شامل سه سطح اسید سالیسیلیک (۰، ۰/۳ و ۰/٦ میلی‌مولار) و شوری در چهار سطح (۰، ۳، ٦ و ۹ دسی زیمنس بر متر) و تیمارهای آزمایش دوم نیز شامل اکسین (ایندول استیک اسید) در سه سطح (۰، ۰/۲ و ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر) و چهار سطح خشکی شامل (۰، ۳-، ٦- و ۹- بار) بود. نتایج آزمایش اول نشان داد که اثرمتقابل سالیسیلیک اسید و شوری بر صفات درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و نسبت آن‌ها، طول و وزن خشک گیاهچه معنی‌دار بود. با توجه به نتایج آزمایش دوم اثرمتقابل فاکتورها بر صفات مورد مطالعه به جز ضریب سرعت جوانه‌زنی تأثیر معنی‌داری داشت. بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی مربوط به پیش تیمار سالیسیلیک اسید با غلظت ۰/٦ میلی‌مولار و اکسین با غلظت ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر بود. تنش خشکی و شوری باعث کاهش ویژگی‌های جوانه‌زنی و پارامترهای رشد گیاه مرزه شد. نتایج نشان داد که پیش تیمار بذر با هورمون‌های اکسین و سالیسیلک اسید در شرایط تنش خشکی و شوری باعث افزایش جوانه‌زنی بذرهای گیاه دارویی مرزه شد.

***واژه‌های کلیدی:*** اکسین، درصد جوانه‌زنی، سالیسیلیک اسید، شاخص بنیه گیاهچه، مرزه.

*نویسنده مسئول: t.sanjar1992@gmail.com

**مقدمه**

تنش‌های محیطی به‌ویژه تنش‌های شوری و خشکی بیش از عوامل دیگر موجب کاهش تولیدات زراعی در سطح جهان می‌گردند (Shiri et al., 2009). از آنجا که آب به‌عنوان یک محیط مناسب برای انجام فرآیندهای آنزیمی به شمار می‌رود، کمبود آب قابل دسترس در مرحله جوانه‌زنی فعالیت‌های بیوشیمیایی بذر را تحت تأثیر قرار داده و سبب کاهش یا حتی توقف آن‌ها می‌شود (Patade et al., 2009; Yagmur and Kaydan, 2008). جوانه‌زنی از مراحل مهم و اساسی در زندگی اکثر گیاهان است و تحمل به شوری برای استقرار، جوانه‌زنی و سبز شدن گیاهانی که در خاک‌های شور رشد می‌کنند، اهمیت فوق العاده‌ای دارند (Hagighi and Milani, 2009).

استفاده از تکنیک‌های مناسب برای آماده‌سازی بذر در مقابل شرایط نامطلوب، به‌عنوان راهکاری جهت کاهش اثرات منفی تنش‌های محیطی بر گیاه و بهبود عملکرد به شمار می‌رود. یکی از روش‌هایی که امروزه توجه ویژه‌ای به آن شده، تکنیک پرایمینگ بذر است (Cavusoglu and Kabar, 2010; Yagmur and Kaydan, 2008; Bocian and Holubowicz, 2008; Guzman and Olave, 2006). در طی پرایمینگ فرایندهای اولیه جوانه‌زنی بذر فعال می‌شود، اما مرحله نهایی جوانه‌زنی که با خروج ریشه‌چه است در آن صورت نمی‌گیرد (Sivritepe et al., 2005; Sivritepe et al., 2003).

هورمون‌ها در ایجاد و کنترل جوانه‌زنی نقش کلیدی دارند، هورمون‌های رشدی که به‌طور معمول برای پرایمینگ بذر استفاده می‌شوند شامل اکسین‌ها (IAA, IBA, NAA)، جیبرلین‌ها (GA)، کینتین، اسیدآبسزیک، پلی‌آمین‌ها، اتیلن، براسینولاید و سالیسیلیک اسید هستند (Ashraf and Foolad, 2005). سالیسیلیک اسید یک ترکیب فنلی و هورمونی است که به‌عنوان تنظیم کننده رشد داخلی نقش مهمی را در مکانیزم‌های دفاع در برابر تنش‌های زنده و غیرزنده بازی می‌کند (Zalai et al., 2000). شکاری و همکاران (Shekari et al., 2010) گزارش کردند که پرایمینگ بذرهای گاوزبان با سالیسیلیک اسید موجب گردید تا سرعت و درصد گیاهچه‌های سبز شده در مزرعه افزایش یابد. برخی منابع تأثیر اکسین (IAA) را بر شکست خواب بذر ناچیز می‌دانند، اما برخی منابع دیگر معتقدند اکسین نیز می‌تواند در تحریک جوانه‌زنی بذرها نقش داشته باشد. به‌نظر می‌رسد اکسین نقش مهم‌تری را در جنین‌زایی ایفا می‌کند (Guan and Scandalios, 2002).

مرزه با نام علمی (*Satureja hortensis* L.) گیاهی از خانواده نعناع که در بسیاری از نقاط دنیا به عنوان سبزی، گیاهی ادویه‌ای و آشپزخانه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. اجزای اصلی تشکیل دهنده‌ی اسانس مرزه شامل: فنل، کارواکرول و تیمول، و همچنین پی- سیمن، بتا- کاریوفیلن، لینالول و دیگر ترپنوئیدها بودند (Sefidkon et al., 2006). مرزه گیاهی یک‌ساله و علفی است که دو گونه بسیار مشهور آن، شامل *Satureja hortensis* L. و *Satureja montana* L. به‌عنوان گیاه دارویی در ایران مورد استفاده قرار می‌گیرد (Omidbaigi and Hejazi, 2004). اندام هوایی گلدار مرزه در طب سنتی با اثرات شناخته شده ضد نفخ، ضد دل درد، ضدکرم، مقوی معده، محرک و خلط آور به کار می‌رود (Hajhashemi et al., 2000). با توجه به اهمیت تنش‌های محیطی به‌ویژه خشکی و شوری در مزراع کشاورزی ایران، هدف از این پژوهش بررسی تأثیر سالیسیلیک اسید و اکسین بر خصوصیات جوانه‌زنی و پارامترهای رشد گیاه مرزه تحت تنش خشکی و شوری بود.

