تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد یازدهم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۷
۱۱۰۷-۱۱۲۳
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2018.1072.1213

تأثیر تیمارهای مختلف پرایمینگ بر شاخص‌های جوانه‌زنی، موروفوفیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و تحمل به شوری ریحان (*Ocimum basilicum* L.) (رقم کشکنی لولو)

قادر رستمی[۱]، محمد مقدم[۲*]، رسول نریمانی[۱]، لیلا مهدی زاده[۱]

۱. دانشجوی دکترای علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.

۲. دانشیار گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۸/۰۲؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۱/۳۰

چکیده

به‌منظور بررسی اثر نوع پرایمینگ بذر بر برخی خصوصیات جوانه‌زنی، مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ریحان تحت تنش شوری، دو آزمایش مجزا به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در آزمایشگاه و گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. فاکتور اول پرایمینگ بذر در چهار سطح (نیترات پتاسیم ۳ درصد به مدت ۶ ساعت، اسید سالسیلیک ۰/۵ میلی‌مولار به مدت ۱۲ ساعت، هیدروپرایمینگ با آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت و بذور بدون پرایمینگ) و فاکتور دوم سه سطح تنش شوری با استفاده از کلرید سدیم (۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار) بودند. بیشترین سرعت جوانه‌زنی در تیمار پرایمینگ با آب مقطر ثبت شد. وزن تر و خشک گیاهچه، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه نیز تحت تأثیر پرایمینگ قرار گرفت. در آزمایش گلدانی صفات رویشی گیاه با افزایش میزان تنش شوری کاهش معنی‌داری نشان دادند. همچنین، بیشترین میزان کلروفیل a برگ در گیاهان بدون تیمار شوری (شاهد) و تنش شوری ۵۰ میلی‌مولار در گیاهان حاصل از بذور پرایم شده با آب مقطر به ترتیب به میزان ۷/۲۱ و ۶/۳۳ میلی‌گرم/گرم وزن تر برگ به دست آمد. بالاترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره برگ (۸۰/۶۶ درصد) و فنل کل (۰/۸۷ میلی‌گرم/گرم وزن تر) در گیاهان حاصل از بذور پرایم شده با آب مقطر به ترتیب تحت تنش شوری ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار مشاهده شد. علاوه بر این، بالاترین محتوای رطوبت نسبی برگ (۷۱/۵۵ درصد) در گیاهان حاصل از بذور پرایم شده با نیترات پتاسیم در شرایط بدون تنش شوری مشاهده شد. به‌طورکلی نتایج نشان داد در شرایط تنش شوری متوسط (۵۰ میلی‌مولار) و بدون تنش (شاهد)، هیدروپرایمینگ بذر سبب بهبود صفات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی ریحان گردید.

واژه‌های کلیدی: **جوانه‌زنی، محتوای کلروفیل، شاخص‌های رشد، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، هیدروپرایمینگ**

مقدمه

ریحان (*Ocimum basilicum* L.) یکی از گیاهان مهم متعلق به تیره نعناعیان (Lamiaceae) است که به‌عنوان گیاه دارویی، ادویه‌ای و همچنین به‌صورت سبزی تازه مورداستفاده قرار می‌گیرد (Ozcan et al., 2005). پیکر رویشی آن حاوی اسانس است که در صنایع غذایی، دارویی و آرایشی بهداشتی کاربرد دارد (Archangi and Khodambashi, 2014). این گیاه دارای ترکیبات فنلی بسیار متنوعی است که در بین آن‌ها رزمارینیک اسید بیشترین فراوانی را دارد (Javanmardi et al., 2002). ترکیبات فنلی این گیاه از خاصیت آنتی‌اکسیدانی بالایی برخوردار است (Javanmardi et al., 2003).

رشد و عملکرد گیاهان در بسیاری از مناطق دنیا توسط تنش‌های محیطی زنده و غیرزنده‌ی متعدد محدود می‌گردد. تنش شوری جزء مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که رشد گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Farokhi and Ghaleshi, 2005). تأخیر در جوانه‌زنی، کاهش سرعت و درصد جوانه‌زنی و تأخیر در ظهور ریشه‌چه و ساقه‌چه از اثرات تنش شوری در مرحله جوانه‌زنی است که متعاقب آن رشد

* نگارنده پاسخگو: محمد مقدم. پست الکترونیک: m.moghadam@um.ac.ir

گیاهچه دچار مشکل می‌شود (Shakarami et al., 2010). گیاهانی که در خاک‌های شور رشد می‌کنند، به دلیل خواص اسمزی، علاوه بر تنش شوری با تنش کم‌آبی مواجه شده که این عامل سبب کاهش سرعت رشد گیاه می‌شود. این امر موجب اختلال در تقسیم سلول و بزرگ شدن سلول‌ها شده و تمام واکنش‌های متابولیکی گیاه تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Esmailpour and Mojaddam, 2009). افزایش یون‌های سدیم و کلر موجب کاهش جذب یون‌های ضروری ازجمله یون‌های پتاسیم، کلسیم، آمونیم و نیترات شده و از فعالیت آنزیم‌ها کاسته و ساختار غشاء را برهم می‌زند. همچنین وجود مقدار زیادی سدیم باعث خرابی ساختمان خاک شده و نفوذپذیری خاک را نسبت به آب‌وهوا به‌شدت کاهش می‌دهد و سله بستن خاک را تشدید می‌کند (Demyrkaya et al., 2006).

مرحله جوانه‌زنی بذر شامل سه مرحله جذب آب، کمون (یکی از مراحل جوانه‌زنی بذر) و خروج ریشه‌چه است. برای ارتقاء شرایط بذر اعمال تیمارها باید در مراحل اول و دوم جوانه‌زنی که تحت تأثیر فعالیت آنزیم‌ها است، انجام شود (Makizadeh Tafti et al., 2011). پرایمینگ بذر یک روش ساده فیزیولوژیک است که به‌عنوان یک راهکار مفید برای افزایش رشد گیاهچه تحت تأثیر تنش‌های محیطی ازجمله شوری در گیاهان زراعی و باغی مورداستفاده قرار گیرد و برای افزایش درصد و یکنواختی جوانه‌زنی، بهبود رشد گیاهچه‌ها و شاخص‌های بنیه بذر در برابر تنش‌های محیطی، مقاوم‌سازی بذرها در مرحله جوانه‌زدن و رشد ابتدایی به کار گرفته می‌شود (Makizadeh Tafti et al., 2011; Tabatabai and Shakarami, 2013; Bagheri et al., 2014). پرایمینگ افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی از قبیل آسکوربات و گلوتاتیون را در پی دارد که درنتیجه آن فعالیت پراکسیداسیون لیپید در طی جوانه‌زنی کاهش‌یافته و درنهایت منجر به افزایش جوانه‌زنی می‌شود (Makizadeh Tafti et al., 2011). همچنین با افزایش فعالیت آلفاآمیلاز، حفظ تعادل یونی و هورمونی از گیاه در برابر اثرات نامطلوب شوری محافظت می‌کند (Ferodel et al., 2011).

سالیسیلیک اسید یکی از تنظیم‌کننده‌های رشدی است که در این زمینه کاربرد دارد و فرآیندهای متفاوتی از قبیل جوانه‌زنی بذور، باز شدن روزنه‌ها و جذب یون و انتقال آن را در گیاهان تیمار شده تحت تأثیر قرار می‌دهد (Khorramdel et al., 2012). بذور پرایم شده با ترکیبات مختلف اسمزی باعث افزایش سازگاری گیاه به شوری و کاهش اثرات سمیت یونی در شرایط شوری می‌شود که به دلیل توانمندی بالاتر تعدیل اسمزی، کاهش جذب سدیم، افزایش جذب پتاسیم و افزایش سنتز کربوهیدرات‌های محلول در برگ‌ها نسبت به گیاهان شاهد در شرایط شوری است (Sivritepe et al., 2005). پیش‌تیمار بذر قبل از کاشت، به‌ویژه در شرایط نامساعد محیطی، می‌تواند باعث رشد و نمو گیاهچه، استقرار هر چه‌بهتر گیاهچه، استقرار مناسب پوشش گیاهی، افزایش تحمل به شوری و افزایش عملکرد شود (Shi and Sheng, 2004). با توجه به اهمیت گیاه ریحان در مصارف تازه‌خوری و دارویی و همچنین افزایش شوری آب‌وخاک، بررسی روش‌هایی که سبب افزایش جوانه‌زنی بذر آن در این شرایط شود، امری ضروری است. این پژوهش به‌منظور بررسی اثر تیمارهای مختلف پرایمینگ بر جوانه‌زنی بذر و تأثیر آن بر شاخص‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی و افزایش تحمل به شوری ریحان و انتخاب تیمار مناسب در این زمینه انجام شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه به‌صورت دو آزمایش جداگانه روی بذور اصلاح‌شده گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum*)رقم کشکنی لولو در آزمایشگاه و گلخانه گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا گردید. آزمون جوانه‌زنی به‌صورت فاکتوریل دوعاملی در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. فاکتور اول پرایمینگ بذر در ۴ سطح (شاهد (بدون پرایمینگ)، پرایمینگ با آب مقطر (هیدروپرایمینگ) به مدت ۲۴ ساعت، پرایمینگ با نیترات پتاسیم ۳ درصد به مدت ۶ ساعت و پرایمینگ با سالیسیلیک اسید ۰/۵ میلی‌مولار به مدت ۱۲ ساعت) و فاکتور دوم تنش شوری در ۳ سطح (۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار) بودند. بذرها مدت‌زمان لازم را داخل محلول‌های پرایمینگ سپری کردند. سپس در تاریکی به مدت ۲۴ ساعت خشک‌شده و ۲۵ عدد از آن‌ها انتخاب شدند و با محلول هیپوکلریت سدیم (۱٪ به مدت ۵ دقیقه) ضدعفونی و به پتری دیش‌های استریل شده (در آون دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت) حاوی کاغذ واتمن منتقل شدند. جهت اعمال تنش شوری، به هر پتری دیش ۵ میلی‌لیتر از غلظت‌های ذکرشده نمک طعام (NaCl)اضافه شد و لبه پتری‌ها توسط پارافیلم پوشانده شدند و در ژرمیناتور با دمای ۲±۲۵ درجه سانتی‌گراد در

