"نشریه علوم و فناوری بذر ایران"
جلد پنجم، شماره ۲، پائیز و زمستان ۹۵
شماره صفحه: ۱۸۰- ۱۶۹
DOI: 10.22034/ijsst.2017.108247

# براهمکنش تنش شوری، خشکی و دما بر خصوصیات جوانه‌زنی بذر و رویش گیاهچه گیاه دارویی بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.)

الهام نوذر پور[۱]، رضا توکل افشاری[۲*] و ناصر مجنون حسینی[۳]

۱و۳- به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و تکنولوژی بذر و استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۲- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

## چکیده

این آزمایش به منظور بررسی پاسخ جوانه‌زنی بذر بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) نسبت به دما و پتانسیل آب صورت گرفت. دماهای استفاده شده در این آزمایش، ۱۰ سطح دما شامل ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۳، ۲۵، ۲۷، ۳۰، ۳۲ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد بود. در هر دما تاثیر تنش شوری شامل صفر،۰/۲-، ۰/۴-، ۰/۶- و ۰/۸- مگاپاسکال سدیم کلرید وتاثیر تنش خشکی شامل صفر،۰/۲-، ۰/۴-، ۰/۶- و ۰/۸- مگاپاسکال پلی اتیلن گلایکول بر خصوصیات جوانه‌زنی مورد بررسی قرار گرفت. این آزمایش در آزمایشگاه بذر پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران در سال ۱۳۹۳ انجام شد. داده‌ها بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با چهار تکرار آنالیز شدند. نتایج نشان داد که اثر دما در پتانسیل آب بر شاخص‌های جوانه‌زنی معنی‌دار بود. صفات مورد مطالعه عبارت بودند از درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و شاخص بنیه. با افزایش شدت کلرور سدیم و پتانسیل اسمزی درصد و سرعت جوانه‌زنی بذرهای بادرنجبویه به طور خطی کاسته شد و در هر دو آزمایش بیشترین درصد جوانه‌زنی مربوط به تیمار شاهد (۹۰ درصد) و کمترین درصد جوانه‌زنی (۲۰ درصد) مربوط به پتانسیل ۰/۸- مگاپاسکال بود. با کاهش پتانسیل آب و افزایش میزان شوری، شاخص بنیه گیاهچه کاهش پیدا نمود. بذرهای بادرنجبویه در دماهای ۵، ۱۰، ۱۵ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد و در هیچ سطح رطوبتی جوانه نزدند. نتایج این پژوهش می‌تواند برای مطالعات آتی در مورد اکولوژی بذر گیاه بادرنجبویه مفید باشد.

**کلمات کلیدی:** پلی اتیلن گلیکول، درصد جوانه‌زنی، درجه حرارت، سدیم کلرید، بادرنجبویه.

## مقدمه

گیاه بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) از تیره نعناعیان است و سرزمین اصلی آن نواحی مدیترانه می‌باشد. این گونه گیاهی علفی چند ساله است و ترکیبات معطر خاص موجود در اسانس آن در صنایع دارویی، بهداشتی و غذایی کاربرد فراوانی دارد. این گیاه دارای خاصیت آنتی اکسیدانی و آلفا توکفرول (Yanishlieva and Marinova, 1998) می‌باشد. بادرنجبویه در بهبود قولنج دوران کودکی، تقویت کننده حافظه و بهبود آلزایمر (Bennet, 2003) کاربرد فراوان دارد. جوانه‌زنی بذر و استقرار گیاهچه از مراحل بحرانی و مهم در چرخه زندگی گیاهان می‌باشد (Windauer *et al*., 2007). تاخیر در رشد اولیه و استقرار نامناسب از معضلات مهم در نواحی است که گیاهان با تنش‌های محیطی مانند تنش خشکی، شوری و دمای پایین مواجه هستند ( Baskin

* نویسنده مسئول: رضا توکل افشاری، نشانی: مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، گروه زراعت و اصلاح نباتات
E-mail: tavakolafshari@um.ac.ir
تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۲/۲۲
تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۰۷/۰۵

and Baskin, 2001) و این تنش‌ها از اصلی‌ترین عوامل کاهش عملکرد گیاهان زراعی می‌باشند. با کاهش یافتن نزولات آسمانی و در نتیجه کاهش میزان آب قابل استفاده در کشاورزی، تنش‌های خشکی و شوری بیش از پیش اهمیت پیدا نموده‌اند. شوری و خشکی از عوامل مهم کاهش دهنده رشد گیاهان در بسیاری از مناطق جهان هستند. خاک‌های شور ایران حدود ۱۵٪ از کل اراضی کشاورزی، که معادل ۲۴ میلیون هکتار استرا تشکیل می‌دهند (Bandani and Abdolzadeh, 2007). بیشترین اثر سمیت شوری به دلیل حضور سدیم کلرید در خاک است که هم بر روی رشد و جوانه‌زنی گیاه اثر می‌گذارد و هم سبب ایجاد پتانسیل اسمزی (Soltani *et al*., 2006; Farzaneh and Soltani, 2011)، اثر سمیت ویژه یون‌ها (Ali *et al*., 2001) و نیز اختلال در جذب مواد غذایی می‌شود. وسعت مناطق خشک و نیمه خشک ایران بیش از ۱/۵ میلیون کیلومتر مربع می‌باشد (Abolhasani Zeraatkar *et al*., 2006). رطوبت از عوامل مهم در جوانه‌زنی بذرهای فاقد کمون است و در مزرعه اغلب تنش آب محدود کننده‌ی جوانه‌زنی است (Bradford, 2002). آبنوشی در پتانسیل‌های پایین، سبب کاهش سرعت جذب آب می‌شود و نهایتا ورود به فاز آخر جوانه‌زنی به تاخیر می‌افتد (Bradford, 2002). در رابطه با تاثیر تنش شوری روی خصوصیات جوانه‌زنی در انواع گیاهان دارویی آزمایش‌های متعددی صورت گرفته است. با کاهش پتانسیل اسمزی در تنش شوری درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه در گیاه دارویی گل ختمی (*Althea officinalis* L.) کاهش یافت (Yazdani-Bioki and Rezvani-Moghadam, 2012). در مطالعه‌ای دیگر مشاهده شد که با افزایش تنش شوری به طور معنی‌داری از سرعت و درصد جوانه‌زنی گیاه دارویی گل سازویی (*Scrophularia striata*) کاسته شد و آستانه کاهش معنی‌دار در جوانه‌زنی ۱۲- بار در تنش شوری در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بود (Karevani *et al*., 2014). جوانه‌زنی بذرهای گشنیز در پتانسیل اسمزی ۰/۵۹- و ۰/۸۱- مگاپاسکال به شدت کاهش یافت (Dadkhah and Kafi, 2013).کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی بذرها در محیط شور، عمدتا ناشی از افزایش فشار اسمزی و در نهایت کاهش سرعت جذب آب توسط بذر و همچنین افزایش سمیت ویژه یون‌های سدیم و کلر بر فرآیندهای بیوشیمیایی مراحل کاتابولیک و آنابولیک جوانه‌زنی به علت غلظت بالای نمک باشد (Falahi *et al*., 2009; Maguire, 1962). تحقیقات نسبتا زیادی که بر جوانه‌زنی گیاهان (گل سازویی، خرفه و خردل وحشی) انجام شده بیانگر این واقعیت است که با افزایش خشکی رشد ریشه‌چه، ساقه‌چه و در نهایت وزن خشک گیاهچه به طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد کاهش می‌یابد (Karevani *et al*., 2014; Rahimi and Kafi, 2009; Soltani *et al*., 2013). سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، ساقه‌چه، گیاهچه و بنیه گیاهچه مینای پرکپه ناجوربرگ (*Tanacetum polycephalum*) با افزایش سطح تنش خشکی به طور معنی‌داری کاهش یافتند (Karevani *et al*., 2013). از علل کاهش طول گیاهچه در شرایط تنش خشکی، کاهش یا عدم انتقال مواد غذایی از لپه‌ها به جنین گزارش گردیده است. علاوه بر آن کاهش جذب آب توسط بذر در شرایط تنش باعث کاهش ترشح هورمون‌ها و فعالیت آنزیم‌ها و در نتیجه اختلال در رشد گیاهچه می‌شود (Kafi *et al*., 2005). بادرنجبویه

