

## بررسی تأثیر سوپرچاذب بر بنیه اولیه و بازده مصرف آب گیاهچه استبرق (*Calotropis procera* L.) در شرایط تنش خشکی

فاطمه انجوی موسوی<sup>۱</sup>، منصور تقوایی<sup>۲\*</sup>، حسین صادقی<sup>۳</sup> و علیمراد حسینی<sup>۴</sup>

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، مدیریت مناطق بیابانی، گروه منابع طبیعی، دانشگاه شیراز، ایران

۲- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه بیوتکنولوژی، دانشگاه شیراز، ایران

۳- دانشیار، گروه مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه شیراز، ایران

۴- استاد، گروه مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه شیراز، ایران

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۱/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۲/۴/۱۸

### چکیده

به منظور بررسی تأثیر سوپرچاذب بر بهبود اولیه گیاهچه استبرق (*Calotropis procera* L.) تحت تنش خشکی، آزمایش بصورت گلدانی در منطقه باجگاه بمدت یکسال انجام شد. آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۶ تکرار انجام شد. با استفاده از دستگاه صفحات فشاری درصد رطوبت وزنی خاک در فشار ۱/۳ اتمسفر اندازه‌گیری گردید. تیمارهای آزمایش شامل تنش خشکی در سه سطح (۱۰۰٪ ظرفیت مزرعه (شاهد)، ۷۵٪ ظرفیت مزرعه، ۵۰٪ ظرفیت مزرعه) و سوپرچاذب در چهار سطح (به میزان ۰، ۲، ۴ و ۶ گرم در هر کیلوگرم خاک) بود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که خصوصیات گیاهچه بطور معنی‌داری تحت تأثیر برهم‌کنش سوپرچاذب و تنش خشکی قرار گرفت، به طوری که وزن خشک گیاهچه در سطح شاهد سوپرچاذب و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی ۱/۹ بود که در سطح ۶ گرم سوپرچاذب در کیلوگرم خاک و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی به ۲/۳ گرم افزایش یافت و بازدهی مصرف آب در سطح شاهد سوپرچاذب ۵۰ درصد ظرفیت زراعی ۰/۱ گرم بر لیتر بود که در سطح ۶ گرم سوپرچاذب در کیلوگرم خاک و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی به ۰/۱۸ گرم بر لیتر افزایش یافت. با توجه به نتایج بدست آمده از این تحقیق، پلیمرهای سوپرچاذب قادر به جذب آب برای مدت زمان طولانی بوده و بتدریج آب را در اختیار ریشه گیاه قرار داده و تأثیر تنش خشکی بر گیاه را کاهش و بنیه اولیه گیاهچه را تقویت می‌کنند.

واژه‌های کلیدی: استبرق (*Calotropis procera* L.)، تنش خشکی، سرعت رویش، بازده مصرف آب، سوپرچاذب.

### مقدمه

نیمی از کشورهای جهان در مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار دارند. ۶۶ درصد مساحت ایران دارای اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک می‌باشد و تنها حدود ۳۵ درصد از سطح کشور سالانه به طور متوسط بیش از ۲۴۰ میلی‌متر بارندگی دارد. کشور ایران بدلیل قرار گرفتن در کمربند بیابانی در ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی واقع شده است. به‌طورکلی دارای

اقلیم خشک و نیمه‌خشک بوده و جزء مناطق کم باران جهان است (ناظم‌السادات، ۱۳۷۹). یکی از فرایندهای مهم بیابان‌زایی که به شکل وسیعی در سطح جهان در حال وقوع است، فرایند زوال پوشش گیاهیست. در مناطق خشک و بیابانی مهمترین عامل برای سبز شدن بذر، رطوبت خاک، محیط و همچنین درجه حرارت می‌باشد. مرحله سبز شدن یکی از حساس‌ترین مراحل رشد گیاه به تنش خشکی است.

اندازه پلیمر و املاح خاک بستگی دارد. افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک‌های با ظرفیت نگهداری محدود آب (مانند خاک‌های شنی) با استفاده از پلیمرهای آبدوست منجر به کاهش تلفات آب از طریق آبخویی و بهبود کارایی مصرف آب می‌شود (Taban et al., 2006). استفاده از سوپرجاذب در مراحل رشد گیاه کاهش باعث افزایش کارایی مصرف آب شده است (حقایقی مقدم، ۱۳۸۲). کاربرد سوپرجاذب در خاک موجب افزایش ظرفیت زراعی مزرعه گردید (کوچک‌زاده و همکاران، ۱۳۷۹). تحقیقات انجام شده نشان داده است که افزودن پلیمرهای آبدوست به خاک تأثیر مثبتی در کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک (pb) دارد، علت این امر به انبساط خاک برمی‌گردد (Azzam, 1980). تحقیقات انجام شده توسط Huttermann و همکاران (۱۹۹۷، ۱۹۹۹) نشان می‌دهد که در صورت مخلوط کردن پلیمر استوکوسورب با خاک، هرچه درصد پلیمر در خاک افزایش یابد، ذخیره رطوبت خاک نیز افزایش پیدا می‌کند. هدف از این پژوهش بررسی تأثیر سطوح مختلف خشکی و سوپرجاذب بر بازده مصرف آب و بنیه اولیه گیاهچه استبرق (*C. procera* L.) می‌باشد. البته تاکنون پژوهش‌های کافی برای شناخت ویژگی‌های بیولوژیک، متابولیک و شاخص‌های فیزیولوژیک گیاهچه استبرق (*C. procera* L.) انجام نشده است؛ اما با توجه به اهمیت این گیاه در احیای مناطق خشک و بیابانی، بررسی تحمل این گیاه به خشکی و تأثیر سطوح مختلف سوپرجاذب در بهبود بنیه اولیه گیاه برای استقرار گیاهچه از اهمیت زیادی برخوردار است.

### مواد و روش‌ها

بذر گیاه استبرق (*Calotropis procera* L.) از مراتع استان سیستان و بلوچستان، شهرستان زاهدان (طول ۶۰ درجه و ۵۳ دقیقه و عرض جغرافیایی آن ۲۸ درجه و ۲۹ دقیقه و ارتفاع از سطح دریا ۱۳۹۶ متر) تهیه گردید. برای اجرای آزمایش ابتدا خاک مکان رویش استبرق تهیه گردید و بعد به خاک مورد نظر ماده خشک پلیمر سوپرجاذب (F1، ساخت آلمان، پودری، کاتیونی، قابلیت جذب آب ۱۶۰-

