

# اثر خشکی بر جوانه‌زنی بذر استبرق (*Calotropis procera L.*) و بهبود آستانه تحمل بذر

## به تنش خشکی

منصور تقوایی<sup>۱</sup>، حسین صادقی<sup>۲\*</sup> و مریم بذرافکن<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانشگاه شیراز، دانشکده کشاورزی، بخش زراعت و اصلاح نباتات

<sup>۲</sup> دانشگاه شیراز، دانشکده کشاورزی، بخش مهندسی منابع طبیعی و محیط‌زیست

تاریخ پذیرش: ۹۵/۱/۲۳

تاریخ دریافت: ۹۴/۱/۱۶



## چکیده

استبرق یک درختچه دائمی سازگار با مناطق خشک و نیمه‌خشک است که به‌طور وسیعی در عملیات احیاء مناطق بیابانی و تثبیت شن مورد استفاده قرار می‌گیرد. این گونه با وجود توان تولید بذر زیاد، از تراکم کمی در اطراف بوته مادری برخوردار است. در شرایط نامساعد رویشگاه‌های بیابانی، جوانه‌زنی بذر و استقرار گیاهچه یک مرحله بحرانی برای بقای گیاه می‌باشد. به‌منظور بررسی تأثیر خشکی ناشی از تیمار ایجاد فشار اسمزی بر جوانه‌زنی بذر استبرق، آزمایش‌های جوانه‌زنی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با آزمایش فاکتوریل در ۳ تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش اول شامل محیط در ۲ منطقه (لامرد و سیستان و بلوچستان) و تیمار ایجاد فشار اسمزی شامل کلرید پتاسیم و نیترات پتاسیم در ۹ سطح ۰، ۱-، ۳-، ۵-، ۷-، ۹-، ۱۱-، ۱۳- و ۱۵- بار و برای پلی‌اتیلن گلایکول در ۶ سطح ۰، ۱/۱-، ۳/۰-، ۵/۰-، ۷/۰- و ۹/۰- بار و آزمایش دوم در ۲ سطح (شاهد و ۲۰- بار برای کلرید پتاسیم و نیترات پتاسیم و ۱- بار برای پلی‌اتیلن گلایکول به مدت ۳ روز) برای بهبود آستانه تحمل بذر به سطوح خشکی بود. نتایج نشان داد که اثر خشکی ناشی از تیمار ایجاد فشار اسمزی بر صفات جوانه‌زنی معنی‌دار بود. به‌طوری‌که با افزایش تیمار ایجاد فشار اسمزی، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، شاخص جوانه‌زنی و طول گیاهچه کاهش و میانگین مدت جوانه‌زنی افزایش یافت. نتایج نشان داد که تیمار بذرها با پیش‌تیمار، صفات جوانه‌زنی را بهبود بخشید. استفاده از این پیش‌تیمارها (KCl و PEG و KNO<sub>3</sub>) حد آستانه تحمل خشکی و حد نهایی تحمل خشکی را افزایش دادند. بذرهای جمع‌آوری شده از منطقه لامرد در بالاترین سطح تنش دارای درصد جوانه‌زنی بالاتری بودند، اگرچه تفاوت بین دو منطقه معنی‌دار نبود.

واژه‌های کلیدی: استبرق، بذر، جوانه‌زنی، تحمل خشکی

نویسنده مسئول، تلفن: ۰۷۱۳۲۲۸۷۱۵۹، پست الکترونیکی: sadeghih@shirazu.ac.ir

## مقدمه

سیلاب و فرسایش خاک، شرایط را برای تغذیه منابع آب زیرزمینی و رونق کشاورزی مهیا کرد (۳). با احیاء و توسعه پوشش گیاهی، امکان حفاظت از تنوع زیستی و ایجاد تعادل اکولوژیک فراهم می‌شود. استبرق درختچه ایست که به‌طور گسترده در مناطق بیابانی، حاره‌ای و نیمه حاره‌ای انتشار دارد. با توجه به نقش حیاتی مراتع ایران در جلوگیری از فرسایش خاک و تأمین علوفه دام، بازگرداندن

زوال پوشش گیاهی که به شکل وسیع در جهان سبب بیابان‌زایی می‌شود، کاهش تولید اکوسیستم را در پی خواهد داشت. در اراضی فقیر و تخریب یافته با استقرار گیاهان مقاوم به تنش‌های محیطی که نقش گیاهان پرستار را برای گیاهان دیگر بازی می‌کنند، می‌توان زمینه رویش پوشش گیاهی انبوهی را فراهم کرد که با کاهش اثرات تخریبی باران و افزایش نفوذ باران به خاک، ضمن کاهش

نظر می‌رسد بذر استبرق در مرحله جوانه‌زنی به تنش خشکی حساس باشد و امکان افزایش آستانه تحمل بذر به تنش خشکی وجود داشته باشد، همچنین به نظر می‌رسد که تحمل بذر به تنش خشکی در محیط‌های مختلف متفاوت باشد، بنابراین انتظار می‌رود که بهبود آستانه تحمل بذر در تحمل به تنش خشکی مؤثر باشد و از آنجا که گیاه استبرق گزینه‌ای مناسب برای احیاء موفقیت‌آمیز در محیط‌های خشک و نیمه خشک و همچنین تثبیت شیب‌های در حال فرسایش به شمار می‌آید و مطالعه بر روی آن حائز اهمیت است (۲۳).

هدف از بررسی این تحقیق، بررسی تحمل گیاه استبرق به تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی بذر، بررسی امکان افزایش آستانه تحمل به خشکی در مرحله جوانه‌زنی و بررسی تأثیر محیط تحمل بذر به تنش خشکی و عکس‌العمل آنها به پیش‌تیمار می‌باشد.