سازگاری خوبی با شرایط آب و هوایی ایران دارد. هدف از این آزمایش بررسی براهمکنش درجات مختلف تنش خشکی حاصل از پلی اتیلن گلایکول (PEG) و تنش شوری ناشی از کلرید سدیم (NaCl) بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه بادرنجبویه بود.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش در آزمایشگاه بذر پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران (عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۹ دقیقه شرقی) به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام گرفت. این آزمایشگاه مجهز به ۱۰ دستگاه ژرمیناتور می‌باشد بنابراین همه تیمارهای دمایی همزمان و در اسفند ۱۳۹۳ آغاز شدند. دماهای استفاده شده در این آزمایش ۱۰ سطح دما شامل ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۳، ۲۵، ۲۷، ۳۰، ۳۲ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد بود. در هر دما به منظور ایجاد تنش خشکی، پنج سطح پتانسیل خشکی شامل صفر (شاهد)، ۰/۲-، ۰/۴-، ۰/۶- و ۰/۸- مگاپاسگال در سه تکرار اعمال شد که بنابر دستورالعمل میچل و کافمن (Michel and Kaufman, 1973) با استفاده از پلی اتیلن گلایکول۶۰۰۰ (مگاپاسکال) اعمال شد و به منظور ایجاد تنش شوری هفت سطح پتانسیل شوری شامل صفر (شاهد)، ۰/۲-، ۰/۴-، ۰/۶- و ۰/۸- مگاپاسگال (Martinez *et al.*, 2004; Katembe *et al.*, 1998) در سه تکرار اعمال شد. سطوح مختلف شوری از طریق حل کردن مقادیر مشخصی نمک سدیم کلرید در آب مقطر برای ایجاد پتانسیل بر اساس فرمول ارائه شده توسط وانت هوف (معادله ۱) ایجاد شدند (Martinez *et al.*, 2004; Katembe *et al.*, 1998).

$$\Psi_S=-CIRT \quad (۱)$$

در این رابطه $\Psi_S$ پتانسیل اسمزی (مگاپاسکال)، C غلظت نمک (مولاریته)، I ضریب یدیداسیون (۱/۸)، R ثابت گازها (۰/۰۰۸۳۱۴) و T دما بر حسب درجه کلوین (C+۲۷۳) می‌باشد. در این آزمایش از آب مقطر برای ایجاد شرایط بدون تنش (شاهد) استفاده شد. ۲۴ ساعت قبل از شروع آزمایش کاغذهای صافی در محلول‌های مختلف تولید شده قرار داده شدند. قبل از شروع آزمایش بستر بذر (کاغذ واتمن شماره ۱) در اتوکلاو در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت استریل شد. برای هر تکرار تعداد ۵۰ عدد بذر به مدت یک دقیقه با محلول هیپوکلرید سدیم ۱۰درصد ضد عفونی شد و پس از سه بار شستشو با آب مقطر، به روی یک لایه کاغذ صافی در داخل پتری دیش‌ها منتقل شدند. ابتدا بذرها در دمای اتاق خشک و سپس کشت شدند. سپس برای تیمارهای خشکی و شوری مقادیر ۹ میلی لیتر محلول پلی اتیلن گلایکول و کلروسدیم به هر پتری دیش اضافه شد شد به گونه ای که بذرها خیس شوند نه اینکه غوطه ور شوند. پتری دیش‌ها به ژرمیناتور با دماهای ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۳، ۲۵، ۲۷، ۳۰، ۳۲ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد (رطوبت نسبی ژرمیناتور ۶۰ درصد) و شرایط کامل روشنایی (۷۵۰ لوکس) منتقل شدند. شمارش بذرهای جوانه زده از ۲۴ ساعت پس از کشت تا ۲۱ روز پس از آن در یک ساعت مشخص انجام شد (ISTA, 2009). ملاک جوانه‌زنی، خروج ریشه‌چه حداقل دو میلی‌متری بود (ISTA, 2009). در روز آخر آزمایش نیز طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در ۱۰ گیاهچه اندازه‌گیری و براساس میانگین گزارش شد (ISTA,

2009). برای محاسبه درصد و سرعت جوانه‌زنی بذرها از برنامه Germin (Soltani *et al*., 2013) استفاده شد که این برنامه D10 (یعنی مدت زمانی که طول می‌کشد تا جوانه‌زنی به ۱۰ درصد برسد)، D20 (یعنی مدت زمانی که طول می‌کشد تا جوانه‌زنی به 20 درصد برسد) را محاسبه می‌کند. در برخی از تیمارهای مورد آزمایش درصد جوانه‌زنی مشاهده شده کمتر از ۵۰ درصد و حتی کمتر از ۳۰ درصد بود. بنابراین برای به دست آوردن درصد و سرعت جوانه‌زنی به ترتیب از D20 و R20 استفاده شد (Soltani *et al*., 2015). این برنامه پارامترهای یاد شده را برای هر تکرار و هر تیمار بذری از طریق درون‌یابی منحنی افزایش جوانه‌زنی در مقابل زمان محاسبه می‌کند. سرعت جوانه‌زنی (در ساعت) از طریق فرمول (۲) محاسبه شد (Soltani *et al*., 2013).

$$R20=1/D2 \quad (۲)$$

پس از آخرین روز جوانه‌زنی طول گیاهچه‌ها (میلی‌متر) اندازه‌گیری و شاخص بنیه گیاهچه از طریق فرمول (۳) محاسبه شد (Abdul-Baki and Anderson, 1973). در این فرمول SL طول گیاهچه و FGP درصد جوانه‌زنی نهایی می‌باشد. تجزیه‌ی آماری با استفاده از برنامه آماری SAS و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel (۲۰۱۰) انجام شد. مقایسه میانگین صفت‌های مورد ارزیابی با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد صورت گرفت.