اگر گیاه قادر به تحمل تنش در این مرحله باشد می‌تواند سرعت استقرار یافته و رشد رویشی را با موفقیت پشت سر بگذارد. با احیاء بیولوژیک و توسعه پوشش گیاهی، امکان حفاظت از تنوع زیستی و ایجاد تعادل اکولوژیک فراهم می‌شود. بدون شک در احیاء بیولوژیک، شناسایی گونه‌های سازگار با شرایط اقلیمی و ادافیکی نقش اساسی در پایداری فعالیت‌های بیابان‌زدایی ایفا می‌نماید. استبرق (*C. procera* L.) یا خرگ، گیاهی از راسته کوشادیان (*Gentianales*)، تیره استبرقیان (*Asclepiadaceae*) و سرده استبرق (*C. procera* L.) می‌باشد. گیاهان تیره استبرق (*C. procera* L.) بطورکلی به استثناء تعدادی کم، اختصاصاً در مناطق گرم کره زمین می‌رویند. این تیره ۲۰۸ جنس و بیش از ۲۲۰۰ گونه دارد. در ایران جنس‌های متعددی از آن در مناطق هرمزگان، بلوچستان، فارس و خوزستان می‌رویند. استبرق (*C. procera* L.) یک گیاه اقتصادی با اهمیت در تثبیت شن می‌باشد. گیاه استبرق (*C. procera* L.) توسط بذر تکثیر می‌شود ولی با آنکه بذر زیادی تولید می‌کند، از پراکنش کمی برخوردار است. بنابراین بنظر می‌رسد که استقرار این گیاه بصورت طبیعی با مشکل مواجه باشد (El-Keblawy & Hassan, 2006). پلیمرهای سوپرجاذب ژل‌های پلیمری آبدوست یا هیدروژل‌هایی هستند که می‌توانند مقدار زیادی آب را جذب کنند. پس از عمل جذب و در اثر خشک شدن محیط، آب داخل پلیمر به تدریج تخلیه می‌شود و بدین ترتیب خاک به مدت طولانی و بدون نیاز به آبیاری مجدد، مرطوب می‌ماند. از دیدگاه عملی ماده‌ای که قابلیت جذب حداقل ۲۰ برابر وزن خود را دارا باشد به‌عنوان یک سوپرجاذب ارزیابی می‌شود. میزان جذب آب این پلیمرها با توجه به فرمولاسیون، آب، ناخالصی‌ها و میزان نمک موجود، از مقادیر بسیار پایین حدود ۲۰ برابر وزنی تا بالاتر از ۲۰۰ برابر وزنی متغیر است. پلیمرهای سوپرجاذب بر میزان نفوذ آب در خاک، وزن مخصوص ظاهری، ساختمان خاک و نیز میزان تبخیر از سطح خاک تأثیر می‌گذارند (Helalia & Letey, 1988). ظرفیت ذخیره آب به بافت خاک، نوع و

$$MTE = \sum ti ni / \sum ni \quad ER = 1 / MTE$$

MTE: میانگین مدت سبزشدن، ER: سرعت رویش،

ti: تعداد بذرهاى جوانه‌زده در هر روز و ni: کل بذرهاى جوانه‌زده

وزن خشک برگ، ریشه‌چه و ساقه‌چه با قرار دادن نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد و توزین نمونه‌ها با دقت ۰/۰۰۱ گرم انجام شد. داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS تجزیه و تحلیل و نمودارها توسط نرم‌افزار Excell رسم گردید. میانگین مورد بررسی توسط آزمون چنددامنه‌ای دانکن با هم مقایسه شدند.

### نتایج

#### درصد رویش

درصد رویش بطور معنی‌داری تحت تأثیر میزان خشکی قرار گرفت و در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش سطوح خشکی درصد رویش کاهش یافت، به طوری‌که از ۹۶/۲ درصد به ۸۲/۹ درصد رسید (جدول ۲). تأثیر تیمار سوپرچاذب در سطح یک درصد بر درصد رویش معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش مقادیر سوپرچاذب در خاک، درصد رویش از سطح شاهد به سطح ۲ گرم در کیلوگرم خاک افزایش و از سطح ۲ به ۴ گرم در کیلوگرم خاک کاهش یافت. در این مطالعه درصد رویش تحت تأثیر برهم‌کنش سوپرچاذب و خشکی قرار گرفت و در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۱).

مقایسه میانگین نشان داد که درصد رویش در تیمار ۲ گرم سوپرچاذب در کیلوگرم خاک و ۰/۷۵ ظرفیت زراعی، ۱۰۰ درصد افزایش یافت (جدول ۲).

۱۴۰ برابر وزنی)، در مقادیر ۰، ۲، ۴، ۶ گرم به هر کیلوگرم خاک اضافه گردید و پس از مخلوط کردن درون گلدان‌های پلاستیکی به ارتفاع ۲۰ سانتیمتر و قطر ۱۲ سانتیمتر ریخته شد. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۶ تکرار در منطقه باجگاه به مدت یکسال انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل تنش خشکی در سه سطح بدون تنش رطوبت (معادل ۱۰۰٪ ظرفیت مزرعه)، تنش ملایم (معادل ۷۵٪ ظرفیت مزرعه)، تنش شدید (معادل ۵۰٪ ظرفیت مزرعه) و سوپرچاذب در چهار سطح به میزان ۰، ۲، ۴ و ۶ گرم در هر کیلوگرم خاک بود. در هر گلدان ۱۰ عدد بذر در عمق ۲ سانتی‌متری کاشته شد. برای اعمال تنش خشکی، نمونه‌هایی از خاک مورد نظر با بافت لوم رسی، اسیدیته ۷/۵۸، هدایت الکتریکی ۴/۱ دسی‌زیمنس بر متر انتخاب و با استفاده از دستگاه صفحات فشاری درصد رطوبت وزنی خاک در فشار ۱/۳ اتمسفر، اندازه‌گیری و با توجه به درصد وزنی رطوبت، میزان آبیاری برای هر تنش تعیین گردید (بای‌بوردی، ۱۳۷۲). اعمال تنش خشکی به مدت چهار هفته تا مرحله ده برگی بر روی آنها انجام شد. گلدان‌ها روزانه توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم وزن گردید و کنترل سطوح خشکی بصورت وزنی انجام شد. بعد از مرحله استقرار گیاهچه، میزان درصد رویش بصورت روزانه محاسبه و بعد نمونه‌های گیاهی برداشت و طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، تعداد برگ، سطح برگ، وزن خشک ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه، وزن خشک برگ، وزن خشک گیاهچه و کارایی مصرف آب اندازه‌گیری شد.

در این آزمایش درصد رویش، میانگین مدت سبزشدن و سرعت رویش با استفاده از معادله‌های زیر محاسبه شد: (Baskin, 1998).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر تنش خشکی و سوپرژاذب بر صفات مورد مطالعه گیاهچه استبرق (*Calotropis.p*)

کارایی مصرف آب (gr/lit)	وزن خشک گیاهچه (gr)	وزن خشک برگ (gr)	وزن خشک ریشه (gr)	وزن خشک ساقه (gr)	سطح برگ (cm <sup>2</sup> )	تعداد برگ	طول ریشه به طول ساقه	طول ریشه (cm)	طول ساقه (cm)	میانگین مدت رویش (dav)	سرعت رویش (E/day)	درصد رویش (%)	درجه آزادی	منابع تغییرات
۰/۰۲ns	۰/۶ns	۰/۲ns	۰/۲۶ns	۰/۰۵ns	۱۴/۵ns	۸/۸ns	۰/۹۳ns	۶/۹ns	۱۲/۶n	۰/۴vns	۰/۰۰۳ns	۴۱۱/۶ns	۱۱	تکرار
۰/۰۳**	۰/۴۳*	۰/۲**	۰/۱**	۰/۱**	۱۷/۰**	۷/۷**	۰/۴۸**	۱۲/۹**	۲/۶**	۱/۴۵**	۰/۰۱۱**	۱۰۶۸/۰**	۲	خشکی
۰/۰۷**	۱/۵**	۰/۷**	۰/۸**	۰/۰۱*	۳۸/۰**	۲۶/۹**	۳/۰۴**	۱۵/۸**	۴۳/۸**	۰/۰۲۷*	۰/۰۰۰۱*	۶۶۱/۱**	۳	سوپرژاذب
۰/۰۰۴**	۰/۱۸*	۰/۱*	۰/۰۲*	۰/۰۴**	۱/۹**	۰/۲۲*	۰/۰۳۲*	۰/۴۷**	۰/۳۲*	۰/۳۷*	۰/۰۰۲*	۶۸/۰*	۶	اثر متقابل
۰/۰۰۰۸	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۰۶	۰/۰۰۳	۰/۳	۰/۴	۰/۰۰۷	۰/۱	۰/۱	۰/۱۱	۰/۰۰۱	۵۴/۴	۶۰	خطا
۱۵/۵۷	۹/۹	۲۱/۹	۱۱/۶	۹/۰	۸/۷	۸/۹	۵/۳۷	۲/۵۹	۳/۹	۹/۸۴	۱۰/۷	۸/۲		ضریب تغییرات