### مواد و روشها

**مراحل جمع‌آوری بذر در منطقه:** غوزه‌های رسیده (به رنگ زرد مایل به قهوه‌ای که با فشار به غوزه نیام باز شده و بذرها به خارج شیار هدایت می‌شدند) از مراتع لامرد و زاهدان در اواخر تیرماه ۸۸ جمع‌آوری شد و بعد بذرها از آن جدا گردید و پس از کاهش رطوبت و اندازه‌گیری وزن هزار دانه در کیسه‌های پلاستیکی ایزوله شده و دارای حداقل نفوذپذیری در درجه حرارت ۵ درجه سانتی‌گراد، تا زمان شروع آزمایش نگهداری شدند (۱۲).

تأثیر خشکی ناشی از تیمار ایجاد فشار اسمزی بر جوانه‌زنی بذر: آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار انجام شد، فاکتورهای آزمایش اول شامل محیط در ۲ منطقه (لامرد و سیستان و بلوچستان) و تیمار ایجاد فشار اسمزی شامل (کلرید پتاسیم، نترات پتاسیم و پلی‌اتیلن گلاکول) هر یک شامل (کلرید پتاسیم و نترات پتاسیم در ۹ سطح ۰، ۱، ۳، ۵،

توان تولید مراتع کشور از طریق احیاء پوشش گیاهی بسیار مهم است. بدون شک در احیاء بیولوژیک، شناسایی گونه‌های سازگار با شرایط اقلیمی و خاکی نقش اساسی در پایداری فعالیت‌های بیابان‌زدایی ایفا می‌کند که استبرق یکی از این گونه‌هاست و می‌تواند در پیشبرد اهداف بیابان‌زدایی مؤثر واقع شود (۲). با توجه به اهمیت این گیاه در احیای مناطق خشک و بیابانی و تبدیل آنها به مناطق اقتصادی، بررسی تحمل بذر این گیاه به خشکی و افزایش آستانه تحمل گیاه در مرحله جوانه‌زنی برای استقرار گیاهچه از اهمیت زیادی برخوردار است.

افضلی و همکاران (۶) اثر تنش خشکی را با استفاده از پلی‌اتیلن‌گلیکول بر جوانه‌زنی بذر گیاه (*Matricaria chamomilla*) بررسی کرده‌اند. نتایج نشان داده است که جوانه‌زنی به تنش خشکی بسیار حساس بود، با افزایش پتانسیل اسمزی درصد جوانه‌زنی و طول گیاهچه کاهش یافت. آکو و همکاران (۱۹) در بررسی‌های خود در استفاده از پلی‌اتیلن‌گلیکول (PEG) به منظور ایجاد تنش خشکی بیان کرده‌اند که پلی‌اتیلن‌گلیکول با ایجاد فشار اسمزی و تنش خشکی از جوانه‌زنی بذر جلوگیری می‌کند. نتایج نشان داده است با افزایش سطوح خشکی درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه کاهش می‌یابد (۱۱ و ۱۴ و ۲۵).

دمیرکایا و همکاران (۹) اثر تنش خشکی (PEG) را بر جوانه‌زنی بذر (*Helianthus annuus L.*) بررسی کرده‌اند، نتایج نشان داده است که تنش خشکی درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی را کاهش می‌دهد و با افزایش پتانسیل اسمزی رشد طولی گیاهچه کاهش و گیاهچه‌های غیر نرمال افزایش می‌یابد. لونا و همکاران (۱۷) در بررسی تأثیر PEG بر جوانه‌زنی بذر (*Prosopis strombulifera L.*) بیان کرده‌اند که تنش خشکی درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی را به طور بسیار معنی‌داری کاهش می‌دهد، این ممانعت از جوانه‌زنی را بدلیل اثر اسمزی بیان کرده‌اند. به

بررسی تغییرات آستانه تحمل بذر به خشکی: برای بدست آوردن حد آستانه تحمل به خشکی، رابطه متوسط عملکرد نسبی (درصد جوانه زنی) به سطوح خشکی ناشی از تیمار ایجاد فشار اسمزی رسم گردید، معادله بدست آمده از این خط برابر ۱، ۰/۵ و ۰ قرار داده شد و در نهایت حد آستانه تحمل خشکی و حد نهایی تحمل خشکی بدست آمد (۲).

آزمایش بهبود بنيه بذر: به منظور افزایش تحمل بذر به خشکی، پس از تعیین آستانه تحمل بذر به خشکی، از پیش تیمارهای KCl، KNO<sub>3</sub> و PEG برای بهبود بنيه بذر استفاده شد و به منظور تعیین غلظت مناسب برای انجام بهبود بنيه بذر، آزمایشی جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تیمار خشکی ناشی از تیمار ایجاد فشار اسمزی ۱۵-، ۱۸- و ۲۰- بار برای نیترات پتاسیم و کلرید پتاسیم و ۳ تیمار خشکی ناشی از تیمار ایجاد فشار اسمزی ۰/۹-، ۱- و ۱/۲- بار برای پلی اتیلن گلیکول در ۳ تکرار انجام شد و بعد در پایان ۷ روز، بذره‌های جوانه زده به محیط حاوی آب مقطر منتقل شدند (۱ و ۲ و ۴).

۳-۳-۱- تعیین مدت زمان پیش تیمار به منظور بهبود صفات جوانه زنی

پس از تیمار بذرها در غلظت مناسب، مدت مطلوب پیش تیمار برای بهبود بنيه بذر تعیین شد. شاخص بنيه بذر با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید [۹].