$$SVI=SL\times FGP \quad (۳)$$

## نتایج و بحث

### تنش خشکی

نتایج جدول تجزیه واریانس اثرپتانسیل اسمزی در دماهای مختلف بر جوانه‌زنی بذر بادرنجبویه نشان داد که تأثیر دما، پتانسیل آب و اثر متقابل دما در پتانسیل آب بر کلیه خصوصیات جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۱). هیچ‌گونه جوانه‌زنی در دماهای ۵، ۱۰، ۱۵ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده نشد. در نمودارهای مقایسه میانگین اثرات متقابل دما و پتانسیل آب روندی کاهشی در تمام صفت‌های مطالعه شده دیده شد. در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد از شدت پتانسیل اسمزی بیش از ۰/۲- مگاپاسکال هیچ‌گونه جوانه‌زنی دیده نشد اما در دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد تا پتانسیل اسمزی ۰/۴- مگاپاسکال جوانه‌زنی مشاهده شد. در دماهای ۲۵، ۲۷، ۳۰ و ۳۲ درجه سانتی‌گراد جوانه‌زنی تا پتانسیل ۰/۸- مگاپاسگال مشاهده شد. در این دماها بهترین تیمار مربوط به تیمار شاهد می‌باشد. درصد جوانه‌زنی در دماهای ۲۵، ۲۷، ۳۰ و ۳۲ درجه سانتی‌گراد با تیمار شاهد به ترتیب ۸۸، ۹۲، ۹۰ و ۹۰ درصد بود (شکل ۱). در شرایط تنش خشکی، کاهش درصد جوانه‌زنی، بیانگر تاثیر منفی محدودیت جذب آب توسط بذر برای آغاز فرآیندهای متابولیکی جوانه‌زنی است. صرف نظر از کاهش درصد جوانه‌زنی، پتانسیل آب همچنین باعث کاهش محدوده ی دمایی می‌شود که در آن بیشترین درصد جوانه‌زنی رخ می‌دهد (Kebreab and Murdoch, 2000). بذرها برای انجام فعالیت‌های حیاتی و شروع جوانه‌زنی احتیاج به آب کافی دارند. چنانچه جذب آب دچار اختلال شود و یا به کندی صورت گیرد، فعالیت‌های داخل بذر نیز به کندی صورت گرفته و مدت زمان خروج ریشه‌چه از بذر افزایش می‌یابد. کاهش جذب آب توسط بذر در اثر تنش خشکی سبب کاهش فرآیندهای فیزیولوژیکی و متابولیکی بذر گردیده و وفور مواد در دسترس برای ادامه حیات

گیاهچه تا رسیدن به مرحله استقرار کامل را با مشکل روبرو می‌سازد (De and Kar, 1994). بنابراین با منفی‌تر شدن پتانسیل اسمزی محلول جذب آب دچار مشکل شده و سرعت جوانه‌زنی بذرها نسبت به تیمار شاهد کاهش می‌یابد. بذرهایی که تحمل به شوری و خشکی متوسطی دارند، در شرایط شاهد و محیط بدون تنش جوانه‌زنی بهتری خواهند داشت (Soltani *et al*, 2012). در هر تیمار دمایی با افزایش سطوح خشکی، درصد جوانه‌زنی به طور معنی‌داری کاهش یافت وکاهش درصد جوانه‌زنی سریع بود که نشان دهنده‌ی تاثیر شدید پتانسیل اسمزس و دمایی می‌باشد. در کل با افزایش دما از ۲۰ به ۳۲ درجه سانتی‌گراد درصد جوانه‌زنی افزایش چشم گیری نشان داد و این نشان دهنده‌ی جوانه‌زنی بهتر بذر بادرنجبویه در دماهای بالاست (شکل ۱).

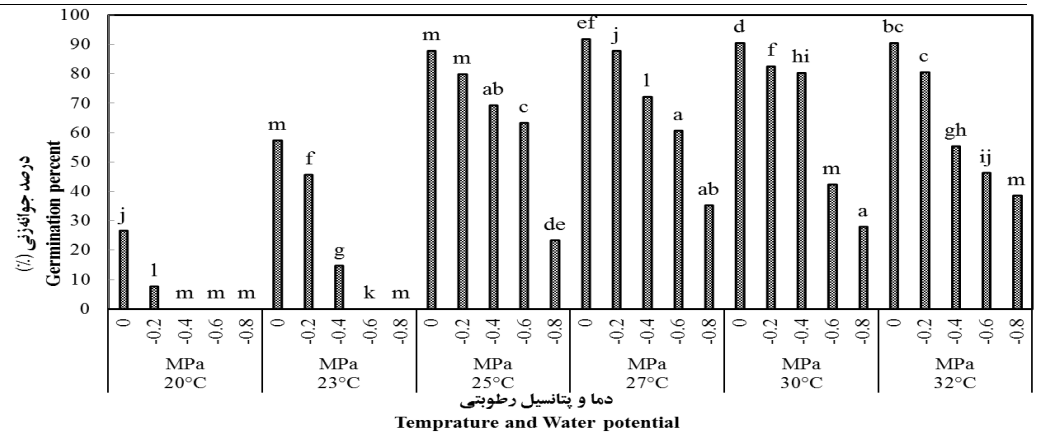
جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) خصوصیات جوانه‌زنی بذر بادرنجبویه تحت پتانسیل‌های مختلف خشکی (مگاپاسکال) در دماهای مختلف (درجه سانتی‌گراد).

Table1. Analysis of variance (Mean squars) of germination characteristics under different drought levels (MPa) at different temperatures (°C).

| منابع تغییر S.O.V | درجه آزادی D.f | درصد جوانه‌زنی germination percent | سرعت جوانه‌زنی germination rate | طول ساقه‌چه Shoot length | طول ریشه‌چه root length | شاخص بنیه گیاهچه Seedling vigour index |
|---|---|---|---|---|---|---|
| دما Temprature(T) | 5 | 4495.41** | 0.00024** | 164.3** | 712.8** | 12799143.3** |
| پتانسیل آب Water Potential(WP) | 5 | 7408.42** | 0.0054** | 1074.6** | 1636** | 25852574.7** |
| دما×پتانسیل آب T*WP | 25 | 266.34** | 0.0000242** | 51.9** | 123.4** | 1841106.5** |
| خطا Error | 72 | 4.51 | 0.00000029 | 0.229 | 0.7 | 12243.4 |
| ضریب تغییرات (٪) CV(%) | | 5.7 | 8.1 | 6.3 | 6.2 | 7.9 |

** اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

significant at 1%**

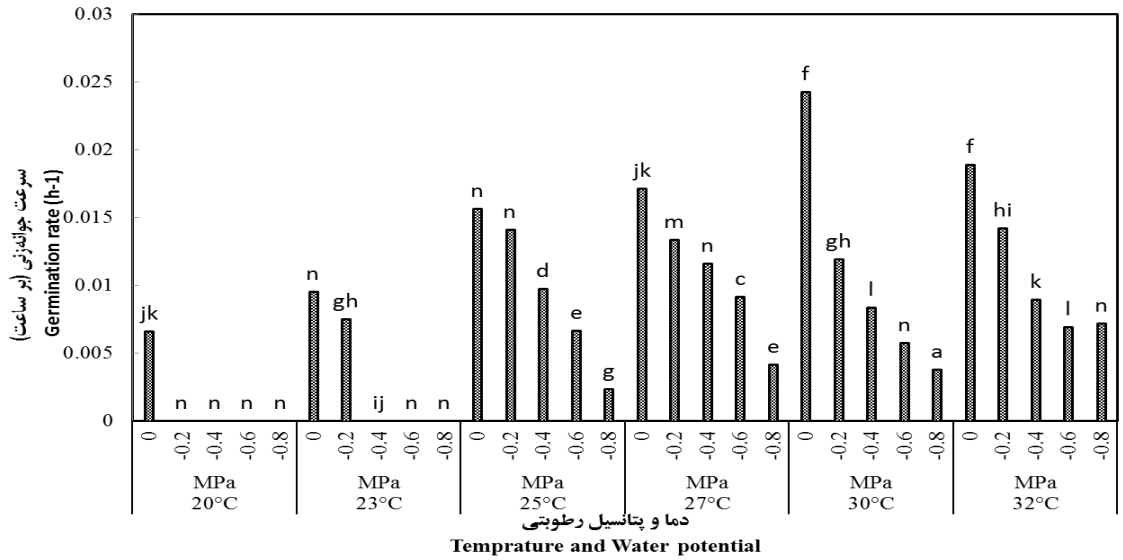



شکل ۱– مقایسه میانگین اثر متقابل پتانسیل‌های مختلف آب در تنش اسمزی (۰، ۰/۲-، ۰/۴-، ۰/۶- و ۰/۸- مگاپاسکال) و دماهای مختلف (۲۰، ۲۳، ۲۵، ۲۷، ۳۰ و ۳۲ درجه سانتی‌گراد) بر درصد جوانه‌زنی بذر بادرنجبویه.

Figure 1. Mean comparisons of water potential (0, -0.2, -0.4, -0.6 and -0.8 MPa) × temperature (20, 23, 25, 27, 30 and 32 °C) interaction effect on germination percent of lemon balm seeds.

در دماهای ۲۰ و ۲۳ درجه سانتی‌گراد بیشترین سرعت جوانه‌زنی در تیمار شاهد بود. با افزایش دما به ۲۵ درجه سانتی‌گراد سرعت جوانه‌زنی افزایش یافت. در دماهای ۲۵، ۲۷، ۳۰ و ۳۲ درجه سانتی‌گراد

بیشترین سرعت جوانه‌زنی در تیمار شاهد بود و با افزایش پتانسیل اسمزی از درصد جوانه‌زنی کاسته شد. در این آزمایش سرعت جوانه‌زنی با افزایش پتانسیل اسمزی در همه دماها کاهش یافت اما افزایش دما سرعت جوانه‌زنی را افزایش داد و بالاترین سرعت جوانه‌زنی در بذرهای شاهد در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد (۰/۰۲۴ بر ساعت) به دست آمد و کمترین سرعت جوانه‌زنی مربوط به دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد بود (شکل ۲).



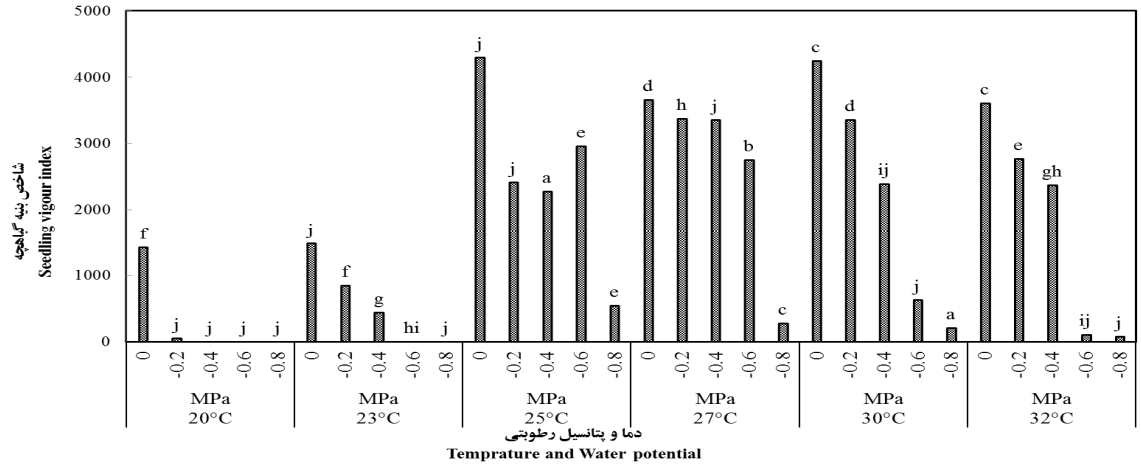

شکل ۲– مقایسه میانگین اثر متقابل پتانسیل‌های مختلف آب در تنش اسمزی (۰، ۰/۲-، ۰/۴-، ۰/۶- و ۰/۸- مگاپاسکال) و دماهای مختلف (۲۰، ۲۳، ۲۵، ۲۷، ۳۰ و ۳۲ درجه سانتی‌گراد) بر سرعت جوانه‌زنی بذر بادرنجبویه.

Figure 2. Mean comparisons of water potential (0, -0.2, -0.4, -0.6 and -0.8 MPa) × temperature (20, 23, 25, 27, 30 and 32 °C) interaction effect on germination rate of lemon balm seeds.

جوانه‌زنی بذر به پتانسیل آب وابسته است و این استرس زمانی که دما نزدیک دمای بهینه باشد، کمتر می‌شود (Metwally *et al.*, 2003). دمای بهینه برای جوانه‌زنی بذر بادرنجبویه ۳۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد بنابراین هرچه دما افزایش می‌یابد و به دمای بهینه نزدیکتر می‌شود درصد و سرعت جوانه‌زنی نیز افزایش می‌یابد (نتایج گزارش نشده است). نتایج مشابهی در این زمینه توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (Dadkhah, 2010; Karevani *et al.*, 2013; Karevani *et al.*, 2014). در تحقیقی مشاهده شد که درصد جوانه‌زنی بذر مینای پرکپه ناجور برگ (*polycephalum subsp. Heterophyllum*) با افزایش پتانسیل اسمزی در همه دماها کاهش یافت اما افزایش دما درصد و سرعت جوانه‌زنی را افزایش داد و بالاترین درصد جوانه‌زنی در بذرهای شاهد در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به دست آمد و کمترین درصد جوانه‌زنی مربوط به دمای ۵ درجه سانتی‌گراد بود و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد را به عنوان دمای بهینه برای جوانه‌زنی این بذر معرفی کردند (Karevani *et al.*, 2013). در آزمایشی دیگر مشاهده شد که با افزایش دما از ۵ به ۲۵ درجه سانتی‌گراد درصد و سرعت جوانه‌زنی و شاخص بنیه در گیاه گل سازویی (*Scrophularia striata*) در همه سطوح، افزایش یافت یافت و این افزایش به دلیل تاثیر مثبت دماهای بالا (دمای بهینه برای جوانه‌زنی این گیاه ۲۵ درجه سانتی‌گراد) بر درصد و سرعت جوانه‌زنی بود