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

جدول ۲- میانگین برهم کنش سطوح مختلف خشکی و سوپرژاذب بر درصد رویش

میانگین	۶gr/kg	۴gr/kg	۲gr/kg	شاهد (۰)	سوپرژاذب	
					خشکی	
۹۶/۲a	۹۵ab	۹۳/۳ac	۱۰۰a	۹۶/۶ a	سطح ۱ (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)	
۹۰.b	۸۰.cd	۸۶/۶bd	۱۰۰a	۹۳/۳ac	سطح ۲ (۷۵ درصد ظرفیت زراعی)	
۸۲/۹c	۷۵e	۸۰.de	۹۱/۶ac	۸۵cd	سطح ۳ (۵۰ درصد ظرفیت زراعی)	
	۸۳/۳c	۸۶/۶c	۹۷/۲a	۹۱/۶b	میانگین	

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ردیف و ستون اختلاف معنی داری ندارند (دانکن ۵٪).

## سرعت رویش

سرعت رویش با تیمار خشکی در سطح یک درصد معنی دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش سطوح خشکی سرعت رویش کاهش یافت، به طوری که از ۰/۲۸ به ۰/۱۶ گیاهچه در روز رسید. تأثیر تیمار سوپرچاذب بر سرعت رویش در سطح پنج درصد معنی دار بود. مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش مقادیر سوپرچاذب در خاک، سرعت رویش از ۰/۲ به ۰/۲۱ گیاهچه در روز افزایش یافت. اثر متقابل سوپرچاذب و خشکی بر سرعت رویش در سطح پنج درصد معنی دار بود (جدول ۱). به طوری که بیشترین میزان سرعت رویش در تیمار ۶ گرم سوپرچاذب در کیلوگرم خاک و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی بدست آمد (جدول ۳). میانگین مدت زمان رویش

میانگین مدت زمان رویش بطور معنی داری تحت تأثیر میزان خشکی قرار گرفت (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش سطوح خشکی میانگین مدت زمان رویش از ۵/۷ روز به ۶/۹ روز افزایش یافت (جدول ۴). تیمار سوپرچاذب در سطح پنج درصد بر میانگین مدت زمان رویش معنی دار بود. با افزایش غلظت سوپرچاذب در خاک، میانگین مدت زمان رویش کاهش یافت، به طوری که از ۶/۸ به ۵/۸ روز رسید. اثر متقابل سوپرچاذب و خشکی بر میانگین مدت زمان رویش در سطح پنج درصد معنی دار گردید (جدول ۱). حداکثر میانگین مدت زمان رویش در تیمار ۴ گرم سوپرچاذب در کیلوگرم خاک و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و کمترین میانگین مدت زمان رویش در تیمار ۶ گرم سوپرچاذب در کیلوگرم خاک و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد (جدول ۴).

جدول ۳- میانگین برهم کنش سطوح مختلف خشکی و سوپرچاذب بر سرعت رویش بر حسب گیاهچه در روز

میانگین	۶gr/kg	۴gr/kg	۲gr/kg	شاهد (۰)	سوپرچاذب
					خشکی
۰/۲۸a	۰/۳۳a	۰/۳b	۰/۲۵c	۰/۲۳d	سطح ۱ (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)
۰/۱۸b	۰/۱۶fg	۰/۱۷fg	۰/۱۸f	۰/۲e	سطح ۲ (۷۵ درصد ظرفیت زراعی)
۰/۱۶c	۰/۱۵h	۰/۱۶fg	۰/۱۷fg	۰/۱۸f	سطح ۳ (۵۰ درصد ظرفیت زراعی)
	۰/۲۱۴a	۰/۲۱۲b	۰/۲۰b	۰/۲۰b	میانگین

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ردیف و ستون اختلاف معنی داری ندارند (دانکن ۵٪).

جدول ۴- میانگین برهم کنش سطوح مختلف خشکی و سوپرچاذب بر میانگین مدت زمان رویش بر حسب روز

میانگین	۶gr/kg	۴gr/kg	۲gr/kg	شاهد (۰)	سوپرچاذب
					خشکی
۵/۷c	۴/۸h	۵/۲g	۶f	۷ab	سطح ۱ (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)
۶/۱b	۶/۲ef	۶/۷c	۵/۴g	۶/۲ef	سطح ۲ (۷۵ درصد ظرفیت زراعی)
۶/۹a	۶/۵c	۷/۳a	۶/۴de	۷/۱ab	سطح ۳ (۵۰ درصد ظرفیت زراعی)
	۵/۸c	۶/۴b	۵/۹c	۶/۸a	میانگین

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ردیف و ستون اختلاف معنی داری ندارند (دانکن ۵٪).

## طول ساقه

طول ساقه با تیمار خشکی در سطح پنج درصد معنی دار

شد (جدول ۱). مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش سطوح خشکی، طول ساقه کاهش یافت، به طوری که از ۸/۷

به ۸/۲ سانتی‌متر رسید (جدول ۵). تیمار سوپر جاذب در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش مقادیر سوپر جاذب در خاک، طول ساقه افزایش یافت، به طوری که از ۶/۵ به ۱۰/۲ سانتی‌متر رسید (جدول ۵). در این مطالعه، طول ساقه تحت تأثیر برهم‌کنش سوپر جاذب و خشکی قرار گرفت و در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). بیشترین طول ساقه در تیمار ۶ گرم سوپر جاذب در کیلوگرم خاک و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی حاصل گردید (جدول ۵).

طول ریشه

باتوجه به جدول ۱، خشکی اثر بسیار معنی‌داری بر طول ریشه داشت. مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش سطوح

خشکی طول ریشه از ۱۲/۰۲ سانتی‌متر به ۱۳/۴ سانتی‌متر افزایش پیدا کرد (جدول ۶). تیمار سوپر جاذب در سطح یک درصد بر طول ریشه معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش سوپر جاذب، طول ریشه از ۱۱/۳ سانتی‌متر به ۱۳/۵ سانتی‌متر افزایش یافت (جدول ۶). در این مطالعه طول ریشه تحت تأثیر برهم‌کنش سوپر جاذب و خشکی قرار گرفت و در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). بیشترین طول ریشه در تیمار ۶ گرم سوپر جاذب در کیلوگرم خاک و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و کمترین این میزان در عدم کاربرد سوپر جاذب و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی مشاهده گردید (جدول ۶).

جدول ۵- میانگین برهم‌کنش سطوح مختلف خشکی و سوپر جاذب بر طول ساقه بر حسب سانتی‌متر

میانگین	۶gr/kg	۴gr/kg	۲gr/kg	شاهد (۰)	سوپر جاذب
					خشکی
۸/۷a	۱۰/۳a	۹/۵b	۸/۱d	۶/۸f	سطح ۱ (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)
۸/۱b	۱۰/۲a	۸/۴cd	۷/۴e	۶/۵gf	سطح ۲ (۷۵ درصد ظرفیت زراعی)
۸/۲b	۱۰/۰a	۸/۸c	۷/۶e	۶/۳g	سطح ۳ (۵۰ درصد ظرفیت زراعی)
	۱۰/۲a	۸/۹b	۷/۷c	۶/۵d	میانگین

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ردیف و ستون اختلاف معنی‌داری ندارند (دانکن ۵٪).