درصد جوانه زنی × طول گیاهچه = شاخص بنيه بذر

بررسی تغییرات آستانه تحمل بذر به تنش خشکی (پس از انجام بهبود بنيه بذر): پس از تعیین غلظت و مدت زمان پیش تیمار به منظور بهبود بنيه بذر، بذرها به مدت ۳ روز در محلول کلرید پتاسیم و نیترات پتاسیم و پلی اتیلن گلیکول که به ترتیب ۲۰-، ۲۰- و ۱- بار بودند، تیمار شدند. سپس به منظور تعیین آستانه تحمل بذر به تنش خشکی ناشی از تیمار ایجاد فشار اسمزی پس از

۷-، ۹-، ۱۱-، ۱۳- و ۱۵- بار و برای پلی اتیلن گلیکول در ۶ سطح ۰، ۰/۱، ۰/۳، ۰/۵، ۰/۷ و ۰/۹- (بار) و آزمایش دوم در ۲ سطح (شاهد و ۲۰- بار برای کلرید پتاسیم و نیترات پتاسیم و ۱- بار برای پلی اتیلن گلیکول به مدت ۳ روز) برای بهبود آستانه تحمل بذر به سطوح خشکی بود. قبل از قرار دادن بذرها در پتری دیش، آنها به طور مجزا در الکل طبی ۷۰٪ به مدت ۱ ثانیه ضد عفونی سطحی شدند و بعد بر روی کاغذ واتمن (Watman paper) شماره ۱ در پتری دیش (۹۰ میلی متر قطر) با قرار دادن ۲۵ بذر و اضافه کردن ۵ میلی لیتر آب مقطر در دمای ۳۰ درجه سانتی گراد آزمایش شروع شد. یادداشت برداری به صورت روزانه انجام شد. پس از پایان آزمایش در هر تیمار درصد جوانه زنی، سرعت جوانه زنی، میانگین مدت جوانه زنی، طول گیاهچه، ریشه چه، ساقه چه و وزن خشک گیاهچه، وزن خشک ساقه چه، وزن خشک ریشه چه، نسبت طول ریشه چه به ساقه چه و نسبت وزن خشک ریشه چه به ساقه چه تعیین شد. شمارش جوانه زنی (جوانه زنی زمانی که طول ریشه چه ۱ میلی متر بود) هر ۲۴ ساعت انجام شد (۷). درصد جوانه زنی به صورت زیر محاسبه شد.

$$GP = (Ni/S)100$$

درصد جوانه زنی: GP (Germination percentage)

Ti: تعداد کل بذر S: کل بذره‌های جوانه زده Ni:

سرعت جوانه زنی توسط فرمول‌های زیر محاسبه شد:

$$MTG = \sum Ti Ni / \sum Ni$$

$$GR = 1 / MTG$$

MTG (Mean time to full germination): میانگین مدت

زمان جوانه زنی Ti: تعداد روزهای پس از شروع جوانه

زنی Ni: تعداد بذره‌های جوانه زده در زمان Ti

GR (Germination rate): سرعت جوانه زنی

تیمار ایجاد فشار اسمزی محاسبه شد. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که حد آستانه تحمل خشکی ۲/۳ بار و حد نهایی آن ۹ بار می‌باشد. در پایان تحلیل آماری و تجزیه واریانس و مقایسه‌های گروهی داده‌های مربوط به صفات جوانه زنی، با استفاده از نرم افزار آماری MSTATC تجزیه و تحلیل و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد.

### نتایج

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که خشکی ناشی از تیمار ایجاد فشار اسمزی به طور معنی داری درصد جوانه زنی و سرعت جوانه زنی را تحت تأثیر قرار داد، اگرچه محیط تأثیر معنی داری بر درصد جوانه زنی نداشت. اما نتایج نشان داد که خشکی ناشی از تیمار ایجاد فشار اسمزی تأثیر معنی داری بر میانگین مدت جوانه زنی داشت. شاخص بنیه بذر، طول گیاهچه، طول ساقه چه، طول ریشه چه و وزن خشک گیاهچه به طور بسیار معنی داری تحت تأثیر تیمار خشکی قرار گرفت (جدول ۱).

انجام بهبود بنیه بذر، بذره‌های تیمار شده در هر محلول را به مدت ۷ روز در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد در پتری دیش و در ۹ سطح خشکی ناشی از تیمار ایجاد فشار اسمزی (۰، -۱، -۳، -۵، -۷، -۹، -۱۱، -۱۳، -۱۵ بار) برای نترات پتاسیم و کلرید پتاسیم و ۶ سطح خشکی ناشی از تیمار ایجاد فشار اسمزی (۰، -۰/۱، -۰/۳، -۰/۵، -۰/۷ و -۰/۹ بار) برای پلی اتیلن گلیکول قرار گرفتند. سپس بذره‌های جوانه نزده به مدت ۳ روز در ۲ سطح (شاهد و تیمار شده) منتقل شدند (۳ و ۲).

معادله رابطه متوسط عملکرد نسبی درصد جوانه‌زنی و سطوح خشکی ناشی از تیمار ایجاد فشار اسمزی به صورت زیر می‌باشد (۲۴):

$$Ya/Ym = -1.491(X)+1.343$$

$$R^2 = 1$$

با استفاده از رابطه بالا آستانه تحمل خشکی و ۵۰ درصد کاهش عملکرد نسبی و خشکی توقف عملکرد نسبی جوانه‌زنی برابر با ۲/۳، ۵/۶ و ۹ بار بدست آمد. پس از اتمام آزمایش آستانه تحمل بذر به تنش خشکی ناشی از