شرایط تاریکی و رطوبت نسبی ۸۵ درصد (Ghassemi-Golezani and Dalil, 2011) قرار داده شدند. هر روز تعداد بذور جوانه‌زده شمارش شدند. بذری جوانه‌زده در نظر گرفته شد که ریشه‌چه آن ۲ میلی‌متر از پوسته بذر خارج شده بود. اندازه‌گیری طول ساقه‌چه و ریشه‌چه با استفاده از خط‌کش در روز پایان آزمایش و وزن تر و خشک گیاهچه با استفاده از ترازو انجام گردید. شاخص بنیه گیاهچه با استفاده از فرمول زیر تعیین شد (Badeleh et al., 2014; Goldani and Mazruei, 2015):

شاخص بنیه بذر= وزن خشک گیاهچه (گرم) × درصد جوانه‌زنی [۱]

درصد جوانه‌زنی نیز از تقسیم تعداد بذور جوانه‌زده بر تعداد کل بذور ضربدر ۱۰۰ محاسبه شد. سرعت جوانه‌زنی با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید .

$$Rs=\sum_{i=1}^{n}\frac{Si}{Di} \qquad [۲]$$

که در آن Rs = سرعت جوانه‌زنی، Si = تعداد بذور جوانه‌زده در هر شمارش، و Di = تعداد روز تا شمارش n ام می‌باشند (Khorramdel et al., 2012).

متوسط زمان جوانه‌زنی با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد.

$$MGT = (A1D1 + A2D2 + \cdots + AnDn) / (A1 + A2 + \cdots + An) \qquad [۳]$$

که در آن A = تعداد بذر جوانه‌زده در زمان، D و n کل تعداد روزها تا آخرین روز شمارش هستند (Dianti Tileki et al., 2011).

در آزمایش دوم اثرات سوء ناشی از تنش شوری بر برخی شاخص‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ریحان و کاهش آن با استفاده از تکنیک پرایمینگ بذر با نیترات پتاسیم، اسید سالسیلیک و آب مقطر بررسی گردید. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. فاکتور اول در چهار سطح شامل پرایمینگ بذر با نیترات پتاسیم ۳ درصد به مدت ۶ ساعت، اسید سالسیلیک ۰/۵ میلی‌مولار به مدت ۱۲ ساعت، هیدروپرایمینگ با آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت (Balochi, 2013) و بدون پرایمینگ بذر (شاهد) و فاکتور دوم تنش شوری در سه سطح (۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) به‌صورت محلول در آب آبیاری استفاده شد. بذور ریحان پس از اعمال تیمارهای مختلف پرایمینگ در محیط تاریک خشک شدند. سپس در گلدان‌هایی از جنس پلاستیک به ارتفاع ۴۰ و قطر دهانه‌ی ۳۰ سانتی‌متر و دارای زهکشی مناسب به‌صورت کپه‌ای در عمق ۱ سانتی‌متری خاک و در ۴ نقطه از گلدان در اواسط فروردین‌ماه کاشته شدند. خاک گلدان‌ها (۱۰ کیلوگرم) از ترکیب یکسان خاک زراعی، ماسه و خاک‌برگ تشکیل شده بود (جدول ۱). پس از تنک کردن در مرحله دوبرگی در هر نقطه یک گیاهچه سالم (چهار بوته در هر گلدان) از بین آن‌ها انتخاب شد. اعمال تنش شوری همراه با آب آبیاری در مرحله ۸ برگی به مدت ۴ هفته (تا زمان گلدهی) انجام شد. برای جلوگیری از تجمع نمک، هفته‌ای یک‌بار آبیاری با آب معمولی صورت گرفت به صورتی که آب از ته گلدان‌ها خارج شد. صفات موردبررسی در این آزمایش شامل صفات مورفولوژیکی (ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، طول برگ، عرض برگ، وزن تر و خشک برگ و ساقه) بود. ارتفاع برحسب سانتی‌متر، وزن خشک اندام هوایی (برگ و ساقه) با ترازو با دقت ۰/۰۰۱ گرم سنجیده شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک اندام هوایی، نمونه‌ها در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت قرار گرفت و سپس برحسب گرم تعیین شد.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک گلدان

Table 1. Physico-chemical properties of soil

بافت خاک Soil texture	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)	اسیدیته کل (pH)	هدایت الکتریکی EC (dS/m)
رسی لومی Clay Loam	41	30	29	7.9	1.2

اندازه‌گیری میزان محتوای رطوبت نسبی برگ به روش سانچز (Sanchez, 1998)، نشت الکترولیت به روش مارکوم (Marcum, 1998) و میزان کلروفیل a، b و کل با استفاده از روش لاتس و همکاران (Lutts et al., 1996) محاسبه گردید. اندازه‌گیری کربوهیدرات محلول با استفاده از معرف آنترون (Hedge and Hofreiter, 1962)، فنل کل به روشسینگلتون و راس (Singleton and Ross, 1965)، و

فعالیت آنتی‌اکسیدانی به روش مونت و ترائو (Moon and Terao, 1998) انجام شد.

داده‌های به‌دست‌آمده از هر آزمایش با استفاده از نرم‌افزار JMP8 مورد تجزیه آماری قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها نیز بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد انجام شد. ضریب همبستگی داده‌ها در بذور پرایم شده و پرایم نشده بر اساس میانگین داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS (ver. 21) محاسبه گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات موردمطالعه در آزمایش جوانه‌زنی نشان داد که اثر ساده پرایمینگ و تنش شوری بر تمام صفات موردمطالعه معنی‌دار بوده و از سوی دیگر اثر متقابل پرایمینگ و تنش شوری تنها برای درصد جوانه‌زنی، وزن تر گیاهچه، وزن خشک گیاهچه و بنیه بذر معنی‌دار شد (جدول ۲). درصد جوانه‌زنی بذر ریحان تحت تأثیر پرایمینگ و تنش شوری قرار گرفت. پرایمینگ کردن بذور با آب مقطر بیشترین تأثیر را بر درصد جوانه‌زنی ریحان داشت (شکل ۱). همچنین نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین شاخص بنیه بذر، وزن تر و خشک گیاهچه در تیمار پرایمینگ با آب مقطر در شرایط عدم شوری حاصل شد (جدول ۳).

جوانه‌زنی حساس‌ترین مرحله به تنش‌های محیطی ازجمله شوری است و آزمایش‌های متعددی در این زمینه روی گیاهان مختلف ازجمله مرزه (Saadatian et al., 2012) و ریحان (Mousavi et al., 2012) صورت گرفته که حاکی از اثرات منفی تنش شوری بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی بذر و کاهش رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه (Eslami et al., 2010) به علت کاهش سرعت و میزان جذب آب، کاهش ترشح هورمون‌ها و فعالیت آنزیم‌ها و نیز اثرات منفی پتانسیل اسمزی پایین بر فرایندهای بیوشیمیایی مراحل مختلف جوانه‌زنی (Neto et al., 2004) است که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. همچنین توانایی بالاتر جذب آب در بذور پرایم شده نسبت به بذور پرایم نشده، به علت تأثیر مثبت پرایمینگ بذر بر میانگین جوانه‌زنی است (Balochi, 2013). افزایش سرعت جوانه‌زنی در بذور پرایم شده را می‌توان به‌وسیله افزایش سرعت تقسیم سلولی و تحریک برخی فعالیت‌های متابولیکی درگیر در فاز اولیه جوانه‌زنی بذر، توجیه نمود. علاوه بر این فعالیت‌های متابولیکی انجام‌شده طی فرایند پرایمینگ، تولید ترکیباتی مانند آنتی‌اکسیدان‌ها را در پی دارد که نقش مهمی در کاهش اثرات تنش و رشد بهتر گیاهچه خواهد داشت (Saadatian et al., 2012). آبشویی و رفع ترکیبات بازدارنده اطراف پوسته بذر و افزایش جذب اکسیژن ممکن است یکی دیگر از دلایل مهم در افزایش جوانه‌زنی بذر باشد (Bahmani et al., 2014). همچنین نمک نیترات پتاسیم سبب انباشت نیتروژن و پتاسیم در بذر