جدول ۶- میانگین برهم‌کنش سطوح مختلف خشکی و سوپر جاذب بر طول ریشه بر حسب سانتی‌متر

میانگین	۶gr/kg	۴gr/kg	۲gr/kg	شاهد (۰)	سوپر جاذب
					خشکی
۱۲/۰۲b	۱۲/۸d	۱۲/۴d	۱۱/۷e	۱۱/۲f	سطح ۱ (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)
۱۲/۲b	۱۳/۳c	۱۲/۶d	۱۱/۹e	۱۱/۰f	سطح ۲ (۷۵ درصد ظرفیت زراعی)
۱۳/۴a	۱۴/۵a	۱۳/۸b	۱۳/۴bc	۱۱/۸e	سطح ۳ (۵۰ درصد ظرفیت زراعی)
	۱۳/۵a	۱۲/۹b	۱۲/۳c	۱۱/۳d	میانگین

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ردیف و ستون اختلاف معنی‌داری ندارند (دانکن ۵٪).

نسبت طول ریشه به ساقه

نسبت طول ریشه به ساقه نیز بطور معنی‌داری تحت تأثیر میزان خشکی قرار گرفت (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش سطوح خشکی، این نسبت

از ۱/۴ به ۱/۷ افزایش یافت (جدول ۷). تیمار سوپر جاذب در سطح یک درصد بر نسبت طول ریشه به ساقه معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش مقادیر سوپر جاذب، این نسبت از ۱/۰۳ به ۲/۰۳ افزایش

یافت (جدول ۷). اثر متقابل سوپرچاذب و خشکی بر این نسبت در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول ۱). البته حداکثر نسبت طول ریشه به ساقه در سطح ۶ گرم سوپرچاذب در کیلوگرم خاک و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد (جدول ۷).

تعداد برگ  
تعداد برگ نیز بطور معنی‌داری تحت تأثیر میزان خشکی قرار گرفت (جدول ۱). مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش سطوح خشکی تعداد برگ کاهش یافت، به طوری که از ۷/۹ به ۶/۹ عدد رسید (جدول ۸). تیمار سوپرچاذب در ۷/۹ به ۶/۹ عدد رسید (جدول ۸). تیمار سوپرچاذب در

سطح یک درصد بر تعداد برگ معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش مقادیر سوپرچاذب تعداد برگ افزایش یافت، به طوری که از ۵/۹ به ۸/۸ عدد رسید (جدول ۸). اثر متقابل تیمار سوپرچاذب و تنش خشکی بر روی تعداد برگ در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول ۱). بیشترین میزان تعداد برگ در تیمار سطح ۶ گرم سوپرچاذب در کیلوگرم خاک و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی حاصل گردید و کمترین میزان تعداد برگ در تیمار عدم کاربرد سوپرچاذب و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد (جدول ۸).

جدول ۷- میانگین برهم‌کنش سطوح مختلف خشکی و سوپرچاذب بر طول ریشه به ساقه

میانگین	۶gr/kg	۴gr/kg	۲gr/kg	شاهد (۰)	سوپرچاذب	
					خشکی	
۱/۴c	۱/۸c	۱/۵e	۱/۲g	۱/۰h	سطح ۱ (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)	
۱/۵b	۲/۰b	۱/۷d	۱/۴f	۱/۰h	سطح ۲ (۷۵ درصد ظرفیت زراعی)	
۱/۷a	۲/۳a	۱/۸c	۱/۵e	۱/۱g	سطح ۳ (۵۰ درصد ظرفیت زراعی)	
	۲/۰۳a	۱/۷b	۱/۴c	۱/۰۳d	میانگین	

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ردیف و ستون اختلاف معنی‌داری ندارند (دانکن ۵٪).

جدول ۸- میانگین برهم‌کنش سطوح مختلف خشکی و سوپرچاذب بر تعداد برگ

میانگین	۶gr/kg	۴gr/kg	۲gr/kg	شاهد (۰)	سوپرچاذب	
					خشکی	
۷/۹a	۹/۵a	۸/۶b	۷/۳c	۶/۳de	سطح ۱ (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)	
۷/۰b	۸/۵b	۷/۵c	۶/۴ed	۵/۸e	سطح ۲ (۷۵ درصد ظرفیت زراعی)	
۶/۹b	۸/۳b	۷/۱cd	۶/۵ed	۵/۷e	سطح ۳ (۵۰ درصد ظرفیت زراعی)	
	۸/۸a	۷/۷b	۶/۷c	۵/۹d	میانگین	

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ردیف و ستون اختلاف معنی‌داری ندارند (دانکن ۵٪).

### سطح برگ

باتوجه به جدول ۱، خشکی اثر معنی‌داری بر سطح برگ داشت (جدول ۱). مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش سطوح خشکی، سطح برگ از ۷/۲ سانتی‌متر مربع به ۵/۵ سانتی‌متر مربع کاهش پیدا کرد (جدول ۹). سطح برگ با تیمار سوپرچاذب در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۹). تیمار سوپرچاذب در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). بیشترین میزان سطح برگ در تیمار

۱. مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش مقادیر سوپرچاذب در خاک سطح برگ افزایش یافت، به طوری که از ۴/۸ سانتی‌متر مربع به ۸/۲ سانتی‌متر مربع رسید (جدول ۹). در این مطالعه سطح برگ تحت تأثیر برهم‌کنش سوپرچاذب و خشکی قرار گرفت و در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). بیشترین میزان سطح برگ در تیمار

۶ گرم سوپر جاذب در کیلوگرم خاک و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی حاصل گردید. کمترین تعداد برگ در تیمار عدم کاربرد سوپر جاذب و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد (جدول ۹).

#### وزن خشک ساقه

تأثیر تنش خشکی در سطح یک درصد بر وزن خشک ساقه معنی دار گردید (جدول ۱). با افزایش سطوح خشکی وزن خشک ساقه کاهش یافت، به طوری که از ۰/۷۱ گرم به ۰/۵۴ گرم رسید (جدول ۱۰). با توجه به جدول ۱، تأثیر

سوپر جاذب بر وزن خشک ساقه چه معنی دار بود. مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش سطوح سوپر جاذب وزن خشک ساقه افزایش یافت، به طوری که از ۰/۶ به ۰/۶۴ گرم رسید. اثر متقابل سوپر جاذب و تنش خشکی بر وزن خشک ساقه در سطح یک درصد معنی دار گردید (جدول ۱). به نحوی که بیشترین وزن خشک ساقه مربوط به تیمار سوپر جاذب در سطح ۶ گرم سوپر جاذب در کیلوگرم خاک و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی گزارش گردید (جدول ۱۰).

جدول ۹- میانگین برهم کنش سطوح مختلف خشکی و سوپر جاذب بر سطح برگ بر حسب سانتی متر مربع

میانگین	۶gr/kg	۴gr/kg	۲gr/kg	شاهد (۰)	سوپر جاذب
					خشکی
۷/۲a	۹/۷a	۷/۷b	۶/۱dc	۵/۲ef	سطح ۱ (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)
۶/۱b	۸/۲b	۵/۹ed	۵/۵ed	۴/۷gf	سطح ۲ (۷۵ درصد ظرفیت زراعی)
۵/۵c	۶/۷c	۵/۶ed	۵/۳ef	۴/۴g	سطح ۳ (۵۰ درصد ظرفیت زراعی)
	۸/۲a	۶/۴b	۵/۶c	۴/۸d	میانگین

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ردیف و ستون اختلاف معنی داری ندارند (دانکن ۵٪).