(Karevani *et al*., 2014). نتایج این آزمایش با نتایج کاروانی و همکاران Karevani *et al*. (2014) مطابقت دارد. مطالعات زیادی نشان داده که درصد و سرعت جوانه‌زنی با افزایش پتانسیل اسمزی کاهش می‌یابد (Soltani *et al*, 2013; Soltani *et al*., 2014; Yazdani-Bioki and Rezvani-Moghadam, 2012). درصد جوانه زنی بذر خرفه (*Portulaca oleracea* L.) با افزایش شدت پتانسیل اسمزی کاهش یافت، ولی بیشترین درصد جوانه زنی در پتانسیل ۰/۲۵- مگاپاسکال دیده شد (۹۴ درصد) که برخلاف انتظار بیشتر از شاهد (۸ درصد) بود (Rahimi and Kafi, 2009). با کاهش پتانسیل اسمزی از سرعت و درصد جوانه‌زنی بذر رازیانه (*Althea officinalis* L.) کاسته شد و بیشترین درصد جوانه‌زنی در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و پتانسیل شاهد برابر با ۹۳ درصد بود (Jafari, 2014).

این نتایج با اظهارات سلطانی و همکاران (Soltani *et al*., 2002) مطابقت دارد. افزایش شدت پتانسیل اسمزی به طور معنی‌داری سبب کاهش بنیه گیاهچه بادرنجبویه گردید به طوری که بیشترین بنیه گیاهچه در دماهای ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد در تیمار شاهد و کمترین بنیه گیاهچه در بالاترین سطوح پتانسیل اسمزی مشاهده گردید (شکل ۳). شاخص بنیه گیاهچه به دلیل کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و در نتیجه وزن خشک گیاهچه شیب کاهشی نشان داد. در بررسی جوانه زنی گیاه خرفه مشاهده شد متوسط زمان جوانه زنی با افزایش پتانسیل اسمزی تا پتانسیل ۰/۵- مگاپاسکال تغییر معنی‌داری نکرد ولی منفی‌تر شدن پتانسیل آب بر این شاخص به طور معنی‌داری تاثیر منفی گذاشت و طول این دوره را افزایش داد (Rahimi and Kafi, 2009).




شکل ۳– مقایسه میانگین اثر متقابل پتانسیل‌های مختلف آب در تنش اسمزی (۰، ۰/۲-، ۰/۴-، ۰/۶- و ۰/۸- مگاپاسکال) و دماهای مختلف (۲۰، ۲۳، ۲۵، ۲۷، ۳۰ و ۳۲ درجه سانتی‌گراد) بر شاخص بنیه گیاهچه بذر بادرنجبویه.

Figure 3. Mean comparisons of water potential (0, -0.2, -0.4, -0.6 and -0.8 MPa) × temperature (20, 23, 25, 27, 30 and 32 °C) interaction effect on seedling vigour index of lemon balm seeds.

## تنش شوری

نتایج جدول تجزیه واریانس اثر کلرور سدیم در دماهای مختلف بر جوانه‌زنی بذر بادرنجبویه نشان داد که تأثیر دما، پتانسیل آب شور و اثر متقابل دما در پتانسیل آب بر کلیه خصوصیات جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). در هر تیمار دمایی با افزایش سطوح شوری، درصد جوانه‌زنی به طور معنی داری کاهش یافت وکاهش

درصد جوانه‌زنی سریع بود که نشان دهنده‌ی تاثیر شدید کلرور سدیم و دمایی می‌باشد. در کل با افزایش دما از ۲۰ به ۳۲ درجه سانتی‌گراد در پتانسیل شاهد درصد جوانه‌زنی افزایش چشم گیری نشان داد و این نشان دهنده جوانه‌زنی بهتر بذر بادرنجبویه در دماهای بالاست (شکل ۴). بین سطوح مختلف شوری از نظر سرعت جوانه‌زنی تفاوت معنی‌داری مشاهده گردید که بیشترین سرعت جوانه‌زنی مربوط به تیمار شاهد بوده و با افزایش سطح شوری سرعت جوانه‌زنی به طور معنی‌داری کاهش یافت (شکل ۵). در دماهای ۲۰ و ۲۳ درجه سانتی‌گراد بیشترین سرعت جوانه‌زنی به ترتیب در تیمار شاهد و ۰/۲- مگاپاسکال بود. با افزایش دما به ۲۵ درجه سانتی‌گراد سرعت جوانه‌زنی افزایش یافت. در دماهای ۲۵، ۲۷، ۳۰ و ۳۲ درجه سانتی‌گراد بیشترین سرعت جوانه‌زنی در تیمار شاهد بود و با افزایش کلرور سدیم از درصد جوانه‌زنی کاسته شد (شکل ۵). مطالعات متعدد نشان داده که درصد و سرعت جوانه‌زنی با افزایش کلرور سدیم کاهش می‌یابد (Soltani *et al*., 2015; Karevani *et al*., 2013). با کاهش پتانسیل اسمزی در تنش شوری از سرعت و درصد جوانه‌زنی بذر گل ختمی کاسته شد (Yazdani-Bioj and Rezvani-Moghadam, 2012). درصد جوانه‌زنی بذر مریم گلی کبیر (*Salvia sclarea*) با افزایش شدت تنش شوری کاهش یافت، به طوری که در پتانسیل ۱۰- بار به حدود ۲ درصد رسید (Falahi *et al*., 2009). با افزایش تنش شوری به طور معنی‌داری از درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر مینای پرکپه ناجوربرگ (*Heterophyllum polycephalum subsp.*) کاسته شد (Karevani *et al*., 2013).

