نشریه شمـاره ۱۴، پاییز و زمستان ۱۳۹۸، صفحات ۱۳۳ تا ۱۴۸

نشریه مدیریت بیابـان

www.isadmc.ir

انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران

اثر نسبت‌های مختلف آب دریا بر شاخص‌های جوانه‌زنی و صفات مورفو- فیزیولوژیک استبرق در شرایط آزمایشگاهی و نهالستانی

محمد بهمنی جعفرلو[۱] ، بابک پیله ور[۲*]، محمد مدرسی[۳]، مهدی محمدی[۴]

۱. دانشجوی دکتری تخصصی، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، گروه اکولوژی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران.
۲. دانشیار، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، گروه جنگل داری، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران.
۳. استادیار، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، گروه اصلاح نباتات، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران.
۴. استادیار، پژوهشکدهٔ خلیج فارس، گروه بیوتکنولوژی، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران.
* نویسنده مسئول: Pilehvar.b@lu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۶/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۱۹

چکیده

درختچهٔ استبرق افزون بر کارکردهای بوم شناختی دارای ارزش‌های صنعتی و دارویی ویژه‌ای است. این گیاه به طور گسترده در احیای مناطق خشک و بیابانی جنوب ایران کاشت می شود. در سال‌های گذشته با توجه به کمبود منابع آب شیرین، استفاده از آب دریا به عنوان گزینهٔ آبیاری گیاهان متحمل به شوری مطرح است. در این پژوهش، هدف بررسی کارکرد آب دریا رقیق سازی شده بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر، صفت‌های رویشی و-فیزیولوژیک نهال استبرق است. به این منظور آزمایشی در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرار در دو طرح آزمایشی جداگانه؛ رشد و نهالستانی با نسبت‌های مختلف آب رقیق شدهٔ خلیج فارس شامل صفر، ۱۲/۵، ۲۵ و۵۰٪ انجام شد. نتایج آزمایش جوانه‌زنی نشان داد که با افزایش غلظت آب دریا بیش از ۱۲/۵٪، صفت‌های جوانه‌زنی و شاخص بنیهٔ بذر، کاهش معنی‌داری پیداکردند. همچنین نتایج آزمایش نهالستانی آشکار کرد که سطح غلظت‌های مختلف آب دریا منجر به کاهش صفت‌های رویشی و فیزیولوژیک نهال های استبرق شده است. در غلظت های بیش از ۲۵٪ آب دریا، عملکرد رشد و تبادل‌های‌گازی کاهش بیشتری را نشان داد. در تیمار ۲۵٪، مقادیر زنده‌مانی ۵۵٪، ارتفاع ۱۹/۹ سانتی متر، سطح ویژه برگ ۱۹۰/۷ گرم بر سانتی متر مربع و طول ریشه ۲۲/۵۴ سانتی‌متر و فتوسنتز ۲/۸۳ میکرو مول، تعرق ۰/۴۲ میلی مول، کلروفیل ۲۰/۴۵ و محتوی نسبی برگ ۴۳/۹۵٪ مشاهده شد. از برآیند این پژوهش چنین بر می‌آید که عملکرد جوانه زنی بذرها و رشد نهال‌های گیاه استبرق به ترتیب در سطح‌های مختلف آب دریای کمتر از ۱۲/۵٪ و کمتر از ۲۵٪ مناسب است. بنابراین توصیه می‌شود که محققان و متولیان امر پژوهش گسترده‌تری پیرامون فیزیولوژی تحمل به شوری این گیاه دارویی ارزشمند انجام دهند تا اطلاعات جامع تری برایگسترش جنگل‌کاری حاصل شود.

واژگان کلیدی: بنیه بذر؛ زنده‌مانی؛ فتوسنتز؛ خلیج فارس؛ کشاورزی آب دریا

■ مقدمه

بیش از ۸۰۰ میلیون هکتار از خاک ها و اراضی دنیا معادل حدود ۷ درصد از کل تحت تأثیر شوری هستند (۱۲). ایران در صدر کشورهای تهدید شونده از نظر شوری است، به طوری‌که حجم قابل‌توجهی از منابع آبی کشور نیز، شامل آب‌های زیرزمینی، رودخانه‌ها و دریاها شور هستند. علاوه بر این، منابع آب دریای عمان و خلیج‌فارس را نیز می‌توان به‌عنوان حجم زیادی از منابع آب‌شور کشور به شمار آورد. میانگین مقدار املاح آب خلیج فارس و به ویژه آب‌های استان بوشهر برپایهٔ پایش ۱۰ ساله، به طور میانگین ۴۰ گرم بر لیتر برآورد شده است. آب خلیج فارس به دلیل تبخیر شدید، دارای نمک فراوان است و همچنین مقدار تبخیر تقریبا ۶ برابر مقدار بارندگی و ورودی آب رودخانه‌های منتهی به آن است (۲۴).

