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

منصور تقوایی[۱]، حسین صادقی[۲*] و مریم بذرافکن[۲]

[۱] **دانشگاه شیراز، دانشکده کشاورزی، بخش زراعت و اصلاح نباتات**

[۲] **دانشگاه شیراز، دانشکده کشاورزی، بخش مهندسی منابع طبیعی و محیط‌زیست**

تاریخ دریافت: ۹۴/۱/۱۶ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱/۲۳

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 بقاء 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، 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 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 پیش تیمار، صفات جوانه‌زنی را بهبود بخشید. استفاده از این پیش تیمارها (KCl و PEG و KNO3) 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

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 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 به طور 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

توان تولید مراتع کشور از طریق احیاء پوشش گیاهی بسیار مهم است. بدون شک در احیاء بیولوژیک، شناسایی گونه های سازگار با شرایط اقلیمی و خاکی نقش اساسی در پایداری فعالیت‌های بیابان‌زدایی ایفا می کند که استبرق یکی از این گونه هاست 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 مرحلهٔ 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 بررسی های خود در استفاده از پلی‌اتیلن‌گلیکول (PEG) به منظور ایجاد تنش خشکی بیان کرده‌اند که پلی اتیلن گلیکول با ایجاد فشار اسمزی و تنش خشکی از جوانه‌زنی بذر جلوگیری می‌کند. نتایج نشان داده است با افزایش سطوح خشکی درصد جوانه زنی، طول ریشه‌چه و ساقه چه کاهش می یابد (۱۱و۱۴و۲۵).

دمیرکایا و همکاران (۹) اثر تنش خشکی (PEG) را بر جوانه‌زنی بذر (*Helianthus annus* L.) بررسی کرده‌اند، نتایج نشان داده است که تنش خشکی درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی را کاهش می دهد و با افزایش پتانسیل اسمزی رشد طولی گیاهچه کاهش و گیاهچه‌های غیر نرمال افزایش می یابد. 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 معنی داری کاهش می دهد، این ممانعت از جوانه‌زنی را بدلیل اثر اسمزی بیان کرده اند. به 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 می رسد 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 محیط های 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 جوانه زنی بذر، بررسی امکان افزایش آستانه تحمل به خشکی در مرحله جوانه زنی و بررسی تأثیر محیط تحمل بذر به تنش خشکی و عکس العمل آنها به پیش تیمار می‌باشد.

مواد و روشها

مراحل جمع آوری بذر در منطقه: غوزه‌های رسیده (به رنگ زرد مایل به قهوه ای 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 کیسه های 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 بلوک های 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، نیترات پتاسیم و پلی اتیلن گلایکول) هر یک شامل (کلرید پتاسیم و نیترات پتاسیم در ۹ سطح ۰، ۱-، ۳-، ۵-،

۷-، ۹-، ۱۱-، ۱۳- و ۱۵- بار و برای پلی اتیلن گلایکول 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 گلایکول 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. یادداشت‌برداری 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.

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

GP(Germination percentage): درصد جوانه زنی

S: تعداد کل بذر Ni: کل بذرهای جوانه زده

سرعت جوانه زنی توسط فرمول های زیر محاسبه شد:

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

$$GR=1/\ MGT$$

MTG(Mean time to full germination): میانگین مدت زمان جوانه زنی Ti : تعداد روزهای پس از شروع جوانه زنی Ni: تعداد بذرهای جوانه زده در زمان Ti

GR(Germination rate) : سرعت جوانه زنی

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 بنیه بذر: به منظور افزایش تحمل بذر به خشکی، پس از تعیین آستانه تحمل بذر به خشکی، از پیش تیمارهای KCl، KNO3 و PEG برای بهبود بنیه بذر استفاده شد و به منظور تعیین غلظت مناسب برای انجام بهبود بنیه بذر، آزمایشی جداگانه در قالب طرح بلوک های 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 گلایکول در ۳ تکرار انجام شد و بعد در پایان ۷ روز، بذرهای جوانه نزده به محیط حاوی آب مقطر منتقل شدند (۱و۲و۴).