جدول ۱۰- میانگین برهم کنش سطوح مختلف خشکی و سوپر جاذب بر وزن خشک ساقه بر حسب گرم

میانگین	۶gr/kg	۴gr/kg	۲gr/kg	شاهد (۰)	سوپر جاذب
					خشکی
۰/۷۱a	۰/۷۹a	۰/۷۹a	۰/۶۷b	۰/۵۷c-e	سطح ۱ (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)
۰/۶۰b	۰/۶۱b-d	۰/۵۴de	۰/۶۳bc	۰/۶۳bc	سطح ۲ (۷۵ درصد ظرفیت زراعی)
۰/۵۴c	۰/۵۳ef	۰/۵۹c-e	۰/۴۷f	۰/۵۹c-e	سطح ۳ (۵۰ درصد ظرفیت زراعی)
	۰/۶۴a	۰/۶۴a	۰/۶b	۰/۶b	میانگین

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ردیف و ستون اختلاف معنی داری ندارند (دانکن ۵٪).

#### وزن خشک ریشه

با توجه به جدول ۱، خشکی اثر معنی داری بر وزن خشک ریشه داشت. با افزایش میزان خشکی، وزن خشک ریشه به طور معنی داری افزایش یافت (جدول ۱۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش خشکی وزن خشک ریشه از ۰/۶۴ گرم به ۰/۸ گرم افزایش یافت (جدول ۱۱). تیمار سوپر جاذب در سطح یک درصد بر وزن خشک ریشه معنی دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین نشان داد که با

افزایش سطوح سوپر جاذب، وزن خشک ریشه از ۰/۴۸ گرم به ۰/۹۸ گرم افزایش یافت (جدول ۱۱). اثر متقابل تیمار تنش خشکی و سوپر جاذب بر وزن خشک ریشه در سطح پنج درصد معنی دار گردید (جدول ۱). به طوری که بیشترین وزن خشک ریشه در تیمار ۶ گرم سوپر جاذب در کیلوگرم خاک و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده گردید (جدول ۱۱).



## وزن خشک برگ

وزن خشک برگ نیز به طور معنی داری تحت خشکی قرار گرفت (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش تیمار خشکی وزن خشک برگ از ۰/۹۶ گرم به ۰/۸۴ گرم کاهش یافت (جدول ۱۲). تیمار سوپرچاذب در سطح یک درصد بر وزن خشک برگ معنی دار بود (جدول ۱). به طوری که با افزایش غلظت سوپرچاذب در خاک تا سطح ۴ گرم در کیلوگرم خاک، وزن خشک برگ

افزایش و از سطح ۴ به ۶ گرم در کیلوگرم وزن خشک رسید و روند کاهشی داشت (جدول ۱۲). اثر متقابل تیمار سوپرچاذب و تنش خشکی بر وزن خشک برگ در سطح پنج درصد معنی دار گردید (جدول ۱). بیشترین وزن خشک برگ در تیمار ۴ گرم سوپرچاذب در کیلوگرم خاک و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی حاصل شد (جدول ۱۲).

جدول ۱۱- میانگین برهم کنش سطوح مختلف خشکی و سوپرچاذب بر وزن خشک ریشه بر حسب گرم

میانگین	۶gr/kg	۴gr/kg	۲gr/kg	شاهد (۰)	سوپرچاذب خشکی
۰/۶۴b	۰/۹۳b	۰/۶۲de	۰/۵۵e	۰/۴۵f	سطح ۱ (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)
۰/۶۵b	۰/۹b	۰/۷۹c	۰/۵۶e	۰/۳۸f	سطح ۲ (۷۵ درصد ظرفیت زراعی)
۰/۸۰a	۱/۱a	۰/۷۸c	۰/۷۱cd	۰/۶۲cd	سطح ۳ (۵۰ درصد ظرفیت زراعی)
	۰/۹۸a	۰/۷۳b	۰/۶۱c	۰/۴۸d	میانگین

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ردیف و ستون اختلاف معنی داری ندارند (دانکن ۵٪).

جدول ۱۲- میانگین برهم کنش سطوح مختلف خشکی و سوپرچاذب بر وزن خشک برگ بر حسب گرم

میانگین	۶gr/kg	۴gr/kg	۲gr/kg	شاهد (۰)	سوپرچاذب خشکی
۰/۹۶a	۰/۷۷de	۱/۴a	۰/۹۹bc	۰/۶۹ed	سطح ۱ (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)
۰/۷۸b	۰/۵۹e	۰/۸۶cd	۰/۹۲b-d	۰/۷۵cd	سطح ۲ (۷۵ درصد ظرفیت زراعی)
۰/۸۴b	۰/۷۱ed	۱/۰۹b	۰/۸۵cd	۰/۷۳de	سطح ۳ (۵۰ درصد ظرفیت زراعی)
	۰/۶۹c	۱/۱۲a	۰/۹۲b	۰/۷۲c	میانگین

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ردیف و ستون اختلاف معنی داری ندارند (دانکن ۵٪).

## وزن خشک گیاهچه

با توجه به جدول ۱، خشکی اثر معنی داری بر وزن خشک گیاهچه داشت. مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش تنش خشکی، وزن خشک گیاهچه از تیمار ۱۰۰ به ۷۵ درصد ظرفیت زراعی کاهش (از ۲/۳ به ۲/۰۵ گرم رسید) و از تیمار ۷۵ به ۵۰ درصد ظرفیت زراعی افزایش (از ۲/۰۵ به ۲/۲ گرم رسید) یافت. وزن خشک گیاهچه با تیمار سوپرچاذب در سطح یک درصد معنی دار شد (جدول

۱). با افزایش غلظت سوپرچاذب وزن خشک گیاهچه به طور محسوسی از سطح شاهد به سطح ۴ گرم سوپرچاذب در کیلوگرم افزایش یافت و از ۱/۸ به ۲/۵ گرم رسید و از سطح ۴ به ۶ گرم سوپرچاذب در کیلوگرم خاک کاهش یافت و از ۲/۵ به ۲/۳ گرم رسید (جدول ۱۳). اثر متقابل سوپرچاذب و تنش خشکی بر وزن خشک گیاهچه در سطح پنج درصد معنی دار گردید (جدول ۱). البته بیشترین وزن خشک گیاهچه، در تیمار ۴ گرم سوپرچاذب در کیلوگرم

خاک و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی گزارش شد (جدول ۱۳).

#### کارایی مصرف آب

تأثیر تیمار خشکی بر کارایی مصرف آب در سطح یک درصد معنی دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش سطوح خشکی، بازده مصرف آب کاهش یافت، به طوری که از ۰/۲۲ به ۰/۱۵ رسید (جدول ۱۴). تأثیر تیمار سوپرچاذب نیز در سطح یک درصد بر بازده مصرف

آب معنی دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش مقادیر سوپرچاذب در خاک، بازده مصرف آب از ۰/۱۱ به ۰/۲۶ گرم بر لیتر رسید (جدول ۱۴). در این مطالعه بازده مصرف آب تحت تأثیر برهم‌کنش سوپرچاذب و خشکی قرار گرفت و در سطح یک درصد معنی دار شد (جدول ۱). بالاترین بازده مصرف آب در تیمار ۶ گرم سوپرچاذب در کیلوگرم و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد.

جدول ۱۳- میانگین برهم‌کنش سطوح مختلف خشکی و سوپرچاذب بر وزن خشک گیاهچه بر حسب گرم

میانگین	۶gr/kg	۴gr/kg	۲gr/kg	شاهد (۰)	سوپرچاذب
					خشکی
۲/۳a	۲/۵b	۲/۸a	۲/۲de	۱/۷۲g	سطح ۱ (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)
۲/۰۵b	۲/۱dc	۲/۲dc	۲/۱de	۱/۷۷fg	سطح ۲ (۷۵ درصد ظرفیت زراعی)
۲/۲a	۲/۳cd	۲/۴bc	۲/۰۳ef	۱/۹ef	سطح ۳ (۵۰ درصد ظرفیت زراعی)
	۲/۳b	۲/۵a	۲/۱c	۱/۸d	میانگین

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ردیف و ستون اختلاف معنی‌داری ندارند (دانکن ۵٪).