**مواد و روش‌ها**

به‌منظور بررسی اثر پیش تیمار بذر گیاه مرزه توسط سالیسیلیک اسید و اکسین در شرایط تنش خشکی و شوری، بر جوانه‌زنی و خصوصیات رشدی گیاهچه آن، دو آزمایش مجزا به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. تیمارهای آزمایش اول شامل سه سطح اسید سالیسیلیک (۰، ۰/۳ و ۰/٦ میلی‌مولار) و تنش شوری در چهار سطح (۰، ۳، ٦ و ۹ دسی زیمنس بر متر) بود. تیمارهای آزمایش دوم نیز شامل اکسین (ایندول-۳-استیک اسید) در سه سطح (۰، ۰/۲ و ۰/۵ میلی‌گرم برلیتر) و چهار سطح خشکی شامل (۰، ۳-، ٦- و ۹- بار) بود. قبل از شروع آزمایش بذرهای مرزه با هیپوکلریدسدیم یک درصد به مدت دو دقیقه ضدعفونی و سپس سه مرتبه با آب مقطر آبشویی شدند. برای پیش تیمار با محلول ایندول استیک اسید بذرهای ضدعفونی شده بعد از خشک شدن به مدت ٢٤ ساعت در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد (Parmoon et al., 2013) و برای پیش تیمار بذر با محلول سالیسیلیک اسید، بذرها به مدت ٦ ساعت در تاریکی و در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد درون محلول قرار گرفتند ( Senaranta et al., 2002). سپس نمونه‌ها از محلول‌ها خارج و در دمای اتاق به مدت ٢٤ ساعت خشک گردیدند. در هر پتری دیش ۲۰ عدد بذر بر روی کاغذ واتمن قرار داده شد و به هر پتری دیش ۵ میلی‌لیتر آب مقطر یا محلول‌های مشخص نمک دریاچه قم و پلی اتیلن گلایکول با سطوح پتانسیل اسمزی بسته به تیمار افزوده شد و به منظور کاهش تبخیر آب دور پتری‌ها با پارافیلم بسته شد. هنگام شمارش، بذرهای جوانه‌زده تلقی می‌شدند که طول ریشه‌چه آن‌ها ۲ میلی‌متر بیشتر بود (ISTA, 2009). در روز دهم طول گیاهچه‌ها برحسب سانتی‌متر و وزن تر گیاهچه‌ها برحسب گرم بذرهای جوانه-زده اندازه‌گیری شد. وزن خشک گیاهچه، پس از خشک کردن آن‌ها به مدت ٢٤ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد در درون آون تعیین شد (Fatheiamirkhiz et al., 2012). ضریب آلومتری، عبارت است از نسبت طولی یا وزنی ساقه چه به ریشه چه است که با کاهش آب قابل استفاده برای گیاه، این ضریب نیز کم می‌شود. برای تیمارهای مختلف این آزمایش ضریب آلومتری با نسبت طولی محاسبه شده است. شاخص‌های بنیه گیاهچه (SVI1: شاخص طولی بنیه گیاهچه، SVI2: شاخص وزنی بنیه گیاهچه) از روابط زیر بدست آمدند (ISTA, 2009).

SVI (1) =(میانگین طول ساقه‌چه + میانگین طول ریشه‌چه) × جوانه‌زنی نهایی

SVI (2) =(درصد جوانه‌زنی نهایی × وزن خشک گیاهچه)

با شمارش روزانه بذرهای جوانه‌زده، درصد جوانه زنی[1] (GP)، میانگین مدت‌زمان جوانه‌زنی[2] (MGT) و همچنین ضریب جوانه‌زنی[3] (GC) که عکس میانگین مدت‌زمان جوانه‌زنی است طبق روابط ۱، ۲ و ۳ تعیین گردیدند. متوسط مدت‌زمان جوانه‌زنی مرتبط با مدت‌زمانی (روز) است که ریشه‌چه خارج می‌شود، هرچه مقدار عددی آن کوچک‌تر باشد نشان از جوانه‌زنی سریع‌تر است) که شاخصی از سرعت و شتاب جوانه‌زنی محسوب می‌گردد (Ellis et al., 1981).

1) $GP= S/T\times100$
2) $MGT= \sum Ti\ Ni/ \sum Ni$
3) $GC= (1/MGT)*100$

در این معادله، S: تعداد بذرهای جوانه‌زده، T: تعداد کل بذرها، Ti: تعداد بذرهای جوانه‌زده در هرروز، Ni: تعداد روزها از ابتدای جوانه‌زنی و $\sum Ni$: نیز کل تعداد بذرهای جوانه‌زده است. تجزیه آماری داده‌ها شامل تجزیه

1. Germination percentage
2. Mean germination time
3. Germination coefficient

واریانس با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 و مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی با آزمون LSD و رسم نمودارها با نرم افزار Excel انجام گرفت.

## نتایج و بحث

**آزمایش اول (اسیدسالیسیلیک و تنش شوری):** نتایج جدول تجزیه واریانس نشان از تأثیر معنی‌دار اثر متقابل سالیسیلیک اسید و شوری بر صفات مورد ارزیابی بجز ضریب سرعت جوانه‌زنی داشت (جدول ۱).