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 بنیه بذر تعیین شد. شاخص بنیه بذر با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید [۹].

درصد جوانه زنی× طول گیاهچه = شاخص بنیه بذر

بررسی تغییرات آستانه تحمل بذر به تنش خشکی (پس از انجام بهبود بنیه بذر): پس از تعیین غلظت و مدت زمان پیش تیمار به منظور بهبود بنیه بذر، بذرها به مدت ۳ روز در محلول کلرید پتاسیم و نیترات پتاسیم و پلی‌اتیلن‌گلیکول 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

انجام بهبود بنیه بذر، بذرهای تیمار شده در هر محلول را به مدت ۷ روز در دمای ۳۰ درجه سانتی گراد در پتری دیش و در ۹ سطح خشکی ناشی از تیمار ایجاد فشار اسمزی (۰، ۱-، ۳-، ۵-، ۷-، ۹-، ۱۱-، ۱۳- و ۱۵- بار) برای نیترات 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 گلایکول قرار گرفتند. سپس بذرهای جوانه نزده به مدت ۳ روز در ۲ سطح (شاهد و تیمار شده) منتقل شدند (۲و۳).

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 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 داده های مربوط به صفات جوانه زنی، با استفاده از نرم افزار آماری MSTATC تجزیه و تحلیل و مقایسه میانگین ها با آزمون دانکن در سطح ۵ در صد 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 (جدول۱).

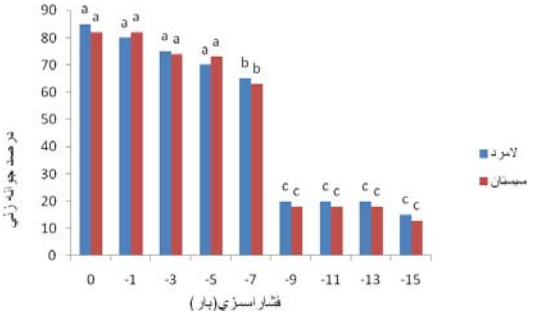
جدول ۱- تجزیه واریانس تأثیر استفاده از پیش‌تیمار (PEG) بر صفات جوانه‌زنی بذر

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مدت جوانه زنی(ساعت)	سرعت جوانه زنی	درصد جوانه زنی	طول گیاهچه (سانتی متر)	طول ریشه چه (سانتی متر)	طول ساقه چه (سانتی متر)	وزن خشک گیاهچه (گرم)	وزن خشک ریشه چه (گرم)	وزن خشک ساقه چه (گرم)	r/s	Rdw/sdw	شاخص بنیه بذر
سطوح خشکی	۵	۷/۱۹۳ **	۴۴/۰۰۵ **	۳۰/۴۵ **	۱/۶۹۳ **	۰/۱۰۸ Ns	۰/۵۲۷ ns	۰/۰۰۰ **	۰/۰۰۰ ns	۰/۰۰۰ ns	۰/۰۳۷ ns	۰/۰۰۱ ns	۱۲/۲۲۳ **
منطقه	۱	۸/۵۹۱ ns	۰/۰۸۹ ns	۱۳/۳۶۱ ns	۰/۰۰۷ ns	۱/۶ ns	۰/۷۴ ns	۰/۰۰۰ ns	۰/۰۰۰ ns	۰/۰۰۰ ns	۰/۳۱۳ ns	۰/۰۰۰ ns	۴/۳۵۱ ns
اثر متقابل	۵	۱/۲۳۲ **	۰/۰۰۳ **	۹۴/۲۲۸ *	۲/۸۳۶ **	۰/۳۷۲ **	۱/۲۳۴ **	۰/۰۰۰ ns	۰/۰۰۰ ns	۰/۰۰۰ ns	۰/۰۶۷ **	۰/۰۰۱ **	۲/۵۷۸ **
خطا	۲۲	۰/۱۵۸	۰/۰۰۰	۶۰/۰۳۸	۰/۰۷۱	۰/۰۶	۰/۰۱۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۸	۰/۰۰۰	۰/۰۳۷