جدول ۲. تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در بذر ریحان تحت تأثیر پرایمینگ و تنش شوری

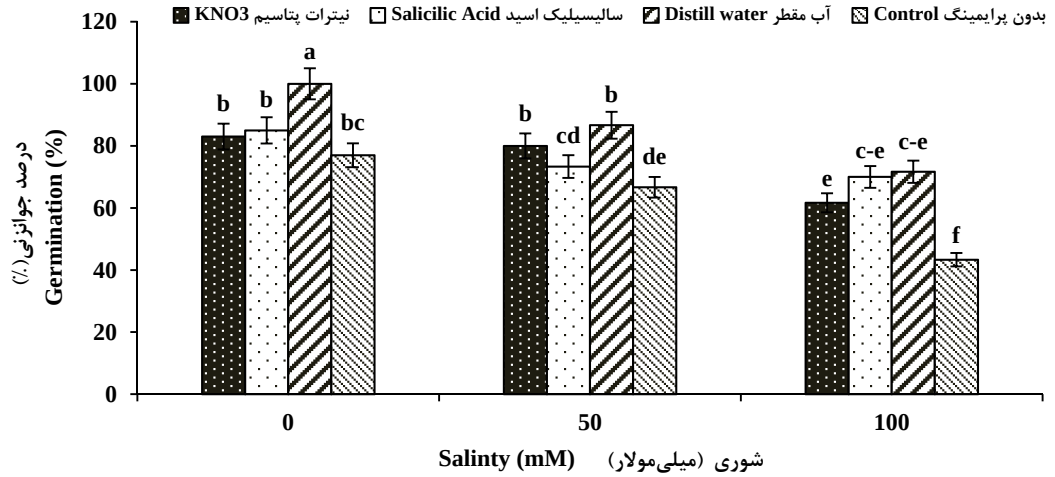
Table 2. Analysis of variance for measured traits in basil seeds under priming and salinity stress

منبع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی df	درصد جوانه‌زنی Germination percent	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	متوسط زمان جوانه‌زنی Average germination time	وزن‌تر گیاهچه Seedling fresh weight	وزن خشک گیاهچه Seedling dry weight	شاخص بنیه گیاهچه Seedling vigor index	طول ریشه‌چه Length of radicle	طول ساقه‌چه Length of plumule
پرایمینگ Priming	3	641.677**	27.174**	0.266**	0.009**	0.000004**	0.023^{ns}	0.425**	0.595**
شوری Salinity	2	2019.44**	55.029**	0.439**	0.019**	0.000002^{ns}	0.181**	1.795**	197.211**
پرایمینگ×شوری Priming×Salinity	6	166.667**	1.407^{ns}	0.033^{ns}	0.001*	0.000000**	0.059**	0.158^{ns}	1.816^{ns}
خطا Error	24	38.889	0.867	0.021	0.0006	0.000000	0.008	0.080	1.352
ضریب تغییرات CV(%)		15.95	13.35	11.23	15.47	11.36	15.48	12.05	16.57

** معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۱ درصد، * معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد، ns عدم معنی‌داری

**Significant at 1% level of probability, * Significant at 5% level of probability, ns: Non-significant.

شده و تعادل هورمونی در بذر را به هم زده و مواد بازدارنده رشد را کاهش می‌دهد (Bahmani et al., 2014). اثرات مطلوب پرایمینگ بذرها را می‌توان به افزایش متابولیسم پروتئین وRNA بذرهای پرایم شده، افزایش فعالیت‌های آنزیمی از قبیل فسفاتاز، فسفوگلیسیرید که متابولیسم مواد ذخیره‌ای بذرها را در پی‌دارند و منجر به افزایش جوانه‌زنی می-شوند و افزایش سنتز پروتئین در جنین مرتبط دانست (Balochi and Ahmadpour Dehkordi, 2013).



شکل ۱. جوانه‌زنی ریحان تحت تأثیر پرایمینگ با نیترات پتاسیم، سالسیلیک اسید، آب مقطر (هیدروپرایمینگ) و شوری. حروف غیرمشابه روی ستون‌ها نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اختلاف بین تیمارها در سطح یک درصد است.

Fig. 1. Seed germination of basil under priming with potassium nitrate, salicylic acid, distilled water (hydropriming) and salinity. Non-similar letters in each column represent significant differences based on LSD test at 1% level.

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل پرایمینگ و شوری بر وزن تر و خشک و بنیه بذر گیاهچه‌های ریحان

Table 3. Mean comparison of interaction effect between priming and salinity on fresh weight, dry weight and vigor of basil seedlings

پرایمینگ Priming	شوری (میلی‌مولار) Salinity (mM)	وزن تر گیاهچه (میلی‌گرم) Seedling fresh weight (mg)	وزن خشک گیاهچه (میلی‌گرم) Seedling dry weight (mg)	شاخص بنیه گیاهچه Seedling vigor index
نیترات پتاسیم KNO3	0	223^{c-e}	8.3^{bc}	0.610^{b-d}
	50	226^{b}	8^{b-d}	0.641^{bc}
	100	160 ^{de}	9 ^{ab}	0.556^{bc}
سالیسیلیک اسید Salicilic Acid	0	190^{b-d}	5.6^{f}	0.566^{b-e}
	50	206^{bc}	7.3^{c-e}	0.636^{bc}
	100	176^{bc}	7.3^{c-e}	0.525^{c-e}
آب مقطر Distill water	0	290^{a}	10^{a}	0.866^{a}
	50	232 ^{b}	8.3^{bc}	0.713^{ab}
	100	143^{e}	6.6^{d-f}	0.465^{de}
شاهد (بدون پرایمینگ) Control	0	176^{c-e}	8^{b-d}	0.630^{bc}
	50	163^{c-e}	6.3^{ef}	0.421^{e}
	100	66^{f}	5.6^{f}	0.246^{f}

*در هر ستون میانگین‌ها با حروف مشابه بر اساس آزمون (LSD) اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

*Means of each column with same letters, based on LSD test do not have significant differences at 5 percent probability level.

در آزمایش دوم اثر ساده تنش شوری و پرایمینگ بذر روی تمامی صفات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ریحان به‌غیراز طول برگ در سطح احتمال یک درصد و برهمکنش تنش شوری و پرایمینگ بذر به‌غیراز طول برگ و وزن خشک ساقه در بقیه صفات مورفولوژیکی در سطح احتمال یک درصد معنی‌داری شد. همچنین، برهمکنش تنش شوری و پرایمینگ بذر بر میزان کلروفیل a، b و کل، میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی، فنل کل، محتوای رطوبت نسبی برگ (RWC) و نشت الکترولیت به‌غیراز کربوهیدرات محلول در سطح احتمال یک درصد معنی‌داری شد (جداول ۴ و ۵).

بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، بیشترین ارتفاع گیاه (۵۶/۶۶ سانتی‌متر)، تعداد شاخه‌های فرعی (۳۱/۳۳ عدد)، وزن تر برگ (۲۷/۱۶ گرم)، طول برگ ۵/۳۳ سانتی‌متر، وزن تر ساقه (۱۵/۱۰ گرم) و وزن خشک ساقه (۵/۱۸ گرم) در گیاهان حاصل از بذور پرایم شده با آب مقطر و در شرایط بدون تنش شوری به دست آمدند (جدول ۶). مقایسه میانگین اثر ساده تنش شوری نشان داد که بیشترین میزان وزن خشک برگ و عرض برگ به ترتیب ۳/۱۷ (گرم) و ۱/۹۸ (سانتی‌متر) در تیمار شاهد (بدون تنش شوری) و کمترین میزان در تنش شوری ۱۰۰ میلی‌مولار به دست آمد (شکل ۲). همچنین اثرات ساده پرایمینگ نشان داد که بیشترین مقدار عرض برگ و وزن خشک برگ مربوط به گیاهان حاصل از بذور پرایم شده با آب مقطر بود (شکل ۲).