**جدول ۱:** تجزیه واریانس اثر سالیسیلیک اسید بر صفات مورد مطالعه تحت تنش شوری

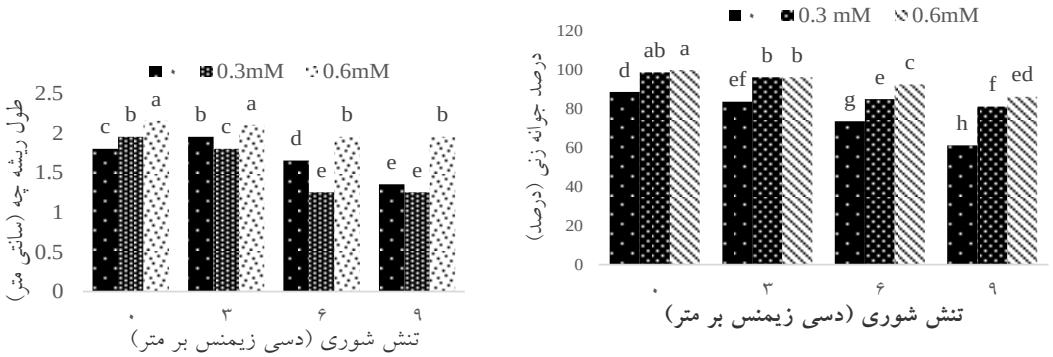
| | میانگین مربعات (MS) | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| منابع تغییر | درجه آزادی | درصد جوانه‌زنی | طول ریشه‌چه | طول ساقه‌چه | طول گیاهچه | ضریب آلومتری | وزن خشک گیاهچه | میانگین مدت زمان جوانه‌زنی | ضریب سرعت جوانه‌زنی | بنیه وزنی گیاهچه | بنیه طولی گیاهچه |
| سالیسیلیک اسید | ۲ | ۱۲۷۲/۳۹** | ۰/۹۷** | ۰/۰۱$^{ns}$ | ۱/۱٤** | ۰/۲٦** | ۰/۰۲** | ۹/۱۲** | ۸/۰۷* | ۰/۰۱* | ۱۰٦۲/۱۲** |
| تنش شوری | ۳ | ۹۱۹/۹٦** | ۰/٦۳** | ۰/۲۹** | ۱/٦٤** | ۰/۰۸** | ۰/۰۱** | ۸/٤٦** | ۱۲/۸۱** | ۰/۰۷** | ٤۹٦/۱۱** |
| سالیسیلیک اسید× شوری | ٦ | ٤۸/۰۹** | ۰/۱۰** | ۰/۰۹** | ۰/۱۸** | ۰/۱۰** | ۰/۰۱** | ۰/۸۷** | ٤/٤۸$^{ns}$ | ۰/۰۳** | ۱٦٥/۳٦** |
| خطا | ۲٤ | ٤/۳٤ | ۰/۰۰٥ | ۰/۰۰٥ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۰٦ | ۰/۰۰۰۹ | ۰/۰۸ | ۲/۰٦ | ۰/۰۰٥ | ٤۳/۰۸ |
| ضریب تغییرات (٪) | | ۲/۳۹ | ٤/۳۳ | ٤/۳۹ | ۱/۳۰ | ۸/٥۳ | ۱۰/٤٥ | ٦/۷۰ | ٥/۹٦ | ۲۲/٤۳ | ۱۷/٥۱ |

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱و ۵ درصد.

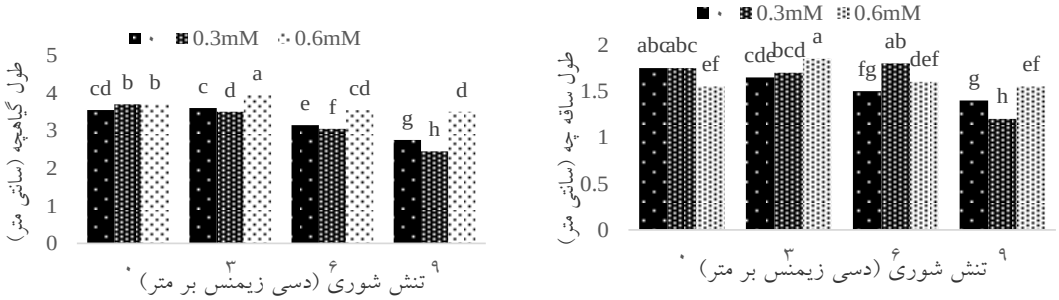
پیش تیمار سالیسیلیک اسید با غلظت ۰/٦ میلی‌مولار بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی را با میانگین ۹۳/۷۵ درصد داشت. در این مطالعه مشاهده شد که پیش تیمار بذر شاهی با سالیسیلیک اسید باعث افزایش درصد جوانه‌زنی می‌شود. افزایش تنش شوری کاهش درصد جوانه‌زنی بذرهای مرزه را در پی داشت. بر اساس نظرات Almansouri et al.(2001) تنش شوری در سطوح متعادل تنها سبب تأخیر در جوانه‌زنی می‌شود، در حالی که غلظت‌های زیاد کلرید سدیم سبب کاهش درصد جوانه‌زنی می‌شود. Sedghi et al. (2010) در آزمایش خود روی دو گیاه دارویی گل همیشه بهار و رازیانه شاهد کاهش جوانه‌زنی تحت تنش شوری بودند. بالاترین درصد جوانه‌زنی با میانگین ۱۰۰ درصد مربوط به غلظت ۰/٦ میلی‌مولار و عدم تنش شوری بود (شکل ۱- الف).

افزایش غلظت سالیسیلیک اسید باعث افزایش طول ریشه‌چه و گیاهچه شد. بیش‌ترین ضریب آلومتری مربوط به غلظت ۰/۳ میلی‌مولار با میانگین ۱/۰٦ بود. همچنین Hanan (2007) نیز گزارش کرد که تیمار با سالیسیلیک اسید باعث افزایش طول ریشه‌چه در گیاه گندم و جو می‌شود. پیش تیمار با سالیسیلیک اسید سبب افزایش میزان جوانه‌زنی و در نتیجه تشکیل ریشه‌چه در بذرهای مرزه شد. افزایش تنش شوری طول ساقه‌چه و گیاهچه را کاهش داد. نتایج مشابهی توسط Zhao and Liu (2000) در ارتباط با گیاه یونجه و Khaje-hosseini et al. (2003) در رابطه با سویا گزارش شده است. طول ریشه‌چه گیاه مرزه در غلظت ۰/٦ میلی‌مولار و عدم تنش دارای با میانگین (۲/۱۵ سانتی‌متر) بیش‌ترین مقدار بود (شکل ۱-ب). پیش تیمار بذر توسط سالیسیلیک اسید با غلظت ۰/٦ میلی‌مولار در تنش ۳ دسی

زیمنس بر متر مربوط به طول ساقه‌چه با میانگین (۱/۸۵ سانتی‌متر) و طول گیاهچه با میانگین (۳/۹۵ سانتی‌متر) بود (شکل ۲ ).