جدول ۱- تجزیه واریانس تأثیر استفاده از پیش‌تیمار (PEG) بر صفات جوانه‌زنی بذر

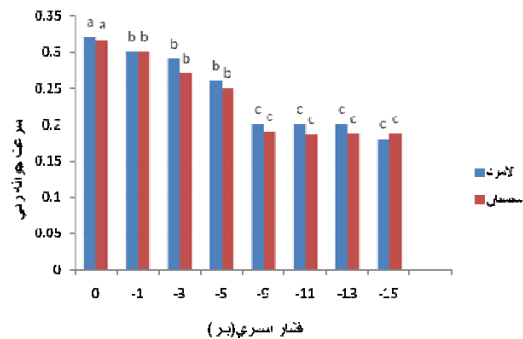
شاخص بنیه بذر	Rdw/sdw	T/S	وزن خشک ساقه چه (گرم)	وزن خشک ریشه چه (گرم)	وزن خشک گیاهچه (گرم)	طول ساقه چه (سانتی متر)	طول ریشه چه (سانتی متر)	طول گیاهچه (سانتی متر)	درصد جوانه زنی	سرعت جوانه زنی	میانگین مدت جوانه زنی (ساعت)	درجه آزادی	منابع تغییر
۱۲/۲۳۳ **	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۳۷ ns	۰/۰۰۰ ns	۰/۰۰۰ ns	۰/۰۰۰ **	۰/۵۲۷ ns	۰/۱۰۸ Ns	۱/۶۹۳ **	۳۰/۴۵ **	۴۴/۰۰۵ **	۷/۱۹۳ **	۵	سطوح خشکی
۴/۳۵۱ ns	۰/۰۰۰ ns	۰/۳۱۳ ns	۰/۰۰۰ ns	۰/۰۰۰ ns	۰/۰۰۰ ns	۰/۷۴ ns	۱/۶ ns	۰/۰۰۷ ns	۱۳/۳۶۱ ns	۰/۰۸۹ ns	۸/۵۹۱ ns	۱	منطقه
۲/۵۷۸ **	۰/۰۰۱ **	۰/۰۶۷ **	۰/۰۰۰ ns	۰/۰۰۰ ns	۰/۰۰۰ ns	۱/۲۳۴ **	۰/۳۷۲ **	۲/۸۳۶ **	۹۴/۲۲۸ *	۰/۰۰۳ **	۱/۲۳۲ **	۵	اثر متقابل
۰/۰۳۷	۰/۰۰۰	۰/۰۰۸	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۱۱	۰/۰۰۶	۰/۰۷۱	۶۰/۰۳۸	۰/۰۰۰	۰/۱۵۸	۲۲	خطا

\*\*\*، \*\* و ns: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و عدم تفاوت معنی دار

خشکی بالاتر (۱-، ۳-، ۵-، ۷-، ۹-، ۱۱-، ۱۳- و ۱۵- بار) وجود داشت. با افزایش سطح خشکی از ۷- به ۹- بار، درصد جوانه‌زنی تفاوت معنی داری داشت. جوانه‌زنی

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بالاترین درصد جوانه‌زنی در تیمار آب مقطر بود، به طوری که تفاوت معنی داری بین درصد جوانه‌زنی در تیمار آب مقطر با سطوح

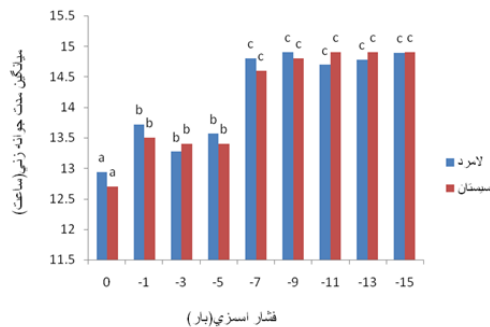
ناشی از تیمار ایجاد فشار اسمزی تفاوت معنی‌داری مشاهده شد.



شکل ۲- نمودار تأثیر سطوح مختلف خشکی (KCI) بر سرعت جوانه‌زنی

میانگین‌های دارای حروف مشابه از نظر آزمون دانکن در سطح آماری ۵٪ تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

با افزایش سطح خشکی از شاهد به ۱-بار افزایش ناگهانی دیده شد، به طوری که میزان آن در شاهد از ۱۲/۹ ساعت به ۱۳/۵ ساعت در ۱-بار رسید. اگر چه تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای ۷-، ۹-، ۱۱-، ۱۳- و ۱۵-بار وجود نداشت (شکل ۳).

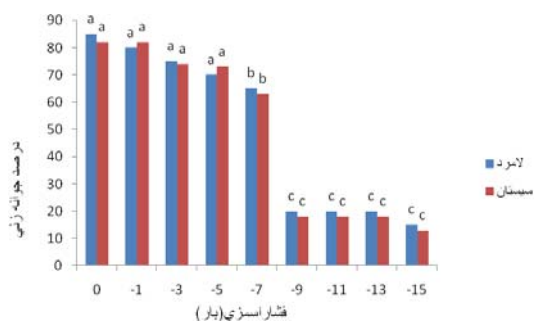


شکل ۳- نمودار تأثیر سطوح مختلف خشکی (KCI) بر میانگین مدت جوانه‌زنی

میانگین‌های دارای حروف مشابه از نظر آزمون دانکن در سطح آماری ۵٪ تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

اما مقایسه میانگین‌ها نشان داد که اختلاف معنی‌داری در درصد جوانه‌زنی بین شاهد (۰) و تیمار خشکی ۱-، ۳-، ۵- و ۷-بار وجود نداشت، اگرچه این اختلاف با تیمارهای بالاتر ۹-، ۱۱-، ۱۳- و ۱۵-بار بسیار معنی‌دار

در سطوح بالاتر به شدت کاهش یافت (شکل ۱). نتایج نشان داد که با افزایش خشکی ناشی از تیمار ایجاد فشار اسمزی درصد جوانه‌زنی کاهش یافت، به طوری که در پتانسیل‌های اسمزی ۹-، ۱۱-، ۱۳- و ۱۵-بار میزان درصد جوانه‌زنی نسبت به شاهد کاهش نشان داد (شکل ۱). نتایج کاهش ناگهانی در فشار اسمزی بین ۷- به ۹-بار را نشان داد، به طوری که از ۶۳ درصد به ۱۸ درصد رسید اما تفاوت معنی‌داری بین سطوح ۹-، ۱۱-، ۱۳- و ۱۵-بار مشاهده نشد (شکل ۱).



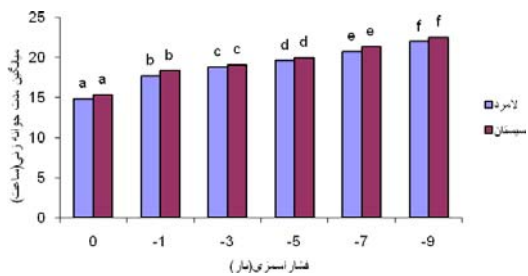
شکل ۱- نمودار تأثیر سطوح مختلف خشکی (KCI) بر درصد جوانه‌زنی

میانگین‌های دارای حروف مشابه از نظر آزمون دانکن در سطح آماری ۵٪ تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

با افزایش سطح خشکی به ۵- و ۹-بار سرعت جوانه‌زنی از ۰/۲۷ به ۰/۲۱ (بذر جوانه زده در روز) رسید (شکل ۲)، به طوری که سرعت جوانه‌زنی بین تیمارهای شاهد و ۵- و ۹-بار تفاوت معنی‌داری داشت، ولی در سطوح بالاتر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در تیمار شاهد نسبت به ۱-بار کاهش ناگهانی مشاهده گردید، به طوری که از ۰/۳۳ به ۰/۳۰ رسید و در ۹-، ۱۱-، ۱۳- و ۱۵-بار تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۲). به نحوی که تفاوت معنی‌داری بین دو منطقه در مورد صفات و سطوح تنش مشاهده نگردید (جدول ۱).