شوری پس از خشکی مهم‌ترین تنش غیر زیستی در مناطق خشک و نیمه خشک ایران است. غلظت زیاد شوری، گیاهان را از طریق مختلف تحت تأثیر قرار می‌دهند که می‌توان کمبود آب، سمیت یونی، کمبود عناصر مورد نیاز، تنش اسمزیک، تولید فرآورده های حاصل از مسیرهای ثانویه، تخریب غشاء، کاهش تقسیم سلولی و در نتیجه کاهش رشد و مرگ را اشاره کرد (۲۱، ۳۰، ۳۱ و ۳۲).

استان ساحلی بوشهر، دارای هزاران کیلومتر نوار ساحلی در خلیج فارس، دارای شرایط آب و هوایی گرم و مرطوب است. بنابراین با وجود محدودیت منابع آب شیرین، استفاده بهینه از منابع آب دریا در نواحی ساحلی و اراضی کم‌بازده به‌طورکامل ضروری است که به‌توان علاوه بر احیای و تغییر بوم‌نظام منطقه، موجب توسعه و رونق کشاورزی و منابع طبیعی و دیگر صنایع وابسته شود. از این رو یکی از راهکارهای مهم، پژوهش و توسعه گیاهان بومی و متحمل به شوری در نوار ساحلی جنوب کشور است. درختچه بیابانی استبرق با نام علمی *Calotropis procera* (Aiton) W.T از تیره استبرقیان Asclepiadaceae جزو گیاهان کائوچو می‌باشد که دارای ۲۰۰۰ گونه و بیش از ۲۸۰ جنس که ارتفاع آن ها به ۳ تا ۴ متر می‌رسد (۲۸). استبرق جزو گیاهان CAM[1] و دارای گل های منظم نر – ماده به رنگ سفید ارغوانی و قرمز یا صورتی متمایل به بنفش به طول ۲/۵-۲ سانتی متر و جام گل زنگوله‌ای شکل و گل‌آذین و زمان گل‌دهی آن اسفند و فروردین ماه است. این درختچه بیشتر در نواحی بیابانی و حاره‌ای آسیا و آفریقا گسترش داشته و رشد می‌کند (۳۳).

در ایران استبرق در نقاط نیمه گرمسیری و سواحل دریای عمان از خوزستان تا مکران و بلوچستان تا ارتفاع ۱۱۰۰ متری از سطح دریا پراکنش دارد (۲۹ و ۳۳). استبرق دارای ارزش‌های صنعتی و دارویی زیادی است که در جنگل‌کاری و احیای اراضی تخریب یافته مناطق خشک و بیابانی در جنوب کشور نقش مهمی را ایفا می‌کند (۴، ۵ و ۶). این گیاه دارای موارد کاربرد صنعتی بی‌شمار است که می‌توان به استفاده از الیاف تار بلند ساقه و تارکوتاه میوه در نساجی و پلیمرهای عایق رطوبت، شیرابهٔ آن در علوم دارویی و پزشکی از جمله درمان زخم، سالک و جراحی چشم، پوست تنه به عنوان چوب پنبه و دیگر استفاده صنعتی اشاره کرد. استبرق در کشورهای حوزهٔ خلیج فارس از جمله عربستان سعودی با توجه به کاربری‌های زیاد به عنوان درختچه معجزه آسا[2] شهرت یافته است و جزو اولویت‌های پژوهشی آنها به‌شمار می‌رود (۱۱).

با اینکه در دنیا بررسی‌های زیادی پیرامون فیزیولوژی گیاه استبرق صورت گرفته است اما این پژوهش با گزارش‌های دیگر محققان قبلی متفاوت است و به نوع خود دارای نوآوری می‌باشد. از این رو پژوهش حاضر به منظور درک بیشتر و واقعی‌تر سازوکار شوری حاصل از آب دریا رقیق‌سازی شده خلیج فارس با غلظت‌های مختلف بر رفتار جوانه‌زنی و رشد نهال استبرق در شرایط خاکی و اقلیمی رویشگاه و همچنین نیاز بخش اجرا به توسعه جنگل کاری با این گونه در نوار ساحلی حاشیه خلیج فارس صورت گرفته است.