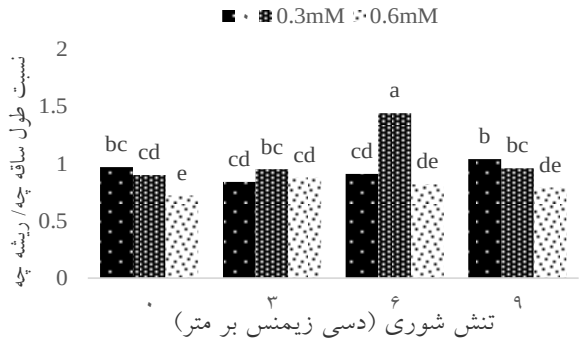



**شکل ۱:** الف) اثر متقابل سالیسیلیک اسید و تنش شوری بر درصد جوانه‌زنی ب) اثر متقابل سالیسیلیک اسید و تنش شوری بر طول ریشه‌چه (میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون فاقد تفاوت آماری بر اساس آزمون LSD در سطح پنج درصد هستند)




**شکل ۲:** الف) اثر متقابل سالیسیلیک اسید و تنش شوری بر طول ساقه‌چه ب) اثر متقابل سالیسیلیک اسید و تنش شوری بر طول گیاهچه (میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون فاقد تفاوت آماری بر اساس آزمون LSD در سطح پنج درصد هستند)

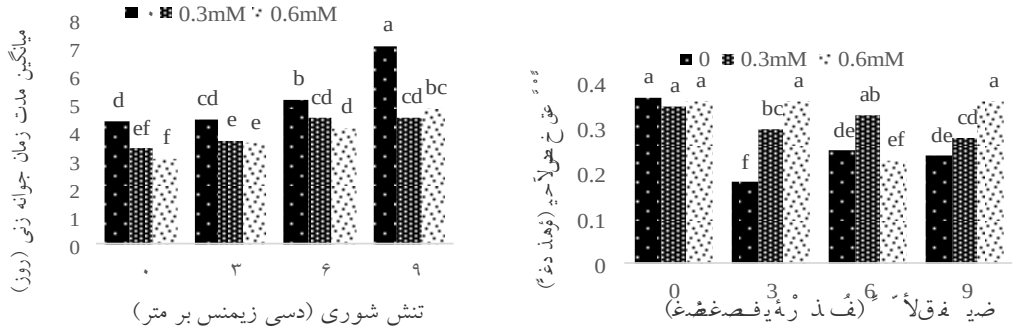
Salami (2006) نیز در بررسی اثر تنش شوری بر خصوصیات جوانه‌زنی بذور گیاهان دارویی زیره سبز ( *Cuminum cyminum* L) و سنبل الطیب (*Valeriana officinalis*) بیان نمودند که با افزایش غلظت شوری، وزن خشک ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و نسبت اندام هوایی به ریشه این گیاهان کاهش یافت. در بین سطوح تنش شوری و پرایمینگ سالیسیلیک اسید غلظت ۰/۳ میلی‌مولار و سطح ٦ دسی زیمنس با میانگین (۱/٤٤) دارای بیش‌ترین مقدار ضریب آلومتری بود (شکل ۳). ریشه‌چه و ساقه‌چه شاخص‌های مهمی جهت ارزیابی واکنش گیاهان به تنش شوری می‌باشند و جلوگیری از رشد آنها واکنش طبیعی به تنش است. کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه می‌تواند به دلیل اثرات سمی ناشی از نمک و یا عدم توازن در مقادیر عناصر غذایی در بذر گیاه باشد (Basra et al., 2005).




**شکل ۳:** اثر متقابل سالیسیلیک اسید و تنش شوری بر نسبت طول ساقه‌چه به ریشه‌چه
(میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون فاقد تفاوت آماری بر اساس آزمون LSD در سطح پنج درصد هستند)

بیش‌ترین وزن خشک گیاهچه مربوط به غلظت ۰/٦ میلی‌مولار با میانگین ۰/۳۲ گرم بود، البته از لحاظ آماری با غلظت ۰/۳ میلی‌مولار تفاوت نداشت. تنش شوری کاهش زیست توده گیاهی را در پی داشت. با توجه به نتایج اثرمتقابل بیش‌ترین وزن خشک گیاهچه را عدم تنش و پرایمینگ با میانگین ۰/۳۷ گرم داشت (شکل ٤- الف).

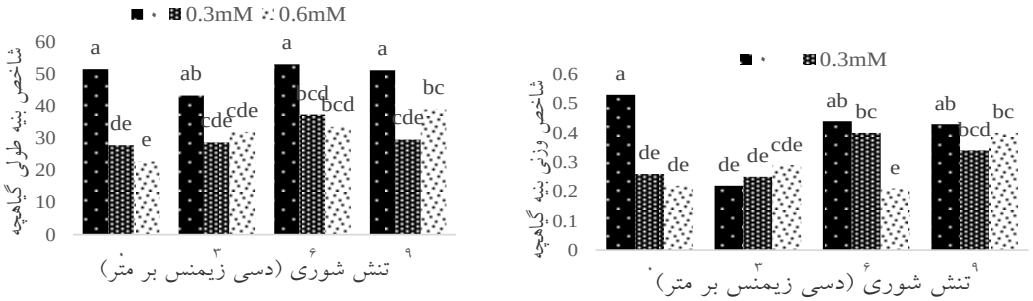
سالیسیلیک اسید باعث کاهش میانگین مدت زمان جوانه‌زنی و افزایش ضریب سرعت جوانه‌زنی شد. عدم تنش دارای کم‌ترین میانگین مدت زمان جوانه‌زنی بود. تنش شوری در سطح ۹ دسی زیمنس بر متر و عدم پرایمینگ با میانگین ۷/۱۵ روز دارای بیش‌ترین میانگین مدت زمان جوانه‌زنی بود. پیش تیمار سالیسیلیک اسید با غلظت ۰/٦ میلی‌مولار باعث کاهش میانگین مدت زمان جوانه‌زنی در شرایط تنش شد (شکل ٤-ب). طبق یافته‌های Ataei .Somagh et al (2016) تنش شوری باعث افزایش میانگین مدت زمان جوانه‌زنی و کاهش ضریب سرعت جوانه‌زنی گیاه دارویی عدس الملک شد، که با نتایج بدست آمده از این پژوهش مطابقت داشت.