در اعمال سطوح خشکی، بین تیمار شاهد با تیمار خشکی

مشاهده شد. با افزایش سطح خشکی از شاهد به  $0/1$  - و  $0/3$  - بار نیز تفاوت میانگین مدت جوانه‌زنی بین این سه تیمار معنی‌دار بود (شکل ۶). در مقایسه میانگین‌ها، تفاوت معنی‌داری در میانگین مدت جوانه‌زنی بین تیمار شاهد با سایر سطوح خشکی ناشی از تیمار ایجاد فشار اسمزی وجود داشت، به طوری‌که این تفاوت بین تیمار شاهد با غلظت‌های  $0/1$  - و  $0/3$  - بار معنی‌دار بود. میانگین مدت جوانه‌زنی در تیمار آب مقطر (شاهد)  $15/13$  ساعت و در سطوح خشکی  $0/1$  - و  $0/5$  - بار به ترتیب  $18/03$  و  $19/82$  ساعت و در تیمارهای خشکی ناشی از تیمار ایجاد فشار اسمزی  $0/7$  - و  $0/9$  - بار  $21/07$  و  $22/7$  ساعت شد (شکل ۶).



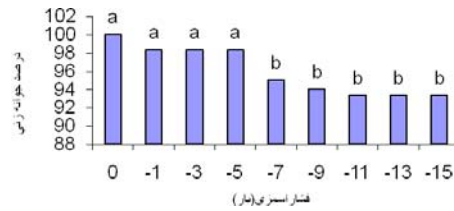
شکل ۶- نمودار تأثیر سطوح مختلف خشکی بر میانگین مدت جوانه‌زنی بذر

میانگین‌های دارای حروف مشابه از نظر آزمون دانکن در سطح آماری  $5\%$  تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

## بحث

نتایج نشان داد که با افزایش تنش خشکی ناشی از تیمار ایجاد فشار اسمزی، درصد جوانه‌زنی کاهش یافت. این نتایج با یافته‌های کاتمب و همکاران (۱۳)، تب و همکاران (۲۵) و لونا و همکاران (۱۷) مطابقت داشت. با افزایش تنش خشکی ناشی از تیمار ایجاد فشار اسمزی، سرعت جوانه‌زنی نیز کاهش یافت و میانگین مدت جوانه‌زنی (مدت زمان نیاز رسیدن به  $50\%$  جوانه زنی) افزایش یافت (شکل ۲ و ۳). کاتمب و همکاران (۱۳) نتایج مشابهی گزارش کرده‌اند، آنان در بررسی تنش خشکی با

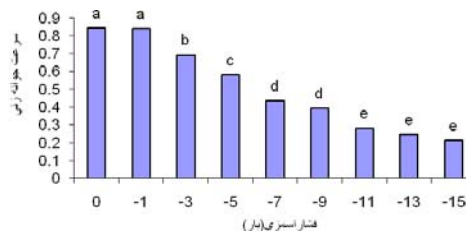
بود. اما تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای خشکی شاهد تا  $5$ - بار وجود نداشت (شکل ۴).



شکل ۴- نمودار مقایسه تأثیر استفاده از پیش‌تیمار کلرید پتاسیم بر بهبود درصد جوانه‌زنی بذر

میانگین‌های دارای حروف مشابه از نظر آزمون دانکن در سطح آماری  $5\%$  تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

با افزایش سطوح خشکی ناشی از تیمار ایجاد فشار اسمزی بر بذرهای تیمار شده در محلول نیترات پتاسیم، سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که سرعت جوانه‌زنی در بذرهای تیمار شده با نیترات پتاسیم با سطح خشکی  $3$ - بار تفاوت معنی‌داری داشت. با افزایش پتانسیل اسمزی از  $5$ - به  $7$ - بار تفاوت معنی‌داری مشاهده شد، اگرچه سرعت جوانه‌زنی سطح خشکی  $11$ -،  $13$ - و  $15$ - بار اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند (شکل ۵).



شکل ۵- نمودار تأثیر استفاده از پیش‌تیمار نیترات پتاسیم بر سرعت جوانه‌زنی

میانگین‌های دارای حروف مشابه از نظر آزمون دانکن در سطح آماری  $5\%$  تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

در اعمال سطوح خشکی ناشی از تیمار ایجاد فشار اسمزی، بین تیمار شاهد با تیمارهای خشکی ناشی از تیمار ایجاد فشار اسمزی  $0/1$  - بار و سایر سطوح بالاتر ( $0/3$  -،  $0/5$  -،  $0/7$  - و  $0/9$  - بار) تفاوت معنی‌داری در سطح  $5\%$  در صد