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس اثر تنش شوری و پرایمینگ بذر بر برخی صفات مورفولوژیکی ریحان

Table 4. The results of variance analysis of salinity stress and seed priming on some morphological traits of basil

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه فرعی Number of branches	طول برگ Leaf length	عرض برگ Leaf width	وزن تر برگ Leaf fresh weight	وزن تر ساقه Stem fresh weight	وزن خشک برگ Leaf dry weight	وزن خشک ساقه Stem dry weight
تنش شوری Salt stress	2	816.77**	222.02**	4.71**	0.87**	912.20**	15.48**	16.87**	23.86**
پرایمینگ Priming	3	208.99**	373.44**	0.63^{ns}	1.13**	36.69**	15.50**	1.55**	2.14**
شوری×پرایمینگ Salinity×Priming	6	16.85**	14.02**	0.93*	0.11^{ns}	22.47**	12.78**	0.12^{ns}	1.10*
خطا Error	24	3.88	1.50	0.31	0.09	1.98	1.47	0.27	0.38
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		*11.45*	*19.89*	*12.04*	*243*	*16.81*	*19.21*	*13.45*	*15.67*

** معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۱ درصد، * معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد، ns عدم معنی‌داری

**Significant at 1% level of probability, * Significant at 5% level of probability, ns: Non-significant

جدول ۵. نتایج تجزیه واریانس اثر تنش شوری و پرایمینگ بذر بر برخی صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ریحان

Table 5. The results of variance analysis of salinity stress and seed priming on some physiological and biochemical traits of basil

Sources of variation	منابع تغییرات	درجه آزادی df	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Total chlorophyll	فعالیت آنتی‌اکسیدانی Antioxidant activity
Salt stress	تنش شوری	2	74.58**	16.22**	159.53**	210.93**
Priming	پرایمینگ	3	11.74**	2.73**	11.83**	934.47**
Salinity×Priming	شوری×پرایمینگ	6	0.26**	4.43**	6.57**	139.35**
Error	خطا	24	0.05	0.55	0.56	34.52
CV (%)	ضریب تغییرات (٪)		*10.63*	*17.23*	*18.31*	*19.29*

جدول ۵. ادامه

Table 5. Continued

Sources of variation	منابع تغییرات	درجه آزادی df	فنل کل Total phenol	کربوهیدرات محلول Soluble carbohydrate	نشت یونی Ion leakage	محتوای رطوبت نسبی Relative water content
Salt stress	تنش شوری	2	0.504**	0.52**	618.29**	1030.30**
Priming	پرایمینگ	3	0.137**	0.03ns	334.07**	640.07**
Salinity×Priming	شوری×پرایمینگ	6	0.008ns	0.05ns	28.74**	420.47**
Error	خطا	24	0.001	0.02	7.83	30.06
CV (%)	ضریب تغییرات (٪)		*14.25*	*16.69*	*14.74*	*14.76*

** معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۱ درصد، * معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد، ns عدم معنی‌داری

**Significant at 1% level of probability, * Significant at 5% level of probability, ns: Non-significant

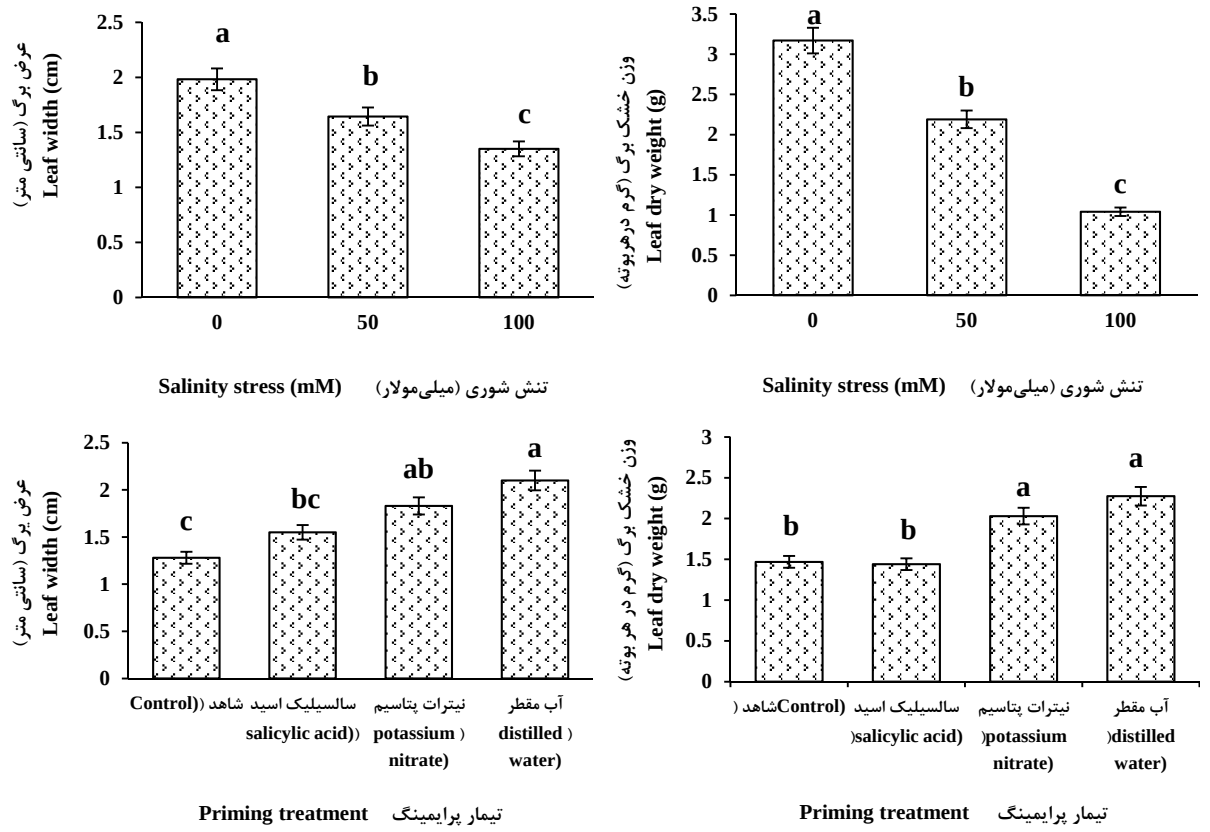
جدول ۶. مقایسه میانگین برهمکنش تنش شوری و پرایمینگ بذر بر برخی صفات مورفولوژیکی ریحان

Table 6. Mean comparison of interaction effects of salinity stress and seed priming on some morphological traits of basil

تنش شوری (میلی‌مولار) Salinity stress (mM)	پرایمینگ Priming treatment	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد شاخه فرعی (در هر بوته) Number of branches	طول برگ (سانتی‌متر) Leaf length (cm)	وزن تر برگ (گرم) Leaf fresh weight (g)	وزن تر ساقه (گرم) Stem fresh weight (g)	وزن خشک ساقه (گرم) Stem dry weight (g)
شاهد Control	بدون پرایمینگ Non- primed	42.33c	12g	4.50ab	23.93b	9.28c	3.06bc
	سالسیلیک اسید Salicylic acid	44.33bc	17e	3.83b-d	15.27d	8.90cd	3.56b
	نیترات پتاسیم Potassium nitrate	45.66b	24c	4.16bc	20.41c	12.24b	3.93b
	آب مقطر Distilled water	56.66a	31.33a	5.33a	27.16a	15.10a	5.18a
50	بدون پرایمینگ Non- primed	38.66d	12g	3.66b-d	6.22ef	5.13ef	1.36d-f
	سالسیلیک اسید Salicylic acid	36d	14.33f	4.16bc	6.94ef	6.96de	1.89de
	نیترات پتاسیم Potassium nitrate	35.33e	20.33d	3.83b-d	7.52e	4.75f	1.59d-f
	آب مقطر Distilled water	43.33bc	27b	3.33c-e	7.38e	7.17de	2.23cd
100	بدون پرایمینگ Non- primed	26.33g	8h	2.50e	6.04ef	3.64f	0.75f
	سالسیلیک اسید Salicylic acid	30.66f	10.66g	3.83b-d	5f	4.08f	1.03ef
	نیترات پتاسیم Potassium nitrate	27.66fg	14.33f	3.16de	6.41ef	3.49f	1.04ef
	آب مقطر Distilled water	38.33de	17.66e	3.33c-e	7.36ef	7.59cd	2.31cd

حروف غیرمشترک در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد بیانگر اختلاف معنی‌دار است.

Non-similar letters in each column represent significant differences based on LSD test at 1% level.



شکل ۲. اثر اصلی تنش شوری و پرایمینگ بذر بر میزان عرض و وزن خشک برگ ریحان. حروف غیرمشابه روی ستون‌ها نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اختلاف بین تیمارها در سطح یک درصد است.

Fig. 2. Main effect of salinity stress and seed priming on leaf width and leaf dry weight of basil. Non-similar letters in each column represent significant differences based on LSD test at 1% level.

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل a (۱۰/۱۶میلی‌گرم/ گرم وزن‌تر)، کلروفیل b (۸/۷۳ میلی‌گرم/ گرم وزن‌تر) و کل (۱۶/۱۹ میلی‌گرم/گرم وزن تر) نیز در گیاهان حاصل از بذور پرایم شده با آب مقطر در شرایط بدون تنش شوری حاصل شد (جدول ۷). بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی (۸۰/۶۶ درصد) در تیمار تنش شوری ۵۰ میلی‌مولار در گیاهان حاصل از بذور پرایم شده با آب مقطر، بیشترین میزان فنل کل (۰/۸۷ میلی‌گرم/گرم وزن تر) در تیمار تنش شوری ۱۰۰ میلی‌مولار و گیاهان حاصل از بذور هیدروپرایمینگ و بیشترین میزان نشت یونی (۶۸/۱۷ درصد)، در تیمار تنش شوری ۱۰۰ میلی‌مولار در گیاهان حاصل از بذور بدون پرایمینگ (شاهد) مشاهده شد (جدول ۷). بیشترین میزان محتوای رطوبت نسبی برگ (۷۱/۵۵ درصد) مربوط به شرایط بدون تنش شوری و گیاهان حاصل از بذور پرایم شده با نیترات پتاسیم به دست آمد (جدول ۷).