**شکل ٤:** الف) اثر متقابل سالیسیلیک اسید و تنش شوری بر وزن خشک گیاهچه ب) اثر متقابل سالیسیلیک اسید و تنش شوری بر میانگین مدت زمان جوانه‌زنی (میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون فاقد تفاوت آماری بر اساس آزمون LSD در سطح پنج درصد هستند)

بیش‌ترین میزان شاخص وزنی و طولی بنیه گیاهچه مربوط به عدم پرایمینگ بود و تنش شوری شاخص بنیه گیاهچه را کاهش داد. در نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل، عدم تنش و پرایمینگ با میانگین (۰/۵۳) و (۵۱/۵۱) به ترتیب دارای بیش‌ترین شاخص وزنی و طولی بنیه گیاهچه بود (شکل ٤). طی بررسی پیش تیمار بذر توسط سالیسیلیک اسید در شرایط تنش خشکی و شوری بر خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاه بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) مشاهده

شد که غلظت ۰/۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و عدم تنش دارای بیش‌ترین درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و بنیه بذر شد (Ahmadi et al., 2016).




**شکل ۵:** الف) اثر متقابل سالیسیلیک اسید و تنش شوری بر شاخص وزنی بنیه گیاهچه ب) اثر متقابل سالیسیلیک اسید و تنش شوری بر شاخص طولی بتیه گیاهچه (میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون فاقد تفاوت آماری بر اساس آزمون LSD در سطح پنج درصد هستند)

**آزمایش دوم (ایندول استیک اسید و تنش خشکی):** نتایج این پژوهش نشان از تأثیر معنی‌دار پیش تیمار بذر با ایندول استیک اسید بر صفات مورد ارزیابی بجز طول ساقه‌چه و شاخص بنیه وزنی گیاهچه داشت. خشکی بر صفات درصد جوانه‌زنی، ویژگی‌های رشد و شاخص طولی بنیه گیاهچه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل اکسین (ایندول استیک اسید) و تنش خشکی بر صفات درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، ساقه‌چه، گیاهچه، ضریب آلومتری و وزن خشک گیاهچه معنی‌دار بود (جدول ۲).

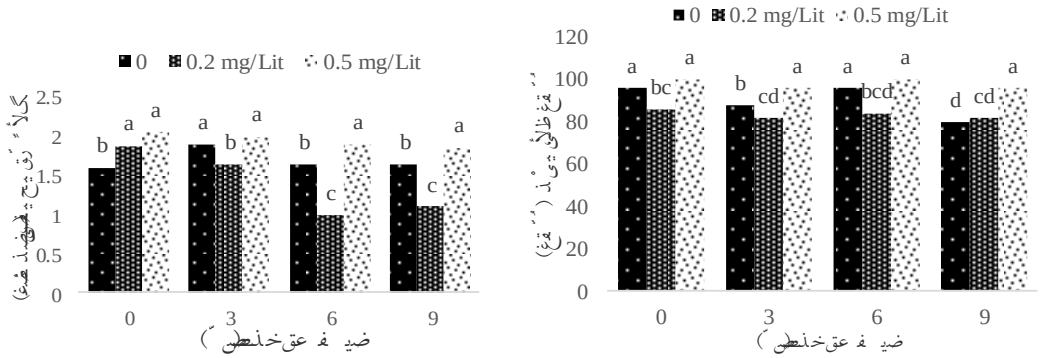
**جدول ۲:** تجزیه واریانس اثر اکسین بر صفات مورد مطالعه تحت تنش خشکی

| | میانگین مربعات (MSe) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| منابع تغییر | درجه آزادی | درصد جوانه‌زنی | طول ریشه‌چه | طول ساقه‌چه | طول گیاهچه | ضریب آلومتری | وزن خشک گیاهچه | میانگین مدت زمان جوانه‌زنی | ضریب سرعت جوانه‌زنی | بنیه وزنی گیاهچه | بنیه طولی گیاهچه |
| اکسین | ۲ | ٦٣٣** | ۰/۸۸** | ۰/۰۱$^{ns}$ | ۱/۰٥** | ۰/٤٦** | ۰/۰۱** | ۱/۸٦** | ۰/۱۸** | ۱٤/۰۸$^{ns}$ | ۷۳۷۰/٤٤** |
| خشکی | ۳ | ۱۳۱/٦٦** | ۰/۳۰** | ۰/۰٦** | ۰/٥۳** | ۰/۱۸** | ۰/۰۰۸** | ۰/۳۰$^{ns}$ | ۰/۰۲$^{ns}$ | ۱٥/٥۰$^{ns}$ | ۲٥۷٥/۷٥** |
| اکسین×خشکی | ٦ | ۳٥/٦٦** | ۰/۱٥** | ۰/۱۱** | ۰/۲** | ۰/۲٤** | ۰/۰۱** | ۰/۲۷$^{ns}$ | ۰/۰۲$^{ns}$ | ۸۷/۹۹$^{ns}$ | ۸۳۱/۰۳$^{ns}$ |
| خطا | ۲٤ | ۷/٦٦ | ۰/۰۱ | ۰/۰۰۹ | ۰/۰۲ | ۰/۰۰۸ | ۰/۰۰۰٦ | ۰/۱۱ | ۰/۰۰۱ | ۳۹/۲٥ | ۳۳٥/۳۰ |
| ضریب تغییرات (٪) | | ۳/۰٥ | ۷/۲۷ | ٦/۰٤ | ٥/۰۳ | ۸/۷٥ | ۸/۳۸ | ۱۰/۷٦ | ۱۰/۸۹ | ۱٤/٦۷ | ۱٥/۱۰ |

ns، * و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱و ۵ درصد.

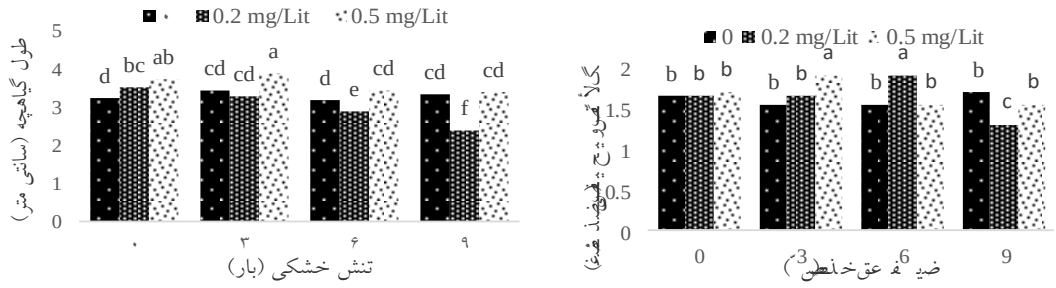
پیش تیمار بذر با ایندول استیک اسید باعث بهبود و افزایش درصد جوانه‌زنی در شرایط تنش خشکی شد. اثر مثبت پرایمینگ در شرایط تنش بر ویژگی‌های جوانه‌زنی و روند رشد گیاهان مختلف نیز پیش از این توسط چندین پژوهشگر گزارش شده‌است (Fathi Amirkhiz et al., 2012; Kaur et al., 2005; Roohi, 2008; Saadatian et al., 2012). پرایمینگ بذر توسط اکسین با غلظت ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر در سطوح عدم تنش و تنش ٦- بار دارای بالاترین

درصد جوانه‌زنی با میانگین ۱۰۰ درصد است (شکل ٦–الف). El-Araby and Hegazi (2004) بیان داشتند که پیش‌تیمار هورمونی موجب افزایش سطوح آنزیم کاتالاز و پراکسیداز شده و شاخص‌های جوانه‌زنی را افزایش می‌دهد.




**شکل ٦:** الف) اثر متقابل ایندول استیک اسید و خشکی بر درصد جوانه‌زنی ب) طول ریشه‌چه اثر متقابل ایندول استیک اسید و خشکی بر (میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون فاقد تفاوت آماری بر اساس آزمون LSD در سطح پنج درصد هستند)

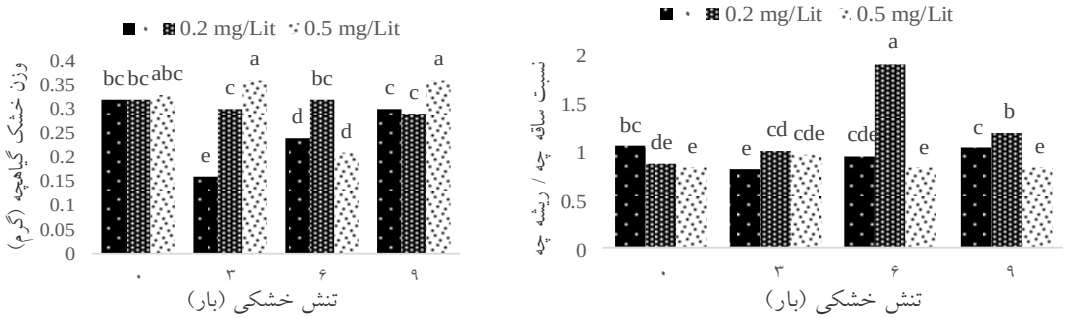
نتایج مربوط به میانگین طول ساقه‌چه و گیاهچه نشان داد که این صفت تحت تأثیر پرایمینگ افزایش و تحت تنش خشکی کاهش یافت. با توجه به نتایج اثرات متقابل اکسین و تنش خشکی، افزایش طول پارامترهای رشد گیاهچه در غلظت ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر مشاهد شد. منحنی عکس‌العمل بافت زنده در همه هورمون‌های شناخته شده زنگوله‌ای شکل می‌باشد. یعنی در غلظت‌های پایین اثر تحریک کنندگی داشته و به حداکثر خود می‌رسد و در غلظت‌های بالاتر از آن اثر بازدارندگی خواهد داشت (Arteca, 1995). اکسین در غلظت‌های بسیار کم ($10^{-8}$ مول یا کمتر) محرک طویل شدن ریشه می‌باشد و در غلظت‌هایی که محرک طویل شدن اندام هوایی است ($10^{-6}$ تا $10^{-5}$ مول)، رشد ریشه را متوقف می‌کند. این توقف رشد ریشه بخشی بخاطر تولید اتیلن در اثر غلظت زیاد اکسین است (Hopkins and Huner, 2004).




**شکل ۷:** الف) اثر متقابل ایندول استیک اسید و خشکی بر طول ساقه‌چه ب) اثر متقابل ایندول استیک اسید و خشکی بر طول گیاهچه (میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون فاقد تفاوت آماری بر اساس آزمون LSD در سطح پنج درصد هستند)

صفات طول ریشه‌چه، ساقه‌چه، نسبت آن‌ها و طول گیاهچه در مواجه با تنش خشکی کاهش یافت. بیش‌ترین طول ریشه‌چه با میانگین ۲/۰۵ سانتی‌متر در غلظت ۰/۵ میلی‌گرم برلیتر و عدم تنش مشاهده شد که از لحاظ آماری با دیگر سطوح تنش اختلافی نداشت (شکل ٦–ب). پیش تیمار بذر توسط اکسین با غلظت ۰/۲ میلی‌گرم بر لیتر در تنش ٦–

بار و غلظت ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر در تنش ۳- دارای بیش‌ترین طول ساقه‌چه با میانگین ۱/۹ سانتی‌متر بود (شکل ۷-الف). به نظر می‌رسد یکی از دلایل کاهش طول ساقه‌چه در شرایط تنش، کاهش یا عدم انتقال مواد غذایی از لپه‌ها به جنین باشد (Takel, 2000). در غلظت ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر و تنش ۳- بار با میانگین ۳/۹ سانتی‌متر و غلظت ۰/۲ میلی‌گرم بر لیتر و تنش ۹- بار با میانگین ۲/٤ سانتی‌متر به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین طول گیاهچه مشاهده شد (شکل ۷-ب). کاهش رشد اجزای گیاهچه (ریشه‌چه و ساقه‌چه) در شرایط خشکی و شوری بر بذرهای عدس (Turk et al., 2004) و نخودفرنگی (Okcu et al., 2005) گزارش شده است. این فرایند، رشد و توسعه اندام‌های گیاهچه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. طول گیاهچه معیاری از بنیه گیاهچه محسوب می‌شود و در بسیاری از گونه‌های گیاهان، همبستگی بین طول گیاهچه و بنیه آن مشخص شده و بنابراین از آن به عنوان معیاری برای ارزیابی رشد گیاهچه و بنیه آن استفاده می‌شود. افزایش غلظت پیش تیمار اکسین باعث افزایش شاخص بنیه طولی گیاهچه شد. تنش خشکی کاهش بنیه گیاهچه را در پی داشت.