تنش خشکی از ۰/۴- به ۰/۸- بار بذرها جوانه نزدند. نتایج این تحقیق نیز نشان داد که با افزایش پتانسیل اسمزی جوانه‌زنی به تأخیر افتاد که این ممانعت از جوانه‌زنی به دلیل اثر اسمزی ناشی از تنش خشکی بود. میانگین درصد جوانه‌زنی در خشکی ۰/۷- و ۰/۹- بار نسبت به شاهد ۷۰ درصد کاهش نشان داد، نتایج این پژوهش نشان داد که با افزایش تنش خشکی میانگین مدت جوانه‌زنی بذر افزایش یافت، به طوری که میانگین مدت جوانه‌زنی در تیمار آب مقطر (شاهد) ۱۵ ساعت و ۱۳ دقیقه ساعت و در سطوح خشکی ۰/۱- و ۰/۵- بار به ترتیب ۱۸ ساعت و ۳ دقیقه و ۱۹ ساعت ۲۸ دقیقه و در تیمارهای خشکی ۰/۷- و ۰/۹- بار ۲۱ ساعت و هفت دقیقه و ۲۲ ساعت ۷ دقیقه شد. بذره‌های جمع‌آوری شده از منطقه لامرد در بالاترین سطح تنش دارای درصد جوانه‌زنی بالاتری بودند، اگرچه تفاوت معنی‌داری بین دو منطقه مشاهده نشد. در حالیکه بذره‌های جمع‌آوری شده از منطقه سیستان دارای سرعت جوانه‌زنی بالاتری بودند. اگرچه تفاوت معنی‌داری بین دو منطقه لامرد و سیستان مشاهده نشد. اما با توجه به شرایط آب و هوایی و اقلیم تقریباً مشابه دو منطقه، عدم تفاوت معنی‌دار در این خصوص قابل توجیه می‌باشد.

طول گیاهچه به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمار خشکی ناشی از تیمار ایجاد فشار اسمزی قرار گرفت (جدول ۱). با افزایش میزان تنش، طول گیاهچه و وزن خشک کاهش یافت، لونا و همکاران (۱۷)، کاتمب و همکاران (۱۳) و عبدالعزیز (۵) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند. تب و همکاران (۲۵) گزارش کردند که با افزایش غلظت پلی‌اتیلن‌گلیکول از ۰/۱۱- به ۰/۱۶- بار بیشتر بذره‌های جوانه زده قبل از اینکه به ۵ میلی‌متر برسند نکروزه شدند و از بین رفتند. کاتمب و همکاران (۱۳) نیز بیان کردند که در پتانسیل اسمزی ۱۰ بار از رشد طولی گیاهچه جلوگیری شد. دمیرکایا و همکاران (۹) نیز گزارش کردند که با افزایش تنش خشکی و غلظت پلی‌اتیلن‌گلیکول طول گیاهچه کاهش یافت و تعداد گیاهچه‌های غیر نرمال

محلول پلی‌اتیلن‌گلیکول بر جوانه‌زنی دو گونه آتریپلکس بیان کرده‌اند که با افزایش پتانسیل اسمزی درصد جوانه‌زنی کاهش و میانگین مدت جوانه‌زنی افزایش می‌یابد. همچنین تب و همکاران (۲۵) نیز در آزمایشی در مورد بررسی تأثیر سطوح خشکی بر جوانه‌زنی بذر (*Kalidium capsicum* L.) گزارش کرده‌اند که تأثیر پیش‌تیمار پلی‌اتیلن‌گلیکول بر درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی بسیار معنی‌دار بود و با افزایش خشکی حاصل از غلظت پلی‌اتیلن‌گلیکول درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت، دمیرکایا و همکاران (۹) در بررسی اثر تنش خشکی پلی‌اتیلن‌گلیکول بر جوانه‌زنی بذر (*Helianthus annuus* L.) بیان کردند که با افزایش پتانسیل اسمزی از ۶- به ۹- بار درصد جوانه‌زنی کاهش چشمگیری داشت و درصد جوانه‌زنی از ۹۶ درصد به ۲۶ درصد کاهش یافت، همچنین میانگین مدت جوانه‌زنی نیز با افزایش تنش خشکی افزایش یافت. دان و همکاران (۱۰) اثر تنش خشکی پلی‌اتیلن‌گلیکول بر جوانه‌زنی بذر (*Chenopodium glaucum* L.) بیان کردند که با افزایش غلظت پلی‌اتیلن‌گلیکول درصد جوانه‌زنی کاهش یافت و جوانه‌زنی با تأخیر مواجه شد.

نتایج نشان داد که با افزایش غلظت پلی‌اتیلن‌گلیکول ناشی از تیمار ایجاد فشار اسمزی از ۰/۴- به ۰/۸- بار درصد جوانه‌زنی از ۸۲ درصد به ۷/۷ درصد کاهش یافت. لانس و همکاران (۱۶) در مطالعه جوانه‌زنی (*Prosopis strombulifera* L.) گزارش کردند که با افزایش تنش خشکی کاهش معنی‌داری در صفات جوانه‌زنی به وجود آمد، بیشترین جوانه‌زنی در شاهد آب مقطر بود، به طوری که با ایجاد افزایش غلظت پلی‌اتیلن‌گلیکول از ۱/۲- به ۱/۵- بار درصد جوانه‌زنی از ۸۰ درصد به ۲۰ درصد کاهش یافت. افضلی و همکاران (۶) در تأثیر تنش خشکی با استفاده از پلی‌اتیلن‌گلیکول بر جوانه‌زنی بذر (*Matricaria chamomilla* L.) گزارش کردند که بذر در مرحله جوانه‌زنی به تنش خشکی بسیار حساس بود و با افزایش

عدم تنش (۷۶٪) و کمترین مقدار آن که برابر صفر بود مربوط به پتانسیل ۱۲ - بار بود. بعبارتی کاهش ۱۰۰ درصدی در درصد جوانه‌زنی بذره‌های اسفرزه از شرایط عدم تنش تا پتانسیل ۱۲- بار مشاهده شد (۵)، این نتایج با بررسی‌های انجام شده در استبرق مطابقت داشتند، به طوری که در شرایط تنش خشکی صفات جوانه‌زنی بذر استبرق کاهش یافت.