میزان کربوهیدرات محلول در تنش شوری (۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار) در بالاترین سطح است که نسبت به هم اختلاف معنی‌داری نشان ندادند. درصورتی‌که نسبت به تیمار شاهد (بدون تنش) اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (شکل ۳).

تنش اسمزی حاصل از شوری موجب کاهش محتوای آب سلول‌ها، کاهش رشد رویشی و درنتیجه کاهش وزن خشک می‌شود که احتمالاً به دلیل کاهش سطح فتوسنتز کننده و همچنین کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی نظیر کلروفیل a و b، جذب خالص CO_2 و هدایت روزنه‌ای و بسته شدن روزنه‌ها در اثر تنش شوری است (Netondo et al., 2004) جلوگیری از رشد گیاه تحت تنش شوری می‌تواند به علت کاهش تقسیم سلولی، عدم تعادل یونی، کاهش جذب آب، اختلال در جذب عناصر، تأثیر یون‌های سمی به‌ویژه سدیم، اختلال در جذب، احیا و متابولیسم نیتروژن و پروتئین، بسته شدن روزنه‌ها و کاهش کارایی فتوسنتز باشد (Parida and Das, 2005).

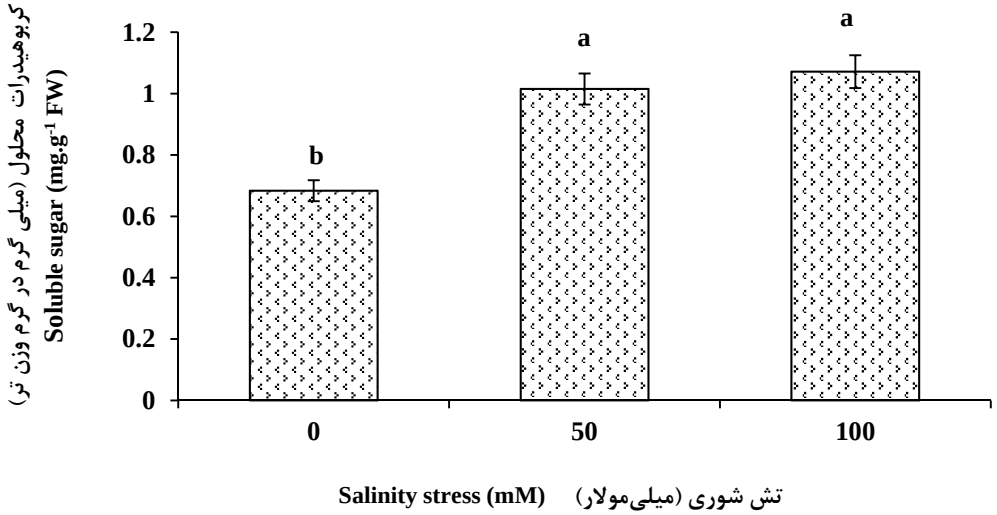
جدول ۷. مقایسه میانگین برهمکنش تنش شوری و پرایمینگ بذر بر برخی صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ریحان

Table 7. Mean comparison for interaction effects of salinity stress and seed priming priming on some physiological and biochemical traits of basil

تنش شوری Salinity stress (mM)	پرایمینگ Priming treatment	کلروفیل a Chlorophyll a (mg.g^{-1}FW)	کلروفیل b Chlorophyll b (mg.g^{-1}FW)	کلروفیل کل Total chlorophyll (mg.g^{-1}FW)	فعالیت آنتی‌اکسیدان Antioxidant activity (%)	فنل کل Total phenol (mg.g^{-1} FW)	نشت یونی Electrolyte Leakage (%)	محتوای رطوبت نسبی Relative water content (%)
شاهد Control	بدون پرایمینگ Non- primed	6.79^{d}	3.45^{cd}	10.35^{cd}	36.90^{f}	0.17^{g}	17.41^{h}	71^{a-b}
	سالسیلیک اسید Salicylic acid	7.66^{c}	4.43^{b-d}	11.10^{c}	61.03^{c-e}	0.21^{fg}	16.11^{h}	64.91^{a-c}
	نیترات پتاسیم Potassium nitrate	8.82^{b}	5.41^{b}	13.26^{b}	57.60^{de}	0.27^{f}	13.37^{hi}	71.55^{a}
	آب مقطر Distilled water	10.16^{a}	8.73^{a}	16.19^{a}	70.30^{bc}	0.34^{e}	10.79^{i}	62.79^{a-c}
50	بدون پرایمینگ Non- primed	4.27^{gh}	2.73^{d-f}	9.22^{de}	52.63^{e}	0.45^{d}	42.05^{d}	47.83^{d}
	سالسیلیک اسید Salicylic acid	4.74^{f}	3.22^{c-e}	6.73^{f}	58.63^{de}	0.34^{e}	37.07^{e}	60.81^{c}
	نیترات پتاسیم Potassium nitrate	5.74^{e}	5.03^{bc}	9^{e}	60.90^{c-e}	0.52^{c}	31.70^{f}	59.81^{c}
	آب مقطر Distilled water	6.41^{d}	5.73^{b}	9.14^{de}	80.66^{a}	0.67^{b}	26.40^{g}	61.23^{c}
100	بدون پرایمینگ Non- primed	2.28j	0.97^{f}	5.49fg	58.23^{de}	0.52^{c}	68.17^{a}	39.33^{e}
	سالسیلیک اسید Salicylic acid	2.90i	1.43^{ef}	6.73^{f}	60.23^{de}	0.54^{c}	58.12^{b}	50.08^{d}
	نیترات پتاسیم Potassium nitrate	4.02^{h}	3.32^{cd}	5.40^{g}	63^{cd}	0.69^{b}	54.73^{b}	64.59^{a-c}
	آب مقطر Distilled water	4.49f^{g}	2.83^{d-f}	5.26^{g}	75.16^{ab}	0.87^{a}	49.85^{c}	62.24^{bc}

حروف غیرمشترک در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد بیانگر اختلاف معنی‌دار است.

Non-similar letters in each column represent significant differences based on LSD test at 1% level.



شکل ۳. اثر اصلی تنش شوری بر میزان کربوهیدرات‌های محلول برگ ریحان

Fig. 3. The main effect of salinity stress on the amount of soluble carbohydrates of basil leaf.

پرایمینگ بذر ممکن است در مراحل اول رشد باعث افزایش سرعت جوانه‌زنی و رشد گیاه شده و سطح برگ را افزایش داده و افزایش سطح برگ منجر به فتوسنتز بیشتر در مراحل اولیه شده و مواد فتوسنتزی کافی نیز اجازه رشد بیشتر را به بوته می‌دهد. به‌طوری‌که در آزمایشی گزارش کردند پرایمینگ بذر باعث افزایش بهبود شاخص‌های رشد نسبت به تیمار شاهد شد که یکی از دلایل آن را می‌توان تسریع در جوانه‌زنی، سبز شدن و استقرار گیاهچه‌های حاصل از بذور پرایم شده دانست که منجر به افزایش درصد پوشش سبز در گیاه می‌گردد (McDonald and Sutton, 1983) که این یافته‌ها با نتایج حاضر مطابقت دارد. از دیگر علائم تنش شوری در گیاهان کاهش رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی مانند کلروفیل و کارتنوئید است. کاهش کلروفیل به علت فعال شدن مسیر کاتابولیسمی کلروفیل و یا عدم سنتز کلروفیل (Sairam et al., 2002) و در شرایط تنش شوری به‌احتمال‌زیاد ناشی از تأثیر مزمن تجمع یون‌های مضر در کلروپلاست و تخریب کلروفیل از طریق تنش‌های اکسیداتیو است (Parida and Das, 2005). در آزمایشی پرایمینگ بذر کلزا باعث بهبود صفات جوانه‌زنی در شرایط تنش شوری شد (Abdollahi and Jafari, 2012).

افزایش رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی در گیاهان حاصل از پرایمینگ نتیجه پویایی و اثر محافظتی آن بر فتوسنتز، شاخص کلروفیل و رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی در گیاهان تحت تنش شوری است (EL-Tayeb, 2005). علاوه بر این در بسیاری از گیاهان جهت کاهش اثرات مخرب رادیکال‌های آزاد ناشی از تنش شوری، سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی شکل می‌گیرد و بدین ترتیب مطابق با نتایج حاصل، با افزایش غلظت نمک در محیط، فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه نیز افزایش می‌یابد (Khan and Ashraf, 2008). هرچه میزان ترکیبات و یا آنزیم‌های مؤثر در فعالیت آنتی‌اکسیدانی در گیاه بالاتر باشد، توانایی گیاه جهت خنثی‌سازی اثرات مخرب رادیکال‌های آزاد اکسیژن در پراکسیده کردن لیپیدها، پروتئین‌ها و حتی اسیدهای نوکلئیک و نهایتاً تحمل به شوری نیز بیشتر است (Emam and Helal, 2008). پرایمینگ بذر باعث افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت از قبیل گلوتاتیون و آسکوربات در بذر می‌گردد که این آنزیم‌ها فعالیت پراکسیداسیون لیپید را در طی جوانه‌زنی کاهش می‌دهند و درنتیجه باعث افزایش درصد جوانه‌زنی می‌شوند (Harris et al., 2001). مطابق با نتایج حاصل از این پژوهش، در آزمایشی میزان ترکیبات فنلی کنگر فرنگی تحت تنش شوری افزایش نشان داد (Kiarostami et al., 2010). این ترکیبات، آنتی‌اکسیدان‌های نیرومندی در بافت‌های گیاهی تحت تنش هستند و این ویژگی به علت ساختار اسکلتی و گروه فنلی این متابولیت‌هاست. گروه‌های هیدروکسیل آزاد متصل به حلقه آروماتیک توان جاروب کردن رادیکال‌های آزاد را داشته، بدین لحاظ آسیب‌های اکسیداتیو را کاهش داده، ساختارهای سلولی را از تاثیرات منفی شوری محافظت می‌کنند (Al-Amier and Craker, 2007).