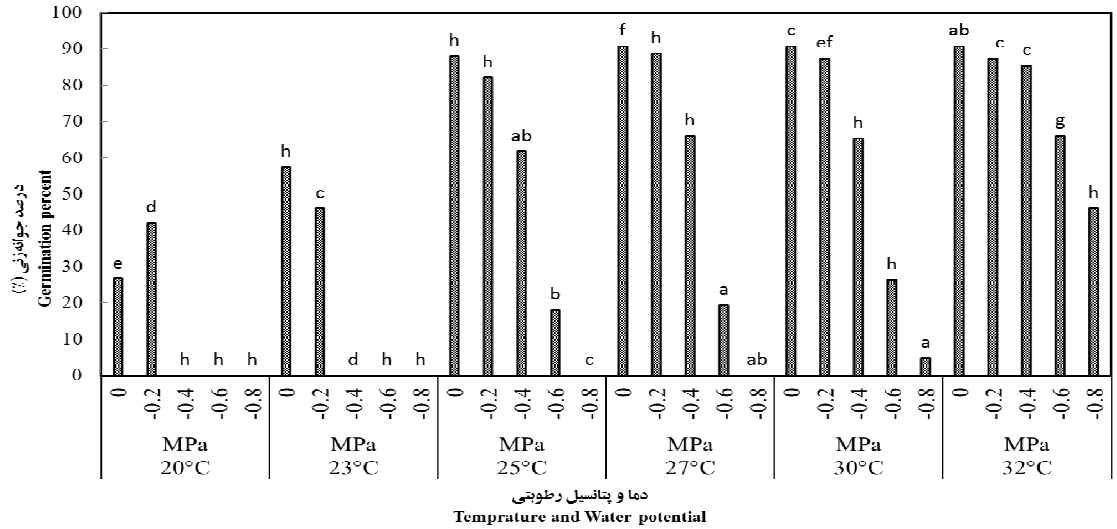
جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) خصوصیات جوانه‌زنی بذر بادرنجبویه تحت پتانسیل‌های مختلف شوری آب (مگاپاسکال) در دماهای مختلف (درجه سانتی‌گراد).

Table2. Analysis of variance (Mean squars) of germination characteristics under different salinity levels (MPa) at different temperatures (°C).

| منابع تغییر S.O.V | درجه آزادی D.f | درصد جوانه‌زنی germination percent | سرعت جوانه‌زنی germination rate | طول ساقه‌چه Shoot length | طول ریشه‌چه root length | شاخص بنیه گیاهچه Seedling vigour index |
|---|---|---|---|---|---|---|
| دما Temprature(T) | 5 | 4995.41** | 0.00024** | 113.5** | 62.4** | 12799143.9** |
| پتانسیل آب Water Potential(WP) | 5 | 7408.42** | 0.0054** | 1258.7** | 2187.6** | 25862574.7** |
| دما×پتانسیل آب T*WP | 25 | 266.34** | 0.0000242** | 23.8** | 69.6** | 1841106.5** |
| خطا Error | 72 | 4.51 | 0.00000029 | 0.172 | 0.347 | 12243.4 |
| ضریب تغییرات (٪) CV(%) | | 5.7 | 8.1 | 6.3 | 7.5 | 7.9 |

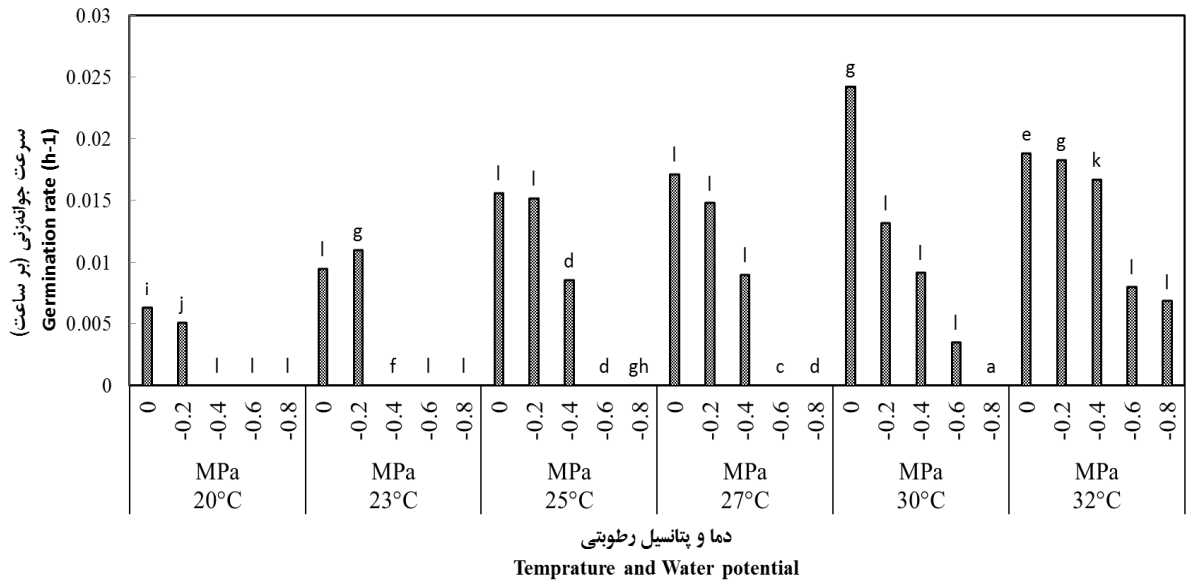
** اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

significant at 1%**




شکل ۴– مقایسه میانگین اثر متقابل پتانسیل‌های مختلف شوری (۰، ۰/۲–، ۰/۴–، ۰/۶– و ۰/۸– مگاپاسکال) و دماهای مختلف (۲۰، ۲۳، ۲۵، ۲۷، ۳۰ و ۳۲ درجه سانتی‌گراد) بر درصد جوانه‌زنی بذر بادرنجبویه.

Figure 4. Mean comparisons of different salinity potential (0, -0.2, -0.4, -0.6 and -0.8 MPa) × temperature (20, 23, 25, 27, 30 and 32 °C) interaction effect on germination percent of lemon balm seeds.