**، * و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و عدم تفاوت معنی‌دار

نتایج مقایسه میانگین ها نشان داد که بالاترین درصد جوانه‌زنی در تیمار آب مقطر بود، به‌طوری‌که تفاوت معنی داری بین درصد جوانه‌زنی در تیمار آب مقطر با سطوح 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 معنی‌داری داشت. جوانه‌زنی

در سطوح بالاتر به شدت کاهش یافت (شکل۱). نتایج نشان داد که با افزایش خشکی ناشی از تیمار ایجاد فشار اسمزی درصد جوانه‌زنی کاهش یافت، به‌طوری‌که در پتانسیل های اسمزی ۹-، ۱۱-، ۱۳- و ۱۵- بار میزان درصد جوانه‌زنی نسبت به شاهد کاهش نشان داد (شکل۱). نتایج کاهش ناگهانی در فشار اسمزی بین ۷- به ۹- بار را نشان داد، به‌طوری‌که از ۶۳ درصد به ۱۸ درصد رسید اما تفاوت معنی‌داری بین سطوح ۹-، ۱۱-، ۱۳- و ۱۵- بار مشاهده نشد (شکل۱).

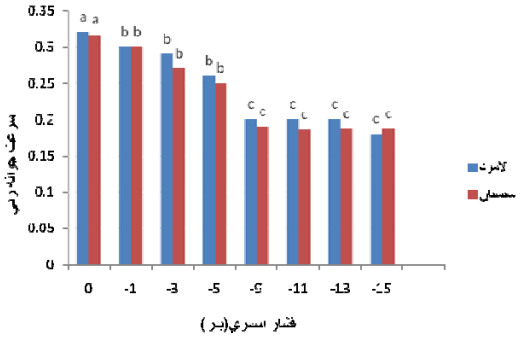


شکل ۱- نمودار تأثیر سطوح مختلف خشکی (KCl) بر درصد جوانه‌زنی

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 (شکل۲)، به‌طوری‌که سرعت جوانه‌زنی بین تیمارهای شاهد و۵- 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 طوری‌که از۰/۳۳ به ۰/۳۰ رسید و در ۹-، ۱۱-، ۱۳- و ۱۵- بار تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل۲). به‌نحوی‌که تفاوت معنی داری بین دو منطقه در مورد صفات و سطوح تنش مشاهده نگردید(جدول ۱).

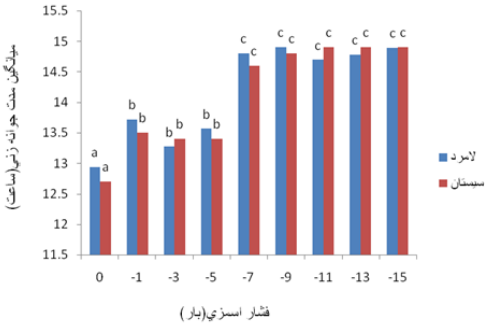
در اعمال سطوح خشکی، بین تیمار شاهد با تیمار خشکی ناشی از تیمار ایجاد فشار اسمزی تفاوت معنی‌داری مشاهده شد.



شکل ۲- نمودار تأثیر سطوح مختلف خشکی (KCl) 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، به‌طوری‌که 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 (شکل۳).

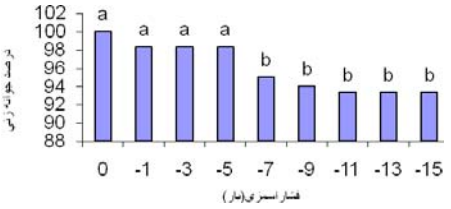


شکل ۳- نمودار تأثیر سطوح مختلف خشکی (KCl) بر میانگین مدت جوانه‌زنی

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

اما مقایسه میانگین ها نشان داد که اختلاف معنی داری در درصد جوانه زنی 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 معنی دار

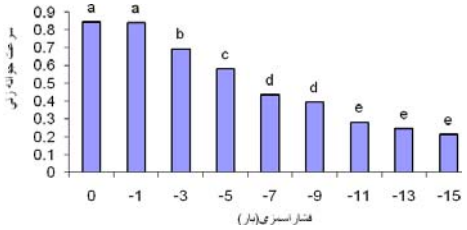
بود. اما تفاوت معنی داری بین تیمارهای خشکی شاهد تا -۵ بار وجود نداشت (شکل۴).