نشت الکترولیتی نیز شاخصی از میزان مقاومت گیاه بوده که تحت شرایط تنش افزایش می‌یابد. نفوذپذیری غشاء معیاری از میزان صدمات حاصله از تنش شوری است (Läuchli and Grattan, 2007). تنش شوری به‌واسطه تولید گونه‌های فعال اکسیژن منجر به تخریب غشاءهای سلولی و افزایش تراوش الکترولیت و از دست دادن یون‌ها می‌گردد (Marcum, 2008). با افزایش شوری به‌تدریج بر مقدار نشت الکترولیت‌ها افزوده شد ولی به نظر می‌رسد در تنش شدید و بالاترین سطح شوری، به علت تخریب دیواره سلولی و خروج یون‌ها در اثر پاره شدن غشاء، نشت الکترولیت‌ها افزایش یافته است (Tjemir et al., 2014). محتوای نسبی آب برگ شاخصی است که نشان‌دهنده میزان آب موجود در اندام‌های گیاه یا شادابی آن بوده و قابلیت یک گیاه در حفظ آب را تحت شرایط تنش مشخص می‌نماید (Abbaszadeh et al., 2008). در این آزمایش با افزایش تنش شوری از میزان محتوای رطوبت نسبی برگ کاسته شد. این نتایج با یافته‌های نیو و رودریگز (Niu and Rodriguez, 2006) در گیاه سراتواستیگما (*Ceratostigma plumbagioides*) که نشان دادند محتوای نسبی آب برگ در تنش شوری به‌شدت کاهش یافت؛ همخوانی دارد. مطابق با پژوهش حاضر در آزمایشی پرایمینگ بذر تحت شرایط تنش‌های محیطی سبب بهبود روند واکنش‌های فیزیولوژیکی در بذر شده و درنتیجه مقاومت به تنش‌های محیطی در این بذور را به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای ارتقا می‌دهد (Kaya et al., 2006).

کربوهیدرات‌های محلول یکی از اسمولیت‌های سازگار می‌باشند که به‌عنوان محافظ کننده اسمزی در تنظیم اسمزی سلول نقش دارند و در پاسخ به تنش‌های محیطی تجمع می‌یابند. تعیین میزان کربوهیدرات‌های محلول ممکن است که روشی مفید در انتخاب گونه‌های مقاوم به شوری و خشکی

باشد. در پژوهشی، همبستگی مثبتی بین غلظت کربوهیدرات‌های محلول در مریم‌گلی مشاهده شد (Gholami et al., 2013). در این مطالعه میزان کربوهیدرات محلول در تنش شوری افزایش نشان داد که با نتایج لاهوتی و همکاران (Lahooti et al., 1989) روی گیاه نوروزک (*Salvia leriifolia*) مطابقت دارد. علت افزایش کربوهیدرات‌های محلول در شرایط تنش شوری، تخریب پروتئین‌ها نیز اعلام شده است. سلول‌های گیاهان عالی برای گریز از پلاسمولیز و برقراری تورژسانس در شرایط تنش شوری، مجبور به تبدیل و تجزیه قندهای پیچیده به ساده می‌باشند. بدین ترتیب، فشار اسمزی سلول افزایش می‌یابد. در برگ‌های مریم‌گلی لبه‌دار تنش محیطی منجر به افزایش تجمع کربوهیدرات‌های محلول در محل سیتوزول و کاهش پتانسیل آب برگ شده که می‌تواند در حفظ تورژسانس و تنظیم اسمزی نقش اصلی ایفا نماید (Azooz, 2009).

مقایسه جداول همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده در گیاهان حاصل از بذور پرایم نشده (شاهد) و گیاهان حاصل از بذور پرایم شده نشان داد که کلروفیل a با فعالیت آنتی-اکسیدانی در گیاهان حاصل از بذور پرایم نشده همبستگی منفی در سطح یک درصد دارد، درصورتی‌که در گیاهان حاصل از بذور پرایم شده هیچ همبستگی بین این دو صفت دیده نشد (جدول ۸ و ۹). کلروفیل b در گیاهان حاصل از بذور پرایم نشده همبستگی با سایر صفات نداشت درصورتی‌که در گیاهان پرایم شده همبستگی مثبتی با کلروفیل کل و صفات مورفولوژیکی داشت. همچنین بررسی جدول همبستگی صفات در گیاهان حاصل از بذور پرایم نشده نشان داد که میزان فعالیت آنتی-اکسیدانی همبستگی مثبتی با کربوهیدرات محلول و نشت یونی داشت. تغییرات کربوهیدرات‌ها براثر رابطه مستقیم آن‌ها با مسیرهای فیزیولوژیک مانند فتوسنتز اهمیت خاصی دارد. افزایش محتوای کربوهیدرات ممکن است از کاهش نیاز به مواد فتوسنتزی به دلیل کاهش رشد ناشی شده باشد (Saraker et al., 1999). همچنین محتوای نسبی آب رابطه مثبتی را با صفات مورفولوژیکی نشان می‌دهد که گویای این است که هر چه محتوای نسبی آب بالا باشد شرایطی فراهم می‌شود که مؤلفه‌های مورفولوژیکی افزایش پیدا کند. محتوای نسبی آب بالا توانایی گیاهان را برای تنظیم اسمزی و حفظ رشد در شرایط تنش نشان می‌دهد. محتوای نسبی آب در گیاهان حاصل از بذور پرایم نشده دارای همبستگی منفی با فعالیت آنتی‌اکسیدانی بود، درحالی‌که گیاهان حاصل از بذور پرایم شده همبستگی مثبتی را نشان داد. محتوای نسبی آب برگ دارای همبستگی مثبت با تمام صفات مورفولوژیکی در گیاهان حاصل از بذور پرایم نشده بوده درحالی‌که در گیاهان حاصل از بذور پرایم شده، تنها با وزن خشک برگ و وزن تر ساقه همبستگی مثبتی را نشان داد (جدول ۹). به نظر می‌رسد که کاهش پتانسیل آب مانع از تقسیم سلولی، رشد اندام، فتوسنتز خالص و سنتز پروتئین می-شود و تعادل هورمونی بافت‌های اساسی گیاه را تغییر می‌دهد و درنتیجه همبستگی مثبت بین محتوای نسبی آب برگ و صفات مورفولوژی وجود دارد (Saraker et al., 1999). محتوای رطوبت نسبی برگ همبستگی بالایی با پتانسیل آب برگ دارد و کاهش محتوای رطوبت نسبی برگ منجر به بسته شدن روزنه‌ها، کاهش فتوسنتز و در مقادیر شدید منجر به انتقال الکترون، ممانعت نوری و تخریب غشاء می‌شود. کاهش محتوای رطوبت نسبی برگ در ابتدا به دلیل بسته شدن روزنه‌ها و کاهش فتوسنتز و با افزایش به دلیل توقف انتقال الکترون و ممانعت نوری در چرخه فتوسنتزی است (Kamali et al., 2012). نشت یونی همبستگی منفی با صفات مورفولوژیک دارد که گویای این است در شرایط تنش و در گیاهان حاصل از بذور بدون پرایم هر مقدار نشت یونی افزایش پیدا کند شاخص‌های مورفولوژیکی به کمترین میزان خود رسیده و گیاه شرایط نامطلوبی را متحمل می‌شود. درصد نشت الکترولیت میزان آسیب به غشای سلولی را نشان می‌دهد. تنش‌های غیرزنده باعث آسیب و تخریب غشاءهای بیولوژیکی و افزایش نفوذپذیری و نشت الکترولیت‌ها و غیرفعال شدن پروتئین‌های غشاء می‌شود که خود منجر به کاهش فعالیت فتوسنتزی یا میتوکندریایی و کاهش توانایی غشاء پلاسمایی در به دست آوردن آب و مواد محلول و درنتیجه مرگ سلولی می‌شود (Chinnusamy et al., 2004).