جدول ۱۴- میانگین برهم‌کنش سطوح مختلف خشکی و سوپرچاذب بر بازدهی مصرف آب بر حسب گرم بر لیتر

میانگین	۶gr/kg	۴gr/kg	۲gr/kg	شاهد (۰)	سوپرچاذب
					خشکی
۰/۲۲a	۰/۳۳a	۰/۲۲c	۰/۲de	۰/۱۳gh	سطح ۱ (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)
۰/۱۸b	۰/۲۷b	۰/۲۱cd	۰/۱۵fg	۰/۱۱h	سطح ۲ (۷۵ درصد ظرفیت زراعی)
۰/۱۵c	۰/۱۸e	۰/۱۷ef	۰/۱۳gh	۰/۱۰h	سطح ۳ (۵۰ درصد ظرفیت زراعی)
	۰/۲۶a	۰/۲b	۰/۱۶c	۰/۱۱d	میانگین

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ردیف و ستون اختلاف معنی‌داری ندارند (دانکن ۵٪).

#### بحث

تنش خشکی زمانی در گیاه حادث می‌شود که میزان آب دریافتی گیاه کمتر از تلفات آن باشد. این امر ممکن است بعلافت اتلاف بیش از حد آب یا کاهش جذب و یا وجود هر دو مورد باشد (علیزاده، ۱۳۸۰). تیمار خشکی صفات گیاهچه استبرق (*C. procera* L.) را که سازگار با مناطق خشک می‌باشد به طور معنی‌داری کاهش داد. اگرچه استبرق

(*C. procera* L.) یک گیاه سازگار با شرایط خشک می‌باشد اما در مرحله جوانه‌زنی به تنش خشکی حساس است، به طوری که تنش خشکی کلیه صفات گیاهچه را به طرز معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد. نتیجه بدست آمده با نتایج Younis و همکاران (۱۹۶۳) که نشان دادند تنش خشکی باعث کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی به ترتیب در گیاهان یونجه (*Medicago sativa* L.) و استبرق

ساقه‌ها می‌باشد. پهلوان‌پور (۱۳۷۶) و تقوایی و توکل افشاری (۱۳۸۷) نتایج مشابهی را در مطالعه گونه‌های مختلف یونجه مشاهده کردند. این مطالعه حکایت از کاهش وزن خشک تمام اندام‌های گیاه در اثر تنش خشکی داشت. کاهش جذب مواد غذایی از خاک بوسیله ریشه به‌طور مستقیم به دسترسی ریشه‌ها به آب بستگی دارد. کمبود آب در خاک جذب مواد غذایی را برای تولید بیشتر در اندام هوایی محدود می‌نماید؛ که با نتایج حاصل از تحقیقات حسینی (۱۳۸۴) در مورد گیاهان ماریتیغال، ریحان و شنبلیله مطابقت می‌کند.

از برخی خصوصیات خاک می‌توان به جذب و نگهداری آب و ذخیره کاتیون‌های قابل تبادل اشاره نمود. پلیمرهای سوپرچاذب با بالا بردن نگهداری آب در خاک شرایط بهتری برای رشد و نمو گیاه به‌ویژه در شرایط تنش خشکی فراهم می‌کنند (کوچک‌زاده و همکاران، ۱۳۷۹).

نتایج آزمایش نشان داد که درصد رویش و سرعت رویش با افزایش سطوح سوپرچاذب افزایش یافت (جدول‌های ۲ و ۳). سرعت رویش در زمانی که پلیمرهای آب‌دوست به خاک اضافه شوند بدلیل افزایش آب قابل دسترس افزایش می‌یابد. Peterson (۲۰۰۲) گزارش کرد که کاربرد پلیمر سوپرچاذب مخلوط شده با خاک به جوانه‌زنی جو و گندم و کاهو کمک می‌کند اما مصرف سطوح بالای هیدروژل مخلوط شده با خاک از جوانه‌زنی کاهو می‌کاهد. بذر گوجه‌فرنگی در اختلاط با هیدروژل با سرعت بیشتری جوانه می‌زند. اضافه کردن پلیمر سوپرچاذب به خاک، سرعت جوانه‌زنی درختان کاشته شده در سودان را افزایش نداد اما به‌طور معنی‌داری بقاء درختان جوانه‌زده را ۴۰ درصد افزایش داد. در باقلا هنگامی که بذر با هیدروژل پوشیده شده بود سرعت جوانه‌زنی کاهش پیدا کرد. مقدار معین از پلیمر سوپرچاذب سرعت جوانه‌زنی را افزایش می‌دهد، در حالی‌که با افزایش مقدار پلیمر سوپرچاذب، جوانه‌زنی متوقف می‌شود. نتایج بدست آمده نیز با نتایج طلایی و همکاران (۱۳۸۸) و پوراسماعیل و همکاران (۱۳۸۹) مطابقت داشت. همچنین نتایج این آزمایش نشان

می‌گردد، مطابقت دارد. کاهش درصد جوانه‌زنی و رشد گیاهچه در شرایط تنش خشکی می‌تواند ناشی از تجزیه‌کننده مواد آندوسپرم لپه‌ها یا انتقال‌کننده مواد تجزیه‌شده به گیاهچه باشد. یکی از نشانه‌های کمبود آب، کاهش تورژسانس و در نتیجه رشد و توسعه سلول به‌ویژه در ساقه و برگ‌هاست. به همین دلیل اولین اثر محسوس کم‌آبی را می‌توان از اندازه کوچک‌تر برگ‌ها یا ارتفاع گیاهان تشخیص داد. بدنبال کاهش سطح برگ، جذب نور نیز کم شده و باعث کاهش ظرفیت کل فتوسنتزی گیاه شده و رشد و در نهایت عملکرد آن دچار نقصان می‌شود (Hassani, 2006). همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که طول ساقه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه، وزن خشک برگ و وزن خشک گیاهچه با افزایش میزان تنش خشکی کاهش می‌یابد (جدول‌های ۵، ۱۰، ۱۲ و ۱۳) که نتایج حاصل با نتایج سایر محققان نظیر کافی و همکاران (۱۳۸۴) و تقوایی و توکل افشاری (۱۳۸۷) که نشان دادند با کاهش قابلیت آب طول ساقه‌چه و وزن خشک گیاهچه کاهش می‌یابد، مطابقت دارد. به‌طوری‌که از علل کاهش طول ساقه‌چه در شرایط تنش خشکی، کاهش و یا قطع انتقال مواد غذایی از لپه‌ها به جنین گزارش شده است.

علاوه بر این، کاهش جذب آب توسط بذر در شرایط تنش باعث کاهش ترشح هورمون و فعالیت آنزیم‌ها و در نتیجه اختلال در رشد گیاهچه می‌شود. اما با افزایش تنش خشکی طول ریشه افزایش یافت (جدول ۶). خشکی بر جنبه‌های مختلف رشد گیاه تأثیر گذاشته و موجب کاهش و به تأخیر انداختن جوانه‌زنی، کاهش رشد اندام‌های هوایی و کاهش تولید ماده خشک می‌گردد (رمضانی گسگ و همکاران، ۱۳۸۷ و بذرافکن، ۱۳۹۰). در صورتی‌که شدت تنش آب زیاد باشد، موجب کاهش شدید فتوسنتز و مختل شدن فرایندهای فیزیولوژیک، توقف رشد و سرانجام مرگ گیاه می‌شود (Singh & Afria, 1985).