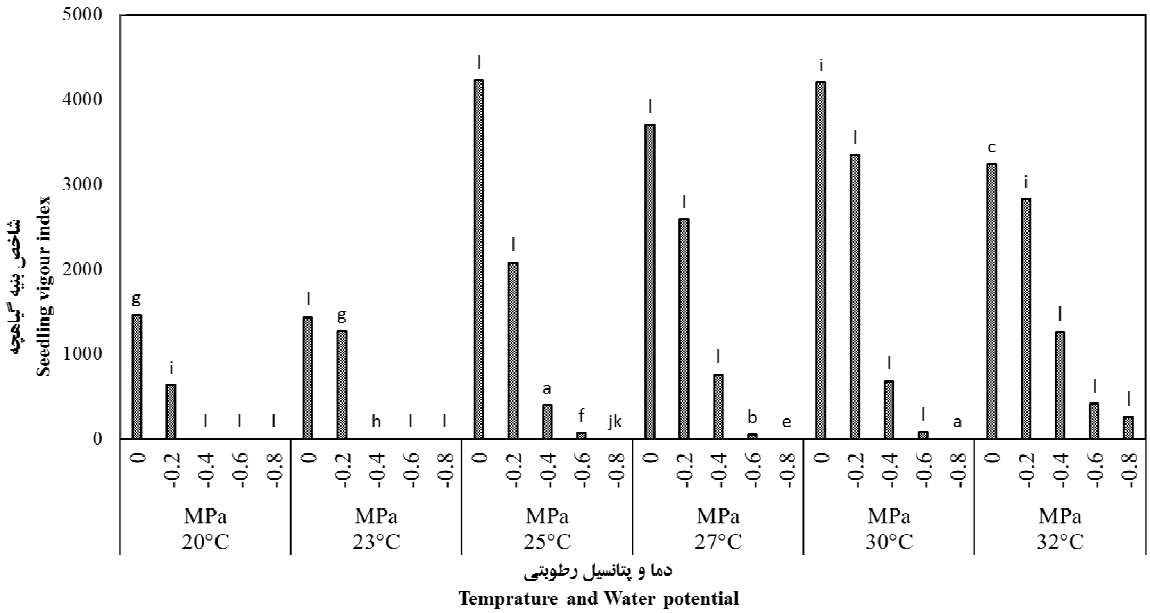



شکل ۵– مقایسه میانگین اثر متقابل پتانسیل‌های مختلف شوری آب (۰، ۰/۲–، ۰/۴–، ۰/۶– و ۰/۸– مگاپاسکال) و دماهای مختلف (۲۰، ۲۳، ۲۵، ۲۷، ۳۰ و ۳۲ درجه سانتی‌گراد) بر سرعت جوانه‌زنی بذر بادرنجبویه.

Figure 5. Mean comparisons of different salinity potential (0, -0.2, -0.4, -0.6 and -0.8 MPa) × temperature (20, 23, 25, 27, 30 and 32 °C) interaction effect on germination rate of lemon balm seeds.

بذر برای جوانه‌زنی به یک آستانه پتانسیل رطوبتی نیاز دارد تا فرآیندهای متابولیکی در آن فعال شوند. در پتانسیل‌های بالای اسمزی این مقدار آب تامین نمی‌شود و در نتیجه بذر قادر به جوانه‌زنی نخواهد بود. در واقع کلرور سیم سبب افزایش فشار اسمزی و کاهش جذب آب توسط بذر می‌شود و علاوه بر این از طریق اثرات سمی یون‌های سدیم و کلر، جوانه‌زنی بذر را تحت تاثیر قرار می‌دهد. در حقیقت

افزایش کلرور سدیم سبب افزایش جذب یون‌های سدیم و کلر می‌شود. جذب بیش از حد این یون‌ها سبب ایجاد سمیت ویژه یونی (Nabizadeh, 2001) و اختلال در متابولیسم سایر عناصر غذایی مثل رقابت سدیم با پتاسیم و یون کلر با نیترات می‌شود و این امر موجب اختلال در جذب عناصر غذایی نیترات و پتاسیم می‌شود. این امر بر فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه تاثیر منفی گذاشته و می‌تواند منجر به کاهش درصد جوانه‌زنی شود (Kebreab and Murdoch, 2000). افزایش شدت کلرور سدیم به طور معنی داری سبب کاهش بنیه گیاهچه بادرنجبویه گردید به طوری که بیشترین بنیه گیاهچه در دماهای ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد در تیمار شاهد و کمترین بنیه گیاهچه در بالاترین سطوح کلرور سدیم مشاهده گردید (شکل ۶).




شکل ۶– مقایسه میانگین اثر متقابل پتانسیل‌های مختلف شوری آب (۰، ۰/۲–، ۰/۴–، ۰/۶– و ۰/۸– مگاپاسکال) و دماهای مختلف (۲۰، ۲۳، ۲۵، ۲۷، ۳۰ و ۳۲ درجه سانتی‌گراد) بر شاخص بنیه گیاهچه بذر بادرنجبویه.

Figure 6. Mean comparisons of different salinity potential (0, -0.2, -0.4, -0.6 and -0.8 MPa) × temperature (20, 23, 25, 27, 30 and 32 °C) interaction effect on seedling vigour index of lemon balm seeds.

شاخص بنیه گیاهچه به دلیل کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و در نتیجه وزن خشک گیاهچه شیب کاهشی نشان داد. با منفی تر شدن پتانسیل آب در تنش شوری شاخص بنیه در گیاه خرفه کاهش یافت (Rahimi and Kafi, 2009). افزایش شدت کلرور سدیم به طور معنی‌داری سبب کاهش بنیه مریم گلی کبیر گردید به طوری که بیشترین بنیه گیاهچه در تیمار شاهد و کمترین بنیه گیاهچه در بالاترین سطح کلرور سدیم ملاحظه گردید (Falahi *et al*., 2009). کاهش خصوصیات جوانه‌زنی مورد بررسی در این آزمایش را می‌توان به کاهش میزان و سرعت جذب آب و همچنین تاثیر منفی پتانسیل‌های اسمزی منفی حاصل از نمک و سمیت یون‌ها بر فرآیندهای هیدرولیز آنزیمی مواد ذخیره‌ای بذر و در نتیجه مختل شدن ساخت بافت‌های جدید با استفاده از مواد هیدرولیز شده نسبت داد (Muscolo *et al*., 2003).

## نتیجه گیری کلی

نتایج نشان داد که با افزایش پتانسیل اسمزی (ناشی از تنش خشکی) و کلرور سدیم در دماهای مختلف، کلیه خصوصیات جوانه‌زنی شامل درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، متوسط زمان جوانه‌زنی، متوسط جوانه‌زنی روزانه، طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه، وزن خشک و شاخص بنیه گیاهچه بادرنجبویه کاهش یافتند. حساس‌ترین دما به پتانسیل‌های مختلف آب دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد بود. با افزایش دما تا دمای مطلوب (۳۰ درجه سانتی‌گراد) خصوصیات جوانه‌زنی بهبود یافت.

بیشترین درصد جوانه‌زنی در پتانسیل اسمزی در دماهای ۲۵ و ۲۷ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد و کلیه خصوصیات جوانه‌زنی بادرنجبویه در این دماها نسبت به سایر دماها بهبود یافتند. افزایش شدت پتانسیل اسمزی و کلرور سدیم به طور معنی‌داری سبب کاهش بنیه گیاهچه بادرنجبویه گردید به طوری که بیشترین بنیه گیاهچه در دماهای ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد در تیمار شاهد و کمترین بنیه گیاهچه در پتانسیل ۰/۸- مگاپاسگال بود.

به طور کلی نتایج نشان داد که بذر بادرنجبویه برای جوانه‌زنی نیاز به دماهای بالا دارد و با افزایش دما اثرات منفی پتانسیل اسمزی و کلرور سدیم تا حدودی جبران می‌شود و جوانه‌زنی به خوبی صورت می‌گیرد. کلرور سدیم سبب کاهش جوانه‌زنی بذر بادرنجبویه گردید، ولی این بذر تا حدودی تحمل به کلرور سدیم را در جوانه‌زنی نشان داد.

## منابع مورد استفاده

## References


**Abdul-Baki, A.A., and J.D. Anderson, 1973.** Vigor determination in soybean seed by multiple criteria. Crop Sci. 13(6): 630-633.