جدول ۸. ضرایب همبستگی صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی ریحان در گیاهان رشد یافته از بذور پرایم نشده (شاهد)

Table 8. Correlation coefficient of morphological and physiological traits of basil growth from non-priming seeds

	ویژگی‌ها Characters	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	کلروفیل a Chlorophyll a	1														
2	کلروفیل b Chlorophyll b	0.870**														
3	کلروفیل کل Total chlorophyll	0.890**	0.531													
4	فعالیت آنتی‌اکسیدانی Antioxidant activity	-0.864**	0.289	-0.603												
5	فنل کل Total phenol	-0.912**	0.149	-0.708*	0.873**											
6	کربوهیدرات محلول Soluble sugars	-0.976**	-0.12	-0.836**	0.882**	0.896**										
7	نشت یونی Ion leakage	-0.983**	-0.142	.901**	0.828**	0.897**	0.895**									
8	محتوای نسبی آب RWC	0.978**	0.201	0.924**	-0.769*	-0.903**	-0.929	-0.975**								
9	ارتفاع بوته Plant height	0.923**	0.309	0.927**	-0.653	-0.760*	-0.884**	-0.949**	0.940**							
10	شاخه فرعی Number of branches	0.702**	0.263	0.717**	-0.471	-0.619	-0.722*	-0.804**	0.737*	0.851**						
11	طول برگ Leaf length	0.867**	0.295	0.872**	-0.629	-0.734*	-0.822**	-0.856**	0.905**	0.816**	0.587					
12	عرض برگ Leaf width	0.864**	0.369	0.903**	-0.654	-0.660	-0.863**	-0.896**	0.865**	0.874**	0.744*	0.915**				
13	وزن تر برگ Leaf fresh weight	0.892**	-0.194	0.670**	-0.973**	-0.912**	-0.891**	-0.846**	0.826**	0.660	0.431	0.733*	0.697*			
14	وزن خشک برگ Leaf dry weight	0.807**	-0.224	0.584**	-0.900**	-0.919**	-0.796*	-0.784*	0.782*	0.569	0.441	0.704*	0.620	0.948**		
15	وزن تر ساقه Stem fresh weight	0.912**	-0.80	0.739*	-0.915**	-0.957**	-0.910**	-0.927**	0.883**	0.788*	0.703*	0.690*	0.724*	0.916**	0.906**	
16	وزن خشک ساقه Stem dry weight	0.912**	-0.038	0.758*	-0.884**	-0.950**	-0.909**	-0.904**	0.903**	0.751*	0.638	0.822**	0.776*	0.932**	0.956**	0.943**

*، ** همبستگی‌ها به ترتیب در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ معنی‌دار است.

*, ** Correlations are significant 5 and 1% levels, respectively.

جدول ۹. ضرایب همبستگی صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی ریحان در گیاهان رشد یافته از بذور پرایم شده

Table 9. Correlation coefficient of morphological and physiological traits of basil growth from priming seeds

	ویژگی‌ها Characters	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	کلروفیل a Chlorophyll a	1														
2	کلروفیل b Chlorophyll b	0.827**														
3	کلروفیل کل Total chlorophyll	0.971**	0.938**													
4	فعالیت آنتی‌اکسیدانی Antioxidant activity	0.116	0.043	0.090												
5	فنل کل Total phenol	-0.597**	-0.604**	-0.627**	0.525**											
6	کربوهیدرات محلول Soluble sugars	-0.550**	-0.435*	-0.526**	0.147	0.545**										
7	نشت یونی Ion leakage	-0.944**	-0.750**	.903**	-0.042	0.651**	0.514**									
8	محتوای نسبی آب RWC	0.492**	0.215	0.396*	0.077*	-0.212	-0.261	-0.495**								
9	ارتفاع بوته Plant height	0.892**	0.768**	0.879**	0.272	-0.502**	-0.488**	-0.840**	0.308							
10	شاخه فرعی Number of branches	0.833**	0.679**	0.804**	0.473*	-0.151	-0.311	-0.760**	0.333	0.800**						
11	طول برگ Leaf length	0.440*	0.404*	0.445*	-0.338	-0.548**	-0.444*	-0.422*	0.205	0.405*	0.224					
12	عرض برگ Leaf width	0.602**	0.394*	0.540**	329	-0.152	-0.201	-0.535**	0.071	0731**	0.636**	0.349				
13	وزن تر برگ Leaf fresh weight	0.928**	0.818**	0.923**	0.018	-0.594**	-0.569**	-0.783**	0.372	0.846**	0.710**	0.493**	0.590**			
14	وزن خشک برگ Leaf dry weight	0.880**	0.741**	0.860**	0.047	-0.524**	-0.576**	-0.764**	0.405*	0.783**	0.692**	0.508**	0.550**	0.895**		
15	وزن تر ساقه Stem fresh weight	0.821**	0.651**	0.785**	0.027	-0.508**	-0.692**	-0.756**	0.445*	0.799**	0.624**	0.649**	0.601**	0.835**	0.813**	
16	وزن خشک ساقه Stem dry weight	0.821**	0.616**	0.770**	0.016	-0.539**	-0.678**	-0.767**	0.446	0.745**	0.580*	0.634**	0.567**	0.813**	0.829**	0.952**

*، ** همبستگی‌ها به ترتیب در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ معنی‌دار است.

*, ** Correlations are significant 5 and 1% levels, respectively.

نتیجه‌گیری کلی

تنش شوری یکی از عوامل محیطی مهم در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیاست. مطالعه واکنش‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در شرایط تنش و بدون تنش می‌تواند به شناسایی سازوکارهای مؤثر در سازگاری گیاه به تنش کمک می‌کند. پرایمینگ بذر یک راهکار مفید فیزیولوژیکی برای افزایش رشد گیاهچه تحت تأثیر تنش‌های محیطی ازجمله شوری در گیاهان به‌منظور مقاوم‌سازی بذور در مرحله جوانه‌زنی و رشد ابتدایی است. بذور پرایم شده به‌ویژه هیدروپرایمنگ تا حدودی می‌تواند در شرایط تنش شوری متوسط (۵۰ میلی‌مولار) و همچنین بدون تنش شوری باعث بهبود رشد گیاه دارویی ریحان شود. البته برای حصول به نتیجه مطلوب بررسی دیگر تیمارهای پرایمینگ برای انتخاب تیمار مناسب پرایمینگ بذور به‌منظور ایجاد مقاومت به تنش شوری و بهبود صفات جوانه‌زنی و مورفوفیزیولوژیکی ریحان پیشنهاد می‌گردد

منابع

Abbaszadeh B., Sharifi Ashourabadi, E., Lebaschi, M.H., Naderi Haji Bagherkandi, M., Moghadami, F., 2008. The effect of drought stress on proline contents, soluble sugars, chlorophyll and relative water contents of balm (*Melissa officinalis* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 4, 504-513. [In Persian with English summary].

Abdollahi, F., Jafari, L., 2012. Effect of NaCl and KNO_3 priming on seed germination of canola (*Brassica napus* L.) under salinity conditions. International Journal of Agriculture: Research and Review. 2, 573-579.

Al-Amier, H., Craker, L.E., 2007. In vitro selection for stress tolerant spearmint. Issues in New Crops and New Uses. ASHS Press, Alexandria VA. pp. 306-310.

Archangi, A., Khodambashi, M., 2014. The effect of salinity on morphological characteristics, essential oil content and ion accumulation of basil (*Ocimum basilicum*) under hydroponic conditions. Journal. Science Technology Greenhouse Cultures. 5(17), 125-138. [In Persian with English summary].

Azooz, M.M., 2009. Salt stress mitigation by seed priming with salicylic acid in two faba bean genotypes differing in salt tolerance. International Journal of Agriculture and Biology. 4, 343-350.

Badeleh, K. Aghyghi Shahverdi, M., Omidi, H., 2014. Effect of seed priming on *Cucurbita pepo* L. germination traits under drought stress. Iranian Journal of Seed Research. 1(2), 125-135. [In Persian with English summary].

Bahmani, M., Jalali, Gh., Tabari, M., 2014. Effects of halopriming on germination traits of medicinal plant caper small shrub (*Capparis spinosa* var. parviflora) seeds. Arid Biome Scientific and Research Journal. 4(1), 79-82. [In Persian with English summary].

Balochi, H.R., 2013. Effect of seed priming on germination and seedling growth in pumpkin seeds paper (*Cucurbita pepo*) under salt stress. Journal of Crop Production and Processing. 3(10), 169-179. [In Persian with English summary].

Balochi, H.R., Ahmadpour Dehkordi, S., 2013. Effect of different seed priming on germination traits in black cumin (*Nigella sativa)* under salinity stress. Journal of Plant Production. 20(3), 1-25. [In Persian with English summary].

Bagheri, A., Baherifard, A., Saborifard, A., Ahmadi, M., Safarpoor, M., 2014. Effects of drought, cytokinin and GA3 on seedling growth of basil (*Ocimum basilicum*). International and Advanced Biological and Biomedical Research. 4(2), 489-493.

Bradford, K.J., 1995. Water Relations in Seed Germination: 351-396. In: Kigel, and Galili. (eds.), Seed Development and Germination. Marcel Dekker, New York, 872p.

Chinnusamy, V., Xiong, L., Zhu, J.K. 2004. Use of genetic engineering and molecular biology approaches for crop improvement for stress environments. P: 47-107. In: Abiotic stress: Plant resistance through breeding and molecular approaches. Ashraf, M., and P. J. C. Harris, (eds). Food Products press.