نتایج آزمایش‌ها نشان داد که تنش خشکی در اثرافزایش فشار اسمزی ناشی از نیترات پتاسیم، درصد جوانه‌زنی بذر استبرق را کاهش داد که با نتایج سایر محققان بر روی بذره‌های دو رقم گوجه فرنگی که آماده‌سازی بذرها با  $KNO_3$  و افزایش درصد جوانه‌زنی را در محیط‌های پتانسیل آب مختلف دربرداشت، مطابقت دارد (۱۵). پرزگارسیا و همکاران (۲۰) با آماده‌سازی اسمزی بذره‌های دو رقم کرفس در محلول نمک‌های غیر آلی  $KNO_3$  و  $KCl$  نشان دادند که سرعت جوانه‌زنی بذره‌های تیمار شده نسبت به بذره‌های تیمار نشده بیشتر بود. این نتایج با یافته‌های به دست آمده از استبرق مطابقت داشت (شکل ۴ و ۵). نتایج آزمایش‌ها نشان داد که نیترات پتاسیم میانگین مدت جوانه‌زنی را کاهش و سرعت جوانه‌زنی را افزایش داد که با نتایج مورومیکل و کاوالارو (۱۸) و پیراسته انوشه و همکاران (۲۱) مطابقت داشت و نشان دادند که تیمار با  $KNO_3$  میانگین مدت جوانه‌زنی را کاهش و سرعت جوانه‌زنی را افزایش داد. البته صادقی و رباطی (۲۲) و چن و آئورا (۸) نیز به نتایج مشابهی بر روی گیاه کاسنی دست یافتند.

#### نتیجه‌گیری کلی

بطور کلی نتایج نشان داد که حد آستانه تحمل خشکی و حد نهایی تحمل خشکی بذره‌های تیمار شده با محلول پلی‌اتیلن‌گلیکول در مقایسه با بذره‌های بدون پیش تیمار، افزایش یافت. این نتایج نشان می‌دهد که استفاده از پیش تیمار در افزایش تحمل خشکی بسیار مؤثر می‌باشد.

افزایش یافت. افزایی و همکاران (۶) نیز گزارش کردند که استرس اسمزی در مراحل اولیه رشد گیاهچه را تحت تأثیر قرار داد و با افزایش استرس، رشد گیاهچه کاهش یافت.

با افزایش تنش ناشی از تیمار ایجاد فشار اسمزی بر جوانه‌زنی بذر استبرق طول گیاهچه کاهش یافت، به طوری که بیشترین طول گیاهچه در تیمار آب مقطر ۳/۲۹ سانتی متر و در سطوح ۰/۳- و ۰/۵- بار به ترتیب به ۲/۷۵ و ۲/۳۶ رسید و در سطح خشکی ۰/۹- بار به ۱/۳۵ سانتی متر رسید (جدول ۱ و شکل ۶). نتایج آزمایش‌های بهبود صفات جوانه‌زنی با پیش تیمار پلی‌اتیلن‌گلیکول نشان داد که استفاده از پیش تیمار پلی‌اتیلن‌گلیکول صفات جوانه‌زنی را بهبود بخشید، نتایج مطالعات بدست آمده از عبدالعزیز (۵)، دان و همکاران (۱۰) و دمیرکایا و همکاران (۹) گویای این مطلب است که استفاده از پیش تیمار پلی‌اتیلن‌گلیکول بر بهبود صفات جوانه‌زنی نقشی مثبت دارد.

پیش تیمار بذرها در پلی‌اتیلن‌گلیکول باعث افزایش درصد جوانه‌زنی بذره‌های استبرق در سطوح خشکی ناشی از تیمار ایجاد فشار اسمزی شد که درصد افزایش آن در سطوح پایین تر بیشتر بود، از طرفی این پیش تیمار سرعت جوانه‌زنی را هم افزایش داد، به عبارتی دیگر جوانه‌زنی بذره‌های تیمار شده نسبت به بذره‌های بدون تیمار به دلیل اثرات تیمارهای اعمال شده سریع تر انجام شد. این تکنیک باعث می‌شود بذری که در مناطق خشک تحت تأثیر تنش‌های محیطی می‌باشد سریع تر استقرار یابد و این خود یک فرار از تنش محیطی می‌باشد. در بررسی اثر پلی‌اتیلن‌گلیکول نتایج نشان داد که سطوح تنش خشکی از نظر سرعت و درصد جوانه‌زنی، طول ریشه چه و ساقه چه با هم تفاوت معنی داری داشتند. به طوری که با افزایش میزان تنش خشکی ناشی از تیمار ایجاد فشار اسمزی به طور خطی از درصد جوانه‌زنی بذره‌های اسفرزه کاسته شد، به گونه ای که بیشترین درصد جوانه‌زنی مربوط به شرایط



مشاهده نشد. اما بذره‌های جمع‌آوری شده از منطقه سیستان دارای سرعت جوانه‌زنی بالاتری بودند، اگرچه تفاوت بین دو منطقه لامرد و سیستان معنی‌دار نبود.

همچنین نتایج نشان داد که بذره‌های استبرق مقاومت نسبی نسبت به خشکی نشان می‌دهند. بذره‌های جمع‌آوری شده از منطقه لامرد در بالاترین سطح تنش دارای درصد جوانه‌زنی بالاتری بودند، اگرچه تفاوت معنی‌داری بین دو منطقه