در این آزمایش، با افزایش شدت تنش خشکی، نسبت طول ریشه به ساقه افزایش یافت (جدول ۷). که این تفاوت احتمالاً بعلت زیاد بودن کربوهیدرات در ریشه‌ها نسبت به

باعث کاهش رشد گیاه و همچنین به تأخیر انداختن جوانه‌زنی می‌شود. تنش خشکی باعث کاهش طول ریشه و ایجاد کوتولگی در گیاهان می‌شود که پلیمرها با کاهش اثر تنش خشکی مانع این پدیده خواهند شد. بدنبال کاهش رشد گیاه، کاهش عملکرد و بیوماس کل گیاه اتفاق می‌افتد (Hassani, 2006). در نهایت می‌توان گفت تمامی فرایندهای مهم مانند تغذیه، فتوسنتز، باز و بسته شدن روزنه‌ها و رشد و نمو تحت تأثیر آب هستند.

زوال پوشش گیاهی یکی از فرایندهایی است که به شکل وسیع در جهان سبب بیابان‌زایی می‌شود. با احیا و توسعه پوشش گیاهی امکان حفاظت از تنوع زیستی فراهم می‌شود. هدف از تکثیر گیاه استبرق (*C. procera* L) احیای مناطق خشک و بیابانی است. یکی از مهمترین عوامل محدودکننده موفقیت در استقرار گیاهچه استبرق (*C. procera* L) بخصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک، کمبود رطوبت موجود در خاک است. بطور کلی پلیمرهای سوپرجاذب با افزایش نگهداری آب خاک می‌توانند در تأخیر انداختن تنش رطوبتی در گیاهان مؤثر باشند. پلیمرها همچنین با بهبود شرایط فیزیکی خاک باعث رشد بهتر ریشه در جهت جذب بیشتر آب خواهند شد؛ پلیمرها باعث تراکم ریشه و افزایش ریشه‌های فرعی می‌شوند (Huttermann et al., 1999)؛ که این موضوع با یافته‌های بدست آمده مطابقت داشت. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد سوپرجاذب در خاک باعث افزایش عملکرد گیاه و صرفه‌جویی در میزان مصرف آب می‌شود. در نتیجه کاربرد این مواد در مناطق کم آب می‌تواند در کاهش اثرات سوء ناشی از تنش خشکی مؤثر باشد. با توجه به نتایج مثبت بدست آمده از کاربرد هیدروژل‌های سوپرجاذب در این تحقیق، می‌توان پیشنهاد داد که امکان استفاده بهینه از آب در نتیجه کاربرد سوپرجاذب‌ها وجود دارد. در اکوسیستم‌های خشک و نیمه‌خشک، بارش در اوایل فصل می‌باشد و مقدار قابل توجهی از آن بصورت آب‌های جاری از دسترس گیاه خارج شده و مقدار اندکی در خاک ذخیره می‌شود که این مقدار با افزایش درجه حرارت بسرعت تبخیر شده و از دسترس گیاه

داد که با افزودن مقادیر سوپرجاذب در خاک، میانگین مدت زمان جوانه‌زنی و سبز شدن کاهش می‌یابد. از پلیمرهای سوپرجاذب برای استقرار و رویش مجدد گیاهان یکساله و چندساله در مزرعه استفاده می‌شود. در این مورد گیاهان واکنش‌های متفاوتی در حضور پلیمرهای سوپرجاذب از خود نشان می‌دهند (اله‌دادی، ۱۳۸۱).

در این آزمایش با افزایش مقادیر سوپرجاذب در خاک، طول ساقه، طول ریشه، تعداد برگ، سطح برگ، وزن خشک ساقه، وزن خشک برگ، وزن خشک ریشه و وزن خشک گیاهچه افزایش یافت (جدول‌های ۵، ۶، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲ و ۱۳) که با یافته‌های Silberbush و همکاران (۱۹۹۳) و کریمی و همکاران (۱۳۸۶) مطابقت داشت. در تحقیقات دیگری، اضافه کردن سوپرجاذب به دانه چغندر، جوانه‌زنی و رشد ریشه را در خاک‌های ماسه‌ای بهبود بخشید. با توجه به اثر پلیمر سوپرجاذب بر میزان رطوبت قابل استفاده خاک، کاربرد پلیمر سوپرجاذب به‌طور غیرمستقیم بر میزان تعرق گیاهان تأثیر می‌گذارد. رفیعی (۱۳۸۶) مشاهده کردند که کاربرد پلیمر سوپرجاذب در خاک، میزان کل آب جذب‌شده و فعالیت روزنه‌ها در گیاهان افرا، لوبیای قرمز، ساج استرالیایی و بلوط ابریشمی را افزایش می‌دهد (جدول ۱۳). نتایج این آزمایش نشان داد که با افزایش مقادیر سوپرجاذب در خاک، بازده مصرف آب آبیاری به‌طور محسوسی افزایش و با افزایش سطوح تنش خشکی بازده مصرف آب کاهش یافت (جدول ۱۴). نتیجه بدست آمده با نتایج Berkat و Briske (۱۹۸۲) مطابقت داشت. پلیمرهای سوپرجاذب با جذب و نگهداری آب آبیاری و آزاد کردن تدریجی آن، مدت زمان دسترسی گیاه به رطوبت را افزایش داده و در نتیجه بازده آبیاری افزایش می‌یابد (Huttermann et al., 1999).

اثر تنش خشکی بر رشد، عملکرد و متابولیت‌های ثانویه در مورد همه گیاهان و همچنین در یک گیاه به‌طور یکسان عمل نمی‌کند، بلکه ضد و نقیض می‌باشد. اثر تنش خشکی بر رشد با کاهش تورژسانس و رشد سلول، کاهش جذب نور و ظرفیت کل فتوسنتزی گیاه به‌ویژه در ساقه و برگ‌ها،

- و نگهدارنده رطوبت در خاک جهت افزایش کارایی مصرف آب. خشکی و خشکسالی کشاورزی، ۹: ۷۸-۸۸.
- رفیعی، م.، ۱۳۸۶. تأثیر تنش خشکی بر جوانه زنی بذر و رشد گیاهچه سورگم. علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۴(۵): ۳۵-۴۰.
- رضوانی گسک، م.، تقوایی، م.، مسعودی، م.، ریاحی، ا. و بهبهانی، ن.، ۱۳۸۷. ارزیابی اثرات تنش شوری و خشکی بر جوانه زنی و رشد گیاهچه کور (*Capparis spinosa*). مرتع، ۲(۴): ۴۱۱-۴۲۰.
- طلائی، ع.، اسدزاده، ع.، عسکری، م.، ع. و بهبهانی، م.، ر.، ۱۳۸۸. بررسی تأثیر هیدروژل سوپرچاذب در کاهش تنش خشکی درختان میوه زیتون. همایش ملی بحران آب در کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد، واحد شهرری، ۱۴ آبان: ۸ص.
- علیزاده، ا.، ۱۳۸۰. طراحی سیستم‌های آبیاری. انتشارات قدس رضوی، ایران، ۶۵۵ص.
- کریمی، ا.، نوشادی، م. و احمدزاده، م.، ۱۳۸۶. اثر سوپرچاذب ایگیتا بر روی آب، خاک، رشد گیاه و دوره‌های آبیاری. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۴۰۳-۴۱۴.
- کافی، م.، نظامی، ا.، حسینی، ح. و معصومی، ع.، ۱۳۸۴. اثرات فیزیولوژیک تنش خشکی ناشی از پلی اتیلن گلیکول بر جوانه زنی زوتیپ‌های عدس. پژوهش‌های زراعی ایران، ۳: ۶۹-۸۱.
- کوچک‌زاده، م.، صباغ‌فرشی، ع.، ا. و گنجی خرم‌دل، ن.، ۱۳۷۹. تأثیر پلیمر فراچاذب آب بر روی برخی خصوصیات فیزیکی خاک. علوم خاک و آب، ۱۴(۲): ۱۷۶-۱۸۵.
- ناظم‌السادات، س. م. ج.، ۱۳۷۹. خشکسالی و بارندگی مازاد پاییزه استان فارس و خو زستان و ارتباط آن با پدیده النینو نوسانات جنوبی. اولین کارگاه آموزشی و تخصصی بررسی مسائل خشکسالی استان فارس، ۱۵-۲۶.
- Azzam, R. A. I., 1980. Agricultural polymers: Polyacrylamide preparation, application, and prospects in soil conditioning. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 11(8): 767-834.
- Baskin, O., 1998. Factors Affecting seed germination. *Journal of Arid Environmen*, 3:76-90.
- Berkat, O. and Briske, D. D., 1982. Water potential evaluation three of germination substrates utilizing PEG. *Journal of Agronomy*, 74: 518 – 522.
- El-Keblawy, A. and Hassan, N., 2006. Salinity,