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 ۵٪ تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

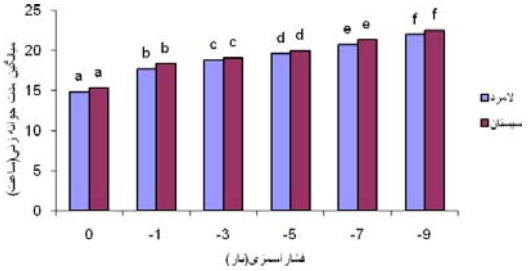
با افزایش سطوح خشکی ناشی از تیمار ایجاد فشار اسمزی بر بذرهای تیمار شده در محلول نیترات پتاسیم، سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت. مقایسه میانگین ها نشان داد که سرعت جوانه‌زنی در بذر های تیمار شده با نیترات پتاسیم با سطح خشکی ۳- بار تفاوت معنی‌داری داشت. با افزایش پتانسیل اسمزی از ۵- به۷- بار تفاوت معنی‌داری مشاهده شد، اگرچه سرعت جوانه‌زنی سطح خشکی۱۱-، ۱۳- و ۱۵- بار اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند (شکل۵).



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

میانگین‌های دارای حروف مشابه از نظر آزمون دانکن در سطح آماری ۵٪ 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 ۰/۱- بار و سایر سطوح بالاتر (۰/۳-، ۰/۵-، ۰/۷- و ۰/۹- بار) تفاوت معنی دار در سطح۵ در صد مشاهده شد. با افزایش سطح خشکی از شاهد به۰/۱- و ۰/۳- بار نیز تفاوت میانگین مدت جوانه‌زنی بین این سه تیمار معنی‌دار بود (شکل۶). در مقایسه میانگین ها، تفاوت معنی داری در میانگین مدت جوانه‌زنی بین تیمار شاهد با سایر سطوح خشکی ناشی از تیمار ایجاد فشار اسمزی وجود داشت، به‌طوری‌که این تفاوت بین تیمار شاهد با غلظت های۰/۱- و ۰/۳- بار معنی‌دار بود. میانگین مدت جوانه‌زنی در تیمار آب مقطر (شاهد) ۱۵/۱۳ ساعت و در سطوح خشکی ۰/۱- و ۰/۵- بار به ترتیب ۱۸/۰۳ و ۱۹/۸۲ ساعت و در تیمارهای خشکی ناشی از تیمار ایجاد فشار اسمزی ۰/۷- و ۰/۹- بار ۲۱/۰۷ و ۲۲/۷ ساعت شد (شکل۶).



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

میانگین‌های دارای حروف مشابه از نظر آزمون دانکن در سطح آماری ۵٪ 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 یافته های 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 ۵۰٪ جوانه زنی) افزایش یافت (شکل۲ و۳). کاتمب وهمکاران (۱۳) نتایج مشابهی گزارش کرده اند، آنان در بررسی تنش خشکی با

محلول پلی‌اتیلن‌گلایکول بر جوانه‌زنی دو گونه آتریپلکس بیان کرده‌اند که با افزایش پتانسیل اسمزی درصد جوانه‌زنی کاهش و میانگین مدت جوانه‌زنی افزایش می یابد. همچنین تب و همکاران (۲۵) نیز در آزمایشی در مورد بررسی تأثیر سطوح خشکی بر جوانه‌زنی بذر(*Kalidium capsicum* L.) گزارش کرده اند که تأثیر پیش تیمار پلی‌اتیلن‌گلایکول بر درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی بسیار معنی‌دار بود و با افزایش خشکی حاصل از غلظت پلی‌اتیلن‌گلایکول درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت، دمیرکایا و همکاران (۹) در بررسی اثر تنش خشکی پلی‌اتیلن‌گلایکول بر جوانه‌زنی بذر (*Helianthus annus* 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 پلی‌اتیلن‌گلایکول بر جوانه‌زنی بذر (*Chenopodium glaucum* L.) بیان کردند که با افزایش غلظت پلی اتیلن گلایکول درصد جوانه‌زنی کاهش یافت و جوانه‌زنی با تأخیر مواجه شد.