## منابع

- ۱- اسفندآبادی، ر.، شریعتی، م.، و مدرس‌هاشمی، م.، ۱۳۸۴. بررسی برخی تیمارهای شکستن خواب در پنج جمعیت بذری گونه استپی ریش‌دار (مجله زیست‌شناسی ایران (پژوهش‌های گیاهی)، ۱۸(۱): ۴۸-۵۹.
- ۲- خانف، ن. تقوائی، م. ۱۳۹۰. بررسی اثرهای متقابل نور و درجه حرارت بر جوانه‌زنی بذری استبرق. مجله مرتع، ۱: ۲۶-۱۹.
- ۳- قانلی، م. ۱۳۸۸. بررسی تاثیر نور، درجه حرارت، شوری و خشکی بر جوانه‌زنی و بنیه اولیه بذر (*Haloxylon*)
- 5- Abdulaziz, M. A. 2001. Effect of temperature and water potential on germination of *Salsola villosadel*. Aust J Agric Sci, 32:173-183.
- 6- Afzali, S. F., Hajabbasi, M. A., Shariatmadari, K., Razmjoo, K., and Khoshgoftarmanesh, A. H. 2006. Comparative adverse effects of PEG or NaCl induced osmotic stress on germination and early seedling growth of potential medicinal plant *Matricaria ghamomilia*. Pakistan J Bot, 38: 1709-1714.
- 7- Bukhtiar, B., and A. Shakra. 1990. Drought tolerance in lentil. II: Differential genotypic response to drought. J Agric Res Lahore, 28: 117 – 126.
- 8- Chen K, and Arora R. 2013. Priming memory invokes seed stress-tolerance. Environ. Exp. Bot. 94, 33– 45.
- 9- Demir Kaya, M., Okçu, Gamze., Atak, M., Çikili, Y., and Kolsarici, Ö. 2006. Seed treatment to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Eur. J. Agron. 24, 291-295.
- 10- Duan, D., Liu, X., Khan, A. M., and Gul, B. 2004. Effect of salt and water stress on the germination of *Chenopodium glaucum* L. seed. Pakistan J Bot., 36: 793-800.
- 11- Huang, Z., Zhang, X., Zheng, G., and Gutterman, Y. 2003. Influence of light, temperature, salinity and storage on seed germination of *Haloxylon ammodendron*. J Arid Environ., 55: 453-464.
- 12- ISTA, 2009. International Seed Testing Association. ISTA Handbook on Seedling Evaluation, 3rd ed.
- 13- Katembe, W. J., Ungar, I. A., and Mithchell, J. P. 1998. Effect of salinity on germination and seedling growth of two *Atriplex species* (Chenopodiaceae). Annals Bot, 82: 167-175.
- 14- Khan, M. A., and Gulzar, S. 2002. Seed germination of a halophytic grass *Aeluropus lagopoides*. Annals Bot, 87: 319-324.
- 15- Larcher, W. 1995. Physiological Plant Ecology. Springer, Third Edition., pp. 96, 270, 292, 379.
- 16- Llanes, A., Reinoso, H., and Luna, V. 2005. Germination and early growth of *prosopis strombulifera* seedling in different saline solutions. World J Agric Sci., 1: 120-128.
- 17- Luna, V., Llanes, A., Sosa, L. R., and Mariana, A. 2008. Differential effects of sodium salts on the germination of a native halophytic species from *prosopis strombulifera*. Biosaline Agriculture and Salinity Tolerance. Birkauser, Verlag/Switzerland. pp. 134-137.
- 18- Mauromicale, G., V., Cavallaro, A., Ierna, L., Quagliotti, and Belletti. P. 1995. Effects of seed osmoconditioning on emergence characteristics of the summer squash (*Cucurbita pepo* L.). Acta Horticult, 362:221-228.
- 19- Okcu, G., Demir Kaya, M., and Atak, M. 2005. Effect of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*pisum sativum* L.). Turkish J Agric, 29: 237-242.

- 20- Perez-Garcia, F., J. M. Pita, M. E. Gonzalez-Benito and Iriondo, J. M. 1995. Effects of light, temperature and seed priming on germination of celery seeds (*Apium graveolens* L.). *Seed Sci Technol*, 23:377-383.
- 21- Pirasteh Anosheh H, Sadeghi H, Emam Y. 2011. Chemical Priming with Urea and KNO<sub>3</sub> Enhances Maize Hybrids (*Zea mays* L.) Seed Viability under Abiotic Stress. *J Crop Sci Biotechnol*, 14: 289–295.
- 22- Sadeghi, H., and Robati, Z. 2015. Response of *Cichorium intybus* L. to eight seed priming methods under osmotic stress conditions. *Biocatal Agric Biotechnol*.4:443-448.
- 23- Sharma, DK., Tiwari M, Arora M, and Behera, B.K. 1997. Microbial Transformation and Biodegradation of *Calotropis procera* Latex towards Obtaining Value Added Chemicals, Pharmaceuticals and Fuels. *Petroleum Science and Technology*, Marcel Dekker Inc, 15(2):137-169. Washington, DC. 1,024 p.
- 24- Taghvai, M., and Chaichi, M.R. 2009. The Effect of Priming on Early Growth of Rapeseed under Drought Stress. *International j Ecology Environ Conserv*, 22:58-62.
- 25- Tobe, K., Li, X., and Omasa, K. 2000. Seed germination and radicle growth of halophyte, *Kalidium capsicum* (Chenopodiaceae). *Annals Bot*, 85: 391-396.

## The effect of drought stress on the seed germination of *Calotropis procera* L. and improvement of drought tolerance

Taghvai M.<sup>1</sup>, Sadeghi H.<sup>2</sup> and Bazrafcan M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Crop Production Dept., College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, I.R. of Iran

<sup>2</sup> Natural Resources and Environmental Engineering Dept., College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, I.R. of Iran

### Abstract

*Calotropis procera* L. is a perennial shrub, adapted plant to arid and semi arid area and it can be used for desert reclamation. Poor germination and seedling establishment are major problems in arid and semi-arid environments, and these characteristics are considered to be important factors in later plant growth of *Calotropis procera* seeds. Seed germination is a critical stage of species survival. To investigate the effects of drought (KCl, KNO<sub>3</sub> and PEG-6000) on seed germination a factorial experiment was conducted in a completely randomized block with three replications. In the first experiment, the main factors were 2 levels of treatment (non prim and prim) and 9 levels of drought of KCl and KNO<sub>3</sub> (0, -1, -3, -5, -7, -9, -11, -13, -15 bar) and 6 levels of drought PEG (0, -0.1, -0.3, -0.5, -0.7, -0.9 bar). The experiment includes two environments (Lamerd and Sistan-Baluchestan). The results indicate that the effect of the drought levels is significant on seed germination properties; however, environment has not significant effects on germination rate and its percentage. Any increase in the drought stress reduces the seed germination rate, the corresponding percentage seedlings length, the pre-treatment using. Results showed that germination percentage, germination rate, seedling dry weight and seedling length. Using common solution (KCl -20 bar, KNO<sub>3</sub> -20 bar, PEG -1 bar) as a pre-treatment of the seeds for 3 days period will enhance the germination properties.

**Key words:** *Calotropis procera* L., seed, germination, drought.