در منطقه ریشه خارج می‌شود. با توجه به نتایج بدست آمده از این تحقیق، پلیمرهای سوپرچاذب باعث افزایش بازده آبیاری و استفاده بهینه از آب در اکوسیستم‌های خشک شده است. این مواد قادر به جذب آب برای مدت زمان طولانی بوده و بتدریج آب را در اختیار ریشه گیاه قرار داده و تأثیر تنش خشکی بر گیاه را کاهش می‌دهد.

### منابع مورد استفاده

- اله‌دادی، ا.، ۱۳۸۱. بررسی تأثیر کاربرد هیدروژل‌های سوپر چاذب در کاهش تنش خشکی در گیاهان. مجموعه مقالات دومین دوره تخصصی-آموزشی کاربرد کشاورزی و صنعتی هیدروژل‌های سوپر چاذب، تهران، ایران، ۲۸ بهمن: ۳۳-۵۵.
- بای‌پوردی، م.، ۱۳۷۲. فیزیک خاک. انتشارات دانشگاه تهران، ایران، ۶۵۸ص.
- بذرافکن، م.، ۱۳۹۰. بررسی اثر خشکی بر جوانه زنی بدر استبرق (*Calotropis procera L.*) و بهبود آستانه تحمل بذر به تنش خشکی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، ۱۰۶ص.
- پوراسماعیل، پ.، حبیبی، د.، توسلی، ا. و مشهدی اکبربوچار، م.، ۱۳۸۹. تأثیر پلیمر سوپر چاذب آب بر روی صفات زراعی و فیزیولوژیکی ارقام مختلف لوبیا قرمز تحت تنش خشکی در شرایط گلخانه‌ای. یازدهمین کنگره بین المللی علوم زراعت و اصلاح نباتات، ایران، ۲-۴ مرداد: ۳ص.
- پهلوان‌پورفرد جهرمی، ع.، ۱۳۷۶. اثرات فیزیولوژیکی شرایط کم آبی (تنش خشکی) بر یونجه‌های یکساله. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم، دانشگاه شیراز.
- تقوایی، م. و توکل افشاری، ر.، ۱۳۸۷. تأثیر آماده‌سازی بر بهبود صفات جوانه زنی بذر ماشک. مرتع، ۲(۱): ۷۸-۸۷.
- حسینی، ع.، ۱۳۸۴. اثر تنش آبی ناشی از پلی اتیلن گلیکول بر خصوصیات جوانه‌زنی گیاه ریحان. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۱: ۵۳۲-۵۴۳.
- حقایقی مقدم، س. ا.، ۱۳۸۲. بررسی امکان استفاده از مواد اصلاحی

- Olivier, F. C. and Annandale, J. G., 1998. Thermal time requirements for the development green pea (*Pisum sativum* L.). *Field Crops Research*, 56: 301-307.
- Peterson, D., 2002. Hydrophilic polymers-effect and uses in the landscape. *Horticulture Science*, 75: 112-119.
- Silberbush, M., Adar , E. and De Malach, Y., 1993. Use of hydrophilic polymer to improve water storage to crops grown in sand dune. *Agriculture water management*. 23:303-313.
- Singh, K. and Afria, B. S., 1985. Seed germination and seedling growth of chickpea (*Cicer arietinum*) under water stress. *Seed Research*,13:1-9.
- Taban, M. and Movahedi Naeini, S. A. R., 2006. Effect of aquasorb and organic compost amendments on soil water retention and evaporation whit different evaporation potentials and soil textures. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 37: 2031-2055.
- Younis, M. A., Stickler, F.C. and Sorensen, E. L., 1963. Reactions of seven alfalfa varieties under simulated mositure stress. *Plant Physiology*, 37: 565-571.
- temperature and light affects see of *Haloxylon Salicornium*: a common plant in sandy habitats Arabian Desert. International Symposium in Drylands Ecology and Human Security, Dubi, United Arab Emirates, 4-7 December.
- Hassani, A., 2006. Effect of water deficit stress on growth, yield and essential oil content of *Dracocephalum moldavica*. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 22(3): 256-261.
- Helalia, A. and Letey, J., 1988. Cationic polymer effects on infiltration rates with a rainfall simulator. *Journal of Soil Science Society of America*, 52: 247-250.
- Huttermann, A., Reise, K. and Zommorodi, M., 1999. Addition of hydrogels to soil for prolonging the survival of pinus halepensis seedlings subjected to drought. *Journal of Soil Tillage Research*, 50: 295-304.
- Huttermann, A., Reise, K., Zommorodi, M. and Wang, S., 1997. The use of hydrogels for afforestation of difficult stands: water and salt stress. In: Zhou, H., and H. Weisgerber, H., (Eds.), *Afforestation in Semi-arid Regions*. Datong, Jinshatan, China, 167-177.

## Effects of superabsorbent polymer on early vigor and wate use efficiency of (*Calotropis procera* L.) seedlings under drought stress

F. Enjavi<sup>1</sup>, M. Taghvaei<sup>2\*</sup>, H. Sadeghei<sup>3</sup> and hassanli<sup>4</sup>

1-Former M.Sc. in Desert Region Management, Department of Desert Region Management, Shiraz University, Iran

2\*-Corresponding author, Associate Professor, Department of Crop Production and Plant Breeding, Shiraz University, Iran, Email: taghvaei@shirazu.ac.ir

3-Associate Professor, Department of Desert Region Management, Shiraz University, Iran

4- Professor, Department of Desert Region management, Shiraz University, Iran

Received: 13/2/2013

Accepted: 9/7/2013

### Abstract

Drought stress is a major constraint in arid and semiarid regions, such as Iran. The application of some soil conditioners, like superabsorbent polymers, could be effective in absorbing seasonal rain and suitable source of water for plant growth during dry seasons. The purpose of this study was to investigate the efficiency of superabsorbent polymers on improvement of *Calotropis procera* L. seedling under drought stress. The experimental design was a factorial arrangement in randomized complete blocks with six replicates. Treatments included drought stress at three levels of 100% fc, 75% fc, 50% fc, as well as superabsorbent polymers at four levels of 0, 2, 4, 6 gr per kg of soil. Emergence percentage, emergence rate, shoot length, root length, leaf number, leaf area, shoot dry weight, root dry weight, leaf dry weight, seedling dry weight and water use efficiency were significantly affected by the interaction of drought and superabsorbent polymer. Our results indicated that under drought stress, high amounts of superabsorbent polymer had significant positive effects on shoot length, root length, leaf area, root dry weight and water use efficiency.

**Keywords:** *Calotropis procera* L, emergence rate, water use efficiency, superabsorbent polymer.