نتایج نشان داد که با افزایش غلظت پلی اتیلن گلایکول 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، به‌طوری‌که با ایجاد افزایش غلظت پلی‌اتیلن‌گلایکول از ۱/۲- به ۱/۵- بار درصد جوانه‌زنی از۸۰ درصد به ۲۰ درصد کاهش یافت. افضلی و همکاران (۶) در تأثیر تنش خشکی با استفاده از پلی‌اتیلن‌گلایکول بر جوانه‌زنی بذر (*Matricaria chamomilla* L.) گزارش کردند که بذر در مرحله جوانه‌زنی به تنش خشکی بسیار حساس بود و با افزایش 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 جوانه زنی بذر افزایش یافت، به طوری‌که 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 ۲۱ساعت و هفت دقیقه و ۲۲ ساعت ۷ دقیقه شد. بذرهای جمع آوری شده از منطقه لامرد در بالاترین سطح تنش دارای در صد جوانه زنی بالاتری بودند، اگرچه تفاوت معنی‌داری بین دو منطقه مشاهده نشد. در حالیکه بذرهای جمع آوری شده از منطقه سیستان دارای سرعت جوانه زنی بالاتری بودند. اگرچه تفاوت معنی داری بین دو منطقه لامرد و سیستان مشاهده نشد. اما با توجه به شرایط آب و هوایی و اقلیم تقریبا مشابه دو منطقه، عدم تفاوت معنی دار در این خصوص قابل توجیه می باشد.

طول گیاهچه به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمار خشکی ناشی از تیمار ایجاد فشار اسمزی قرار گرفت (جدول۱). 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 پلی‌اتیلن‌گلایکول از ۰/۱۱- به ۰/۱۶- بار بیشتر بذرهای جوانه زده قبل از اینکه به ۵ میلی متر 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 پلی‌اتیلن‌گلایکول طول گیاهچه کاهش یافت و تعداد گیاهچه های غیر نرمال

افزایش یافت. افضلی 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، به‌طوری‌که 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 (جدول۱ و شکل۶). نتایج آزمایش‌های بهبود صفات جوانه‌زنی با پیش تیمار پلی‌اتیلن‌گلایکول نشان داد که استفاده از پیش تیمار پلی‌اتیلن‌گلایکول 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 پلی‌اتیلن‌گلایکول بر بهبود صفات جوانه‌زنی نقشی مثبت دارد.