**Abolhasani Zeraatkar, M., A. Lekzian, GH. Haghnia and M. Sarcheshmepour, 2006.** Inoculation with native strains resistant to drought and salinity properties of rhizobial nodules under water stress conditions in the greenhouse. Iranian. J Field Crops Res. 4: 195-183. (In Persian).

**Ali, H., T.C. Tucher., T.L. Thompson and M. Salim, 2001.** Effects of salinity and mixed ammonium and nitrate nutrition on the growth and nitrogen utilization of barley. J. Agron. Crop. Sci. 186: 223–228.

**Bandani, M., and A. Abdolzadeh, 2007.** Effects of silicon nutrition on salinity tolerance of *Puccinellia distans* (jacq.) parl. J. Agric Sci. Nat. Res. 14: 111-119.(In In Persian)

**Baskin, C. C., and J.M. Baskin, 2001.** Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. Academic Press, San Diego, California, 666p.

**Bennett, C, 2003.** Plant extract improves cognitive function in Alzheimer's disease. Health-News. Co. UK.

**Bradford, K.J. 2002.** Applications of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. Weed Sci. 50(2): 248–260.

**Dadkhah, A. 2010.** Salinity effect on germination and seedling growth of four medicinal plants. Iranian J. Medic. Arom. Plant. 26(3): 358-369. (In Persian).

**Dadkhah, A., and M. Kafi, 2012.** The effect of salinity stress on germination and seedling growth of Coriander, *Plantago Psyllium*, *Sisymbrium irio* and *Portulaca oleracea* seeds. Iranian J. Feild Crops Res. 10: 25-32. (In Persian).

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

**Falahi, J., M.T. Ebadi and R. Ghorbani, 2009.** The effect of salinity stress on germination of *Salvia sclarea*. Environ Stres. Crop Sci. 1: 57-67.

**Farzane, S., and E. Soltani, 2011.** Relationship between hydrotime parameters and seed vigor in sugar beet. Seed Sci. Biotechnol. 5 (1): 7-10.

**ISTA. 2009.** International rules for seed testing. International Seed Testing Association (ISTA).

**Jafari, Z. 2014.** Temperature-moisture response of fennel seed (*Foeniculum vulgar miller*)under different storage conditions. MA. Thesis. Univ. of Tehran, Karaj, Iran. (In Persian).

**Jayas, D.S., S. Sokhansanj and N.D.G. White, 1989.** Bulk density and porosity of two canola species. Trans. ASAE. 32: 291-294

**Kafi, M., A. Nezami, H. Hosseini and A. Masoomi, 2005.** Drought stress-induced physiological effects of PEG on seed germination of Lentil Genotypes. Iranian. J Field Crops Res. 3: 6-81.
**Karevani, B., R, Tavakkol-Afshari and N. Majnoun-Hosseini, 2013.** Germination of *Tanacetum polycephalum* subsp. Heterophyllum seeds at drought and salinity stress and different temperatures. Iranian J. Seed Sci. Technol. 2: 161-171. (In Persian).
**Karevani, B., R, Tavakkol-Afshari, N. Majnoun-Hosseini and S.A. Mosavi, 2014.** Germination of *Scrophularia striata* seeds at drought and salinity stress and different temperatures. Iranian. J. Field Crops Sci. 45(2): 275-265. (In Persian).
**Katembe W.J., A.U. Irwin and J.P. Mitchell, 1998.** Effect of Salinity on Germination and Seedling Growth of two *Atriplex* species (Chenopodiaceae). Ann. Bot. 82: 167–175.
**Kebreab, E., and A.J. Murdoch, 2000.** The effect of water stress on the temperature range for germination of *Orobanche aegyptiaca* seeds. Seed Sci. Res. 10: 127-133.
**Maguire , J.D. 1962.** Speed of germination , aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. Crop Sci. 2: 176-177.
**Martinez, J.P., S. Lutts, A. Schank, M. Bajji and J.M. Kinet, 2004.** Is osmotic adjustment required for water stress resistance in the Mediterranean shrub *Atriplex halimus* L. J. Plant Physiol. 161:1041-1051.
**Metwally, A., I. Finkemeier, M. Georgi and K.J. Dietz, 2003.** Salicylic acid alleviates the cadmium toxicity in barley seedlings. Physiol. Biochem Plant. 132: 272-281.
**Michel, B.E., and M.R. Kaufmann, 1973.** The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant physiol. 51: 914-916.
**Muscolo, A., M.R. Panuccio and M. Sidari, 2003.** Effects of salinity on growth, carbohydrate metabolism and nutritive properties of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum Hochst*). Plant Sci. 164: 1103–1110.
**Nabi-Zadeh, M.R. 2001.** The effect of salinity on growth and yield of cumin. MA. Thesis. Ferdowsi Univ. of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian).
**Powell, A.A.,and S. Matthews, 1984.** Prediction of the storage potential of onion storage under commercial storage conditions. Seed Sci. Technol. 12: 641-647.
**Rahimi, Z., and M. Kafi, 2009.** Effects of drought stress on germination characteristics of purslane (*Portulaca oleracea* L.). Environ Stres. Crop Sci. 2(1): 87-91. (In Persian).
**Soltani, A., M. Gholipoor and E. Zeinali, 2006.** Seed reserve utilization and seedling growth of wheat as affected by drought and salinity. Environ. Exp. Bot. 55: 195–200.
**Soltani, A., S. Galeshi, E. Zeinali and N. Latifi, 2002.** Germination, seed reserve utilization and seedling growth of chickpea as affected by salinity and seed size. Seed Sci.Technol. 30: 51-60.
**Soltani, E., A. Soltani, S. Galeshi, F. Ghaderi-Far and E. Zeinali, 2013.** Seed germination modeling of wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) as affected by temperature and water potential: hydrothermal time model. J. Plant Prod. 20: 19-34. (In Persian).
**Soltani, E., F. Ghaderi-Far, C.C. Baskin and J.M. Baskin 2015.** Problems with using mean germination time to calculate rate of seed germination. Aust. J. Bot. 63(8): 631-635.
**Soltani, E., M. Oveisi, A. Soltani, S. Galeshi, F. Ghaderi-Far and E. Zeinali, 2014.** Seed germination modeling of volunteer canola as affected by temperature and water potential: hydrothermal time model. Weed Res. J. 6: 23-38. (In Persian).
**Windauer, L. B., A. Altuna and R.L. Benech-Arnold, 2007.** Hydrotime analysis of *Lesquerella fendleri* seed germination responses to priming treatments. Ind. Crop Prod. 25(1): 70-74.
**Yazdani-Bioki, R., and P. Rezvani-Moghadam, 2012.** Germination of *Althea officinalis* L. seeds at drought and salinity stress. Iranian. J. Field Crops Res. 10: 1-10. (In Persian).
**Yanishlieva, N., and E. Marinova, 1998.** Activity and mechanism of action of natural antioxidants in lipids. Res Develop oil Chemi, 2(1), 1-14.