**شکل ۸:** الف) اثر متقابل ایندول استیک اسید و خشکی بر ضریب آلومتری ب) اثر متقابل ایندول استیک اسید و خشکی بر وزن خشک گیاهچه (میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون فاقد تفاوت آماری بر اساس آزمون LSD در سطح پنج درصد هستند)

طی کاربرد پیش تیمار بذر با اکسین صفت نسبت ساقه‌چه به ریشه‌چه کاهش یافت. در آزمایشی که توسط Aghaei Pour et al.(2012) بر روی جوانه‌زنی لوبیا چیتی انجام شد ضریب آلومتری صفتی بود که کاربرد ایندول بوتیریک اسید منجر به افزایش آن و در نتیجه کاهش تأثیر منفی تنش شوری شد. نسبت ساقه‌چه به ریشه‌چه در تنش ٦- بار و غلظت ۰/۲ میلی‌گرم بر لیتر با میانگین ۱/۹، بیش‌ترین مقدار مشاهده شد (شکل ۸-الف).

کاربرد اکسین افزایش بیومس گیاهچه مرزه را در پی داشت ولی تنش خشکی میزان وزن خشک گیاهچه را کاهش داد. از آنجا که هورمون‌های اکسین و سیتوکینین از طریق تسریع تقسیم سلولی، افزایش ریشه‌های جانبی، بخش هوایی و تشکیل بافت آوندی، رشد و نمو گیاه را تنظیم می‌کنند (Delker et al., 2007) در غلظت‌های خاصی افزایش رشد را در پی خواهند داشت. بیش‌ترین و کم‌ترین وزن خشک گیاهچه به ترتیب مربوط به غلظت ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر با میانگین (۰/۳٦ گرم) و عدم پرایمینگ با میانگین ( ۰/۱٦ گرم) در سطح تنش ۳- بار بود (شکل ۸-ب). کاهش وزن خشک گیاهچه در شرایط تنش خشکی در سایر بررسی‌ها نیز گزارش شده است ( De and Kar, 1994; Nouri, 2001).

## نتیجه‌گیری نهایی

اکسین (ایندول استیک اسید) و سالیسیلیک اسید از تنظیم کننده‌های رشد گیاهی هستند که در غلظت‌های مختلف اثرات متفاوتی را نشان می‌دهند. در آزمایش اول استفاده از سالیسیلیک اسید ۰/٦ ملی‌مولار باعث افزایش درصد جوانه-زنی و پارامترهای رشد گیاه مرزه در مواجه با تنش شوری شد. در آزمایش دوم کاربرد اکسین ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر باعث افزایش درصد جوانه‌زنی و پارامترهای رشد گیاه مرزه در مقابله با تنش خشکی شد.

## سپاسگزاری

بدین‌وسیله از مسئولین دانشکده کشاورزی و آزمایشگاه تکنولوژی بذر دانشگاه شاهد به خاطر فراهم کردن امکانات لازم برای انجام این پژوهش تشکر و قدردانی می‌شود.

**References**

**Ahmadi, M., Shaaban, M. and Yari, R. 2016.** Study on effect of seed Pre-treatment with salicylic acid on germination and growth characteristics of (*Melissa officinalis* L.) under drought and salinity stresses. Journal of Seed Research. 5(4): 9-20. (In Persian).

**Aghaei Pour, N., Zavareh, M. and Khaledian, M.R. 2012.** Effect of treatment with indole butyric acid on seed germination characteristics of pinto beans in salinity. Journal of Crop Production and Processing. 8(3): 83-91. (In Persian).

**Almansouri, M., Kinet, J.M. and Lutts, S. 2001.** Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). Plant and Soil. 231: 243–254. (In Persian)

**Arteca, N.R. 1995.** Plant growth substances: principles and applications. Springer. 352 P.

**Ashraf, M. and Foolad, M.R. 2005.** Pre sowing seed treatment – Ashotgun approach to improve germination, plant growth, and crop yield under saline and non saline conditions. Advances in Agro. 88. 223- 265.

**Ataei Somagh, H., Omidi, H., Aghighi Shahverdi, M. and Mohebali, M. 2016.** Effect of GA3 and ABA on germination indexes of medicinal plant Axe weed (*Securigera securidaca* L.) under salinity stress. Journal of Seed Research. 5(4): 21-30. (In Persian).

**Basra, S.M.A., Afzal, I., Rashid, R.A. and Hameed, A. 2005.** Inducing salt tolerance in soybean by seed vigor enhancement techniques. Journal of Biotech. Bioch. 1: 173-179.

**Bocian, S. and Holubowicz, R. 2008.** Effect of different ways of priming tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) seeds on their quality. Polish Journal Natural Sciences. 23(4): 729-739.

**Cavusoglu, K. and Kabar, K. 2010.** Effects of hydrogen peroxide on the germination and early seedling growth of barley under NaCl and high temperature stresses. EurAsian Journal of BioSciences. 4: 70-79.

**De, F. and Kar, R.K. 1994.** Seed germination and seedling growth of mung bean (*Vigna radiate*) under water stress induced by PEG-6000. Seed Science and Technology. 23: 301-304.

**Delker, C., Zolman, B.K., Miersch, O. and Wasternack, C. 2007.** Jasmonate biosynthesis in Arabidopsis thaliana requires peroxisomal β-oxidation enzymes–Additional proof by properties of pex6 and aim1. Phytochemistry. 68(12): 1642-1650.

**El-Araby, M.M. and Hegazi, A.Z. 2004.** Responses of tomato seeds to hydro- and osomo- priming and possible relations of some antioxidant enzyme and endogenous polyamine fractions. Egyptian Journal of Biology. 6(1):81-93.

**Ellis, R.H. and Roberts, E.H. 1981.** The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. Seed Science and Technology. 9: 377-409.

**Fathei Amirkhiz, K., Omidi, H., Heshmati, S. and Jafarzadeh, L. 2012.** Evaluate the effect of accelerating on seed vigor and germination characteristics of medicinal plant *Nigella sativa* under salt stress. Iranian Journal of Field Crops Research. 10(2): 299-310. (In Persian).