پیش تیمار بذرها در پلی اتیلن گلایکول باعث افزایش درصد جوانه‌زنی بذرهای 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 بذرهای تیمار شده نسبت به بذرهای بدون تیمار به دلیل اثرات تیمار های اعمال شده سریع تر انجام شد. این تکنیک باعث می‌شود بذری که در مناطق خشک تحت تأثیر تنش های محیطی می‌باشد سریع تر استقرار یابد و این خود یک فرار از تنش محیطی می‌باشد. در بررسی اثر پلی‌اتیلن‌گلایکول نتایج نشان داد که سطوح تنش خشکی از نظر سرعت و درصد جوانه زنی، طول ریشه چه و ساقه چه با هم تفاوت معنی داری داشتند. به‌طوری‌که با افزایش میزان تنش خشکی ناشی از تیمار ایجاد فشار اسمزی به طور خطی از درصد جوانه‌زنی بذرهای اسفرزه کاسته شد، به گونه ای که بیشترین درصد جوانه‌زنی مربوط به شرایط عدم تنش (۷۶ ٪) و کمترین مقدار آن که برابر صفر بود مربوط به پتانسیل ۱۲ - بار بود. بعبارتی کاهش ۱۰۰ درصدی در درصد جوانه‌زنی بذرهای اسفرزه از شرایط عدم تنش تا پتانسیل ۱۲- بار مشاهده شد (۵)، این نتایج با بررسی‌های انجام شده در استبرق مطابقت داشتند، به طوری‌که 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 بذرهای دو رقم گوجه فرنگی که آماده‌سازی بذرها با KNO3 و افزایش درصد جوانه‌زنی را در محیط های با پتانسیل آب مختلف دربرداشت، مطابقت دارد (۱۵). پرزگارسیا و همکاران(۲۰) با آماده سازی اسمزی بذرهای دو رقم کرفس در محلول نمک های غیر آلی KNO3 و KCl نشان دادند که سرعت جوانه‌زنی بذرهای تیمار شده نسبت به بذرهای تیمار نشده بیشتر بود. این نتایج با یافته های به دست آمده از استبرق مطابقت داشت (شکل۴ و ۵). نتایج آزمایش‌ها نشان داد که نیترات پتاسیم میانگین مدت جوانه‌زنی را کاهش و سرعت جوانه‌زنی را افزایش داد که با نتایج موروميكل و کاوالارو (۱۸) و پیراسته انوشه و همکاران(۲۱) مطابقت داشت و نشان دادند که تیمار با KNO3 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 بذرهای تیمار شده با محلول پلی‌اتیلن‌گلایکول در مقایسه با بذرهای بدون پیش تیمار، افزایش یافت. این نتایج نشان می دهد که استفاده از پیش تیمار در افزایش تحمل خشکی بسیار مؤثر می‌باشد.

همچنین نتایج نشان داد که بذرهای استبرق مقاومت نسبی نسبت به خشکی نشان می‌دهند. بذرهای جمع آوری شده از منطقه لامرد در بالا ترین سطح تنش دارای در صد جوانه زنی بالاتری بودند، اگرچه تفاوت معنی داری بین دو منطقه مشاهده نشد. اما بذرهای جمع آوری شده از منطقه سیستان دارای سرعت جوانه زنی بالاتری بودند، اگرچه تفاوت بین دو منطقه لامرد و سیستان معنی دار نبود.

منابع

۱- اسفندآبادی، ر.، شریعتی، م.، و مدرس هاشمی، م.، ۱۳۸۴ . بررسی برخی تیمارهای شکستن خواب در پنج جمعیت بذری گونه استپی ریش دار مجله زیست شناسی ایران(پژوهشهای گیاهی) ، ۱۸(۱):۴۸-۵۹.

۲- خائف، ن. تقوائی، م. ۱۳۹۰. بررسی اثرهای متقابل نور و درجه حرارت بر جوانه زنی بذر استبرق. مجله مرتع. ۱: ۲۶-۱۹.

۳- قائدی، م. ۱۳۸۸. بررسی تاثیر نور، درجه حرارت، شوری و خشکی بر جوانه زنی و بنیه اولیه بذر (*Haloxylon aphyllum*) و بهبود آستانه تحمل بذر به تنش. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز، دانشکده کشاورزی. ص. ۷۴-۷۰

۴- نبئی، م.، روشندل، پ.، و محمدخانی، ع.، ۱۳۹۲ . بررسی اثرتیمارهای مختلف شیمیایی، آب داغ و آب جاری بر شکست خواب بذرهای بابا آدم. مجله زیست شناسی ایران (پژوهشهای گیاهی) ۲۶(۲):۲۱۷-۲۲۵

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 Eddition., 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 Horticul, 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 KNO3 Enhances Maize Hybrids (*Zea mays* L.) Seed Viability under Abiotic Stress. J Crop Sci Biotechnool, 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.Washingtion, 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

Taghvaei M.[1], Sadeghi H.[2] and Bazrafcan M.[2]

[1] Crop Production Dept., College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, I.R. of Iran

[2] 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 cab 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, KNo3 and PEG-6000) on seed germination a factorial experiment was conductec 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 KNo3 (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, KN03 -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.