Demir Kaya, M., Atak, M., Çikili, Y., Kolsarici, O., 2006. Seed treatment to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). European Journal of Agronomy. 24, 291-295.

Dianati-Tilaki, G., Shakarami, B., Tabari M. Behtari, B., 2011. The effect of NaCl priming on germination and early growth of seeds of *Festuca ovina* L. under salinity stress conditions. Iranian Journal of Range and Desert Research. 18(3): 457-462. [In Persian with English summary].

EL-Tayeb, M.A., 2005. Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regulation. 3, 215-225.

Eslami, S.V., Behdani, M.A., Ali S., 2010. Effect of salinity on germination characteristics and early seedling growth of canola cultivars (*Brassica napus* L.). Environmental Stresses in Agricultural Sciences. 1(1), 39-46. [In Persian with English summary].

Emam, M.M., Helal, N.M., 2008. Vitamins minimize the salt-induced oxidative stress hazards. Australian Journal of Basic and Applied Sciences. 4, 110-1119.

Esmailpour, N. Mojaddam, M., 2009. Effect of seed hydropriming on improvement of seed germination and seedling sweet sorghum growth under salt stress conditions. Journal of Crop Physiology. 3, 51-59. [In Persian with English summary].

Farokhi, A., Ghaleshi, S., 2005. Effect of salinity, seed size and their interactions on germination, efficiency of conversion of reserves and seedling growth of soybean. Iranian Journal of Agricultural Sciences. 36(5), 1233-1239. [In Persian with English summary].

Ferodel, S., Sadrabadi Haghighi, R., Nabavi Kalat, S.M. 2011. Effect of seed priming on seedling growth of sesame (*Sesamum indicum* L.) under salt stress. Iranian Journal of Field Crops Research. 9(3), 535-542. [In Persian with English summary].

Ghassemi-Golezani, K., Dalil, B., 2011. Seed germination and vigor tests. JDM Press. [In Persian with English summary].

Gholami, R., Kashefi B., Saidi-Sari S., 2013. The effect of spraying salicylic acid in reducing the effects of salt stress on the growth traits of woodland sage (*Salvia limbata* L.). Journal of Plant Ecophysiology. 15(5), 63-73. [In Persian with English summary].

Goldani, M., Mazrui S., 2015. The effect of seed priming treatment on germination traits of two mustard cultivars (*Brassica compestris* var. Parkland and Goldrash). Journal of Horticultural Science. 29(9), 168-175. [In Persian with English summary].

Harris, D., Pathan, A.K., Gothkar, P., Joshi, A., Chivasa, W., Nyamudeza, P., 2001. On-farm seed priming: Using participatory methods to revive and refine a key technology. Agriculture Systems. 1, 151-164.

Hedge, J.E., Hofreiter, B.T., 1962. In: Carbohydrate Chemistry, 17 (Eds. Whistler R.L. and Be Miller, J.N.). Academic Press, New York.

Javanmardi, J., Khalighi, A., Kasha, A., Bais, H.P. Vivanco, J.M., 2002. Chemical characterization of basil (*Ocimum basilicum* L.) found in local accessions and used in traditional medicines in Iran. Journal Agriculture and Food Chemistry. 21, 5878-5883.

Javanmardi, J., Stushnoff, C., Locke, E. Vivanco, J.M., 2003. Antioxidant activity and total phenolic content of Iranian *Ocimum* accessions. Food Chemistry. 4, 547-550.

Kamali, M., Kharazi, M., selahverzi, Y., Tehranifar, A., 2012. Effect of salycilic acid on growth and some morphophysiologic characteristics of *Gomphrena globosa* L. under salt stress. Journal of Horticultural Science. 26(1), 104-112. [In Persian with English summary].

Kaya, M.D., Okçu, G., Atak, M., Cıkılı, Y., Kolsarıcı, O., 2006. Seed treatments to overcome salt drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). European Journal of Agronomy. 4, 291-295.

Khan, A., Ashraf, M., 2008. Exogenously applied ascorbic acid alleviates salt-induced oxidative stress in wheat. Environment and Experimental Botany. 1, 224-231.

Khorramdel, S., Rezvani Moghaddam, P., Amin Ghafuri, A., Shabahang, J., 2012. Effect of priming by salicylic acid and drought stress on characteristics of black seed germination (*Nigella sativa* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 10(4), 709-725. [In Persian with English summary].

Kiarostami, K.H., Mohseni, R. Saboora, A., 2010. Biochemical changes of *Rosmarinus officinalis* under salt stress. Journal of Stress Physiology and Biochemistry. 3, 114-122.

Läuchli, A., Grattan, S.R., 2007. Plant growth and development under salinity stress. In:

Advances in Molecular Breeding toward Drought and Salt Tolerant Crops. Springer Netherlands pp. 1-32.

Lahooti, M., 1989. Biochemistry and Physiology of Plant Hormones. University of Mashhad press 360p. [In Persian with English summary].

Lutts, S., Kinet, J.M. Bouharmont, J., 1996. NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. Annals of Botany 3, 389-398.

MakkizadehTafti1, M., Farhoudi, R., Rastifar, M., 2012. Effect of osmopriming on seed germination of Lemon balm (*Melissa officinalis* L.) under salinity stresses. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 27(4), 586-573. [In Persian with English summary].

Marcum, K.B., 1998. Cell membrane theromotability and whole-plant heat tolerance of Kentucky bluegrass. Crop Science. 5, 1214-1218.

Marcum, K.B., 2008. 24 Relative salinity tolerance of turfgrass species and cultivars In: Hand book of Turfgrass Management and Physiology (Ed. Pessarkli, M.) CRC press, Pp. 389-390.

McDonald, G.K., Sutton, B.G., 1983. The effect of time of sowing on the grain yield of irrigated wheat in the Nomoi valley, New South Wales Australian Journal of Agricultural Research. 34(3), 229 –240.

Moon, J.H., Terao J., 1998. Antioxidant activity of caffeic acid and dihydrocaffeic acid in lard and human low-density lipoprotein. Journal of Agriculture and Food Chemistry. 12, 5062-5065.

Mousavi, S.G., Jouyban, Z., 2012. Effect of salinity stress on germination and growth parameters of seedlings of basil (*Ocimum basilicum* L.). Technical Journal of Engineering and Applied Sciences. 2(4), 84-87.

Neto, N.B.M., Saturnino, S.M., Bomfim, D.C., Custodio, C.C., 2004. Water stress induced by mannitol and sodium chloride in soybean cultivars. Brazilian Biology and Technology. 47, 521-529.

Netondo, G.W., Onyango, J.C., Beck, E., 2004. Sorghum and salinity: I. Response of growth, water relations, and ion accumulation to NaCl salinity. Crop Science. 3, 797.

Ozcan, M., Derya, A.M., Unver, A., 2005. Effect of drying methods on the mineral content of basil (*Ocimum basilicum*). Journal of Food Engineering. 3, 375-379.

Parida, A.K., Das, A.B., 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review, Ecotoxicology and Environmental Safety. 60, 324-349.

Saadatian, B., Ahmadvand, G., 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 with English summary].

Sairam, R.K., Rao, K.V., Srivastava, G.C., 2002. Changes in antioxidant activity in sub-cellular response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. Plant Science. 5, 1037-1046.

Sanchez, S.R., 1998. Turgor maintenance, osmotic adjustment and soluble sugar and proline accumulation in 49 pea cultivars in response to water stress. Field Crops Research. 3, 225-235.

Saraker, A.M., Rahman, M.S., Paul, N.K., 1999. Effect of soil moisture on relative leaf water content, chlorophyll, proline and sugar accumulation in wheat. Journal of Agronomy and Crop Science. 183, 225-229.

Shakarami, B., Dianati-Tilaki, Gh., Tabari M., Behtari, B., 2011. The effect of priming treatments on salinity tolerance of *Festuca arundinacea* Schreb and *Festuca ovina* L. during seeds germination and early growth stages. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research. 18(2), 318-328. [In Persian with English summary].

Shi, D., Sheng, Y., 2004. Effect of various salts alkaline mixed stress conditions on sunflower seedling and analysis of their stress factors. Environmental and Experimental Botany. 1, 8-21.

Singleton, V.L., Ross, J.A., 1965. Colorimetry of total phenolics with phoshomolybdic-phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture. 3, 144-158.

Sivritepe, H.O., Sivritepe, N., Eris, A., Turha, E., 2005. The effects of NaCl pre-trements on salt tolerance of melons grown under long-term salinity. Scientia Horticulturae. 4, 568-581.

Tabatabaei, S.A., Shakeri, E., 2014. Effect of seed priming on germination traits of cumin (*Cuminum cyminum*) under drought and salinity stresses. Arid Biome Scientific and Research Journal. 4(2), 66-74. [In Persian with English summary].

Tjemir, R., Etemadi F., Mortezai Neja V., Sadeghi A., 2014. Evaluation of tolerance to salinity in clustered wheat grass (*Agropyron desertorum* L.) species. Plant Process and Productivity. 3(7), 93-104. [In Persian with English summary].