**Guan, L.M. and Scandalios, J.G. 2002.** Catalase gene expression in response to auxin-mediated developmental signals. *Physiologia Plantarum*. 114(2): 288-295.

**Guzman, M. and Olave, J. 2006.** Response of growth and biomass production of primed melon seed (*Cucumis melon* L.Cv. Primal) to germination salinity level and N-forms in nursery. Journal Food Agricultural Environ. 4: 163-165.

**Hagighi, R.S. and Milani, M.S. 2009.** Osmotic and specific ion effects on the seed germination of *Isabgol* and *Psyllium*. Journal of Iranian Field Crop Research. 7(1): 97-104. (In Persian).

**Hajhashemi, V., Sadraei, H., Ghannadi, A.R. and Mohseni, M. 2000.** Antispasmodic and anti-diarrhoel effect of *Satureja hortensis* L. essential oil. Journal of Ethnopharmacology. 71: 187-192. (In Persian).

**Hanan, E.D. 2007.** Influence of salicylic acid on stress tolerance during seed germination of Triticum aestivum and Hordeum vulgare. Biology Research. 1: 40-48.

**Hopkins, W.G. and Huner, N.P.A. 2004.** Introduction to plant physiology. 3rd edition. John Wiley and Sons. Inc.

**ISTA (International Seed Testing Association). 2009.** International Rules for Seed Testing International Seed Testing Association. Bassersdorf, Switzerland.

**Kaur, S., Gupta, A.K. and Kaur, N. 2005.** Seed priming increase crop yield possibly by modulating enzymes of sucrose metabolism in chickpea. Journal of Agronomy and Crop Science. 191(2): 81-87.

**Khaje-hosseini, M., Powell, A.A. and Bingham, I.J. 2003.** The interaction between salinity stress and seed vigor during germination of soybean seeds. Seed Science Technology. 31: 715–725.

**Nouri, E. 2001.** Evaluation of response of chickpea (Cicer arietinum) to drought stress induced by polyethylene glycol 6000 in germination and seedling stage. MA thesis. Faculty of Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian).

**Okcu, G., Kaya, M.D. and Atak. M. 2005.** Effects of salt and drouth stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum* L.). Turkian Journal Agric. For. 29: 237-242.

**Omidbaigi, R. and Hejazi, M. 2004.** Essential oil content and composition of Satureja hortensis of two different origins. Journal of Essential Oil Bearing Plants. 7 (2): 175–178. (In Persian)

**Parmoon, Gh. Ebadi, A., Jahanbakhsh Godahkahriz, S. and Davari, M. 2013.** Effect of seed priming by salicylic acid on the physiological and biochemical traits of aging milk thistle (*Silybum marianum*) seeds. Europa Journal of Cancer Pre. 7 (4): 223-234. (In Persian).

**Patade, V.Y., Bhargava, S. and Suprasanna, P. 2009.** Halopriming imparts tolerance to salt and PEG induced drought stress in Sugarcane. Agriculture, Ecosystems and Environment. 134: 24-28.

**Roohi, H.R. 2008.** Effect of hydropriming and osmopriming on germination traits of 4 forage species at drought stress and low temperature. MS.c Thesis.Tehran University.210 p. (In Persian)

**Saadatian, B., Ahmadvand, G. and Soleimani, F. 2012.** Effect of seed priming on germination traits of *Satureja hortensis* under drought and salinity stress. Journal of Seed science and Technology. 2(2): 33-44. (In Persian).

**Salami, M.R. 2006.** Effect of salinity stress on morphological characteristics cumin (*Cuminum cyminum*) and Valerian (*Valeriana officinalis*). Research and Development in Natural Resources. 72: 83-77. (In Persian).

**Sedghi, M., Nemati, A., Amanpour, B., and Gholipouri, A. 2010.** Influence of different priming materials on germination and seedling establishment of milk thistle (*Silybum marianum*) under salinity stress. World Applied Sciences Journal. 11(5): 604-609. (In Persian)

**Sefidkon, F., Abbasi, K. and Bakhshi Khaniki, G. 2006.** Influence of drying and extraction methods on yield and chemical composition of the essential oil of *Satureja hortensis*. Food Chemistry. 99(1): 19-23. (In Persian).

**Senaranta, T., Touchell, D., Bum, M.E. and Dixon, K. 2002.** Acetylsalicylic (aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. Plant Growth Reg. 30:157-161.

**Shekari, F., Baljani, R., Saba, J., Afsahi, K. and Shekari, F. 2010.** Effect of seed priming with salicylic acid on growth characteristics of borage (*Borago officinalis*) plants seedlings. Journal of New Agricultural Science. 6: 47-53. (In Persian).

**Shiri, A.R.M., Safarnejad, A. and Hamidi, H. 2009.** Morphological and biochemical characterization of *Ferula assafoetida* in response to salt stress. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research. 17: 38-49. (In Persian).

**Sivritepe, H.O., Sivritepe, N., Eris, A. and Turhan**, **E. 2005.** The effects of NaCl pre-treatment on salt tolerance of melons grown under long-term salinity. Science Horticultural. 106: 568-81.

**Sivritepe, N., Sivritepe, H.O. and Eris, A. 2003.** The effects of NaCl priming on salt tolerance in melon seedlings grown under saline conditions. Sciences Horticultural. 97: 229-37.

**Takel, A. 2000.** Seedling emergence and growth of sorghum genotypes under variable soil moisture deficit. Agronomy Journal. 48: 95-102.

**Turk, M.A., Tahawa, A.R.M. and Lee, K.D. 2004.** Seed germination and seedling growth of three lentil cultivars under moisture stress. Asian Journal of Plant Sciences. 3: 394-39.

**Yagmur, M. and Kaydan, D. 2008.** Alleviation of osmotic stress of water and salt in germination and seedling growth of triticale with seed priming treatments. African Journal Biotechnology. 7 (13): 2156-2162.

**Zalai, G., Tari, I., Janda, T., Pestenácz, A. and Páldi, E. 2000.** Effects of cold acclimation and salicylic acid on changes in ACC and MACC contents in maize during chilling. Biology of Plant. 43: 637-640.

**Zhao, F. and Liu, Y. 2000.** The biosynthesis of polyamines is more sensitive than that of proline to salt stress in barley seedlings. Acta Scientia. 26: 343-349.