پژوهش‌های بررسی تأثیر تنش شوری حاصل از نمک کلرید سدیم نشان دادند که نهال‌های استبرق تا سطح

[1] Crassulacean acid metabolism
[2] Miracle Shrub

نمک ۱۶۰ میلی مولار دارای پاسخ رشد و بیوشیمیایی مطلوبی است. در صورتی‌که با افزایش شوری بالای ۱۶۰ و ۳۲۰ میلی‌مولار، پارامترهای بیوشیمیایی گیاه کاهش چشمگیری پیدا کرده است (۱). همچنین پژوهشی دیگر بر روی تأثیر شوری حاصل از نمک کلرید سدیم روی نهال استبرق آشکار کردند که نهال‌های استبرق اگرچه در شوری زیاد ۱۵ دسی زیمنس بر متر زنده‌مانی کمتری دارند، اما تا شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر سازگاری خوبی از نظر اغلبِ ویژگی‌های رویشی، فیزیولوژیک و زنده‌مانی برخوردار است (۶). گزارش‌های انجام گرفته بیانگر این مهم است که درختچه استبرق، تحمل به شوری مناسبی را نشان داده است. این گیاه نیز در مناطق جنوبی ایران با توجه به شرایط سخت محیطی از لحاظ خاک شناسی از جمله بافت‌های سنگین، سبک و دارای ماده آلی کم و همچنین شور و قلیا و از لحاظ اقلیمی دارای بارندگی سالانه حداقل ۳۰ میلی‌متر و تنش‌های دمایی بالا و پایین و همچنین دخل و تصرف متعدد انسانی از جمله قطع و ریشه کن کردن نهال‌ها، چرای مفرط دام‌های محلی، به خوبی رشد می‌کند؛ بنابراین، تمام شواهد بیانگر این مهم است که استبرق، گیاهی موفق و مقاوم در این گونه شرایط محیطی بوده است (۴ و ۱۱).

از این رو پژوهش حاضر با هدف کارایی استفاده از نسبت های مختلف آب دریا رقیق شده بر شاخص جوانه زنی بذر و پاسخ مورفو - فیزیولوژیکی نهال‌های استبرق با رویکرد توسعه پایدار جنگل کاری با استفاده از منابع آب دریا صورت گرفته است.

■ مواد و روش‌ها

جمع آوری بذر

در این بررسی، برای جمع آوری بذر در فصل بذردهی به رویشگاه طبیعی استبرق در منطقه آباد از توابع شهرستان تنگستان با عرض جغرافیایی m ۳۲۱۳۲۰۶ شمالی و طول m ۵۲۳۷۰۳ شرقی و ارتفاع m ۵۸ از سطح دریامراجعه و بازدید میدانی به عمل آمد و سپس میوه‌های تازه استبرق از پایه‌های مادری با تنه سالم و تاج پوشش گسترده جمع‌آوری شدند. قابل ذکر است که به دلیل اینکه میوه‌های این گیاه خیلی زود باز می‌شوند و بذرهای آن توسط باد پخش شده و از دسترس خارج می‌گردد و ما اقدام به برداشت میوه باز نیمه باز شده به عبارتی فولیکول‌های تازه شکاف خورده که طبیعتا حاوی بذرهایی با مقداری رطوبت است نیز گردید. سپس میوه‌ها را درون کیسه های پارچه‌ای قرار داده به‌منظور تعیین برخی مشخصات بذر به آزمایشگاه زیست‌فناوری و محیط‌زیست پژوهشکدهٔ خلیج‌فارس انتقال داده شد. ابتدا الیاف‌های تارکوتاه میوه با روش ساییدن با دست جدا و بوجاری شدند. ویژگی‌های کمی و کیفی بذرها شامل وزن هزار دانه ۸/۴ گرم، رطوبت ۵۲٪، درصد خلوص ۱۰۰٪ و قوه نامیه ۹۵٪ ارزیابی شد (۲).

آزمایش اتاقک رشد[1]

برای انجام این آزمایش، ابتدا بذرهای خالص و یکنواخت را انتخاب و عمل ضدعفونی با قارچ‌کش تیرام کربوکسین[2] با غلظت ۲ ٪ به مدت دو دقیقه صورت گرفت گرفت و سپس بذور سه بار با آب مقطر شستشو داده شدند (۲).

اعمال تنش شوری بر روی بذرها در نسبت‌های مختلف؛ صفر، ۱۲/۵، ۲۵ و ۵۰٪ آب دریا با مخلوط‌کردن نسبت های مختلف آب دریای استریل شده با اشعه UV و آب مقطر توسط دستگاه شوری سنج انجام‌شد (جدول ۱ و ۲).

بذرهای استبرق در سه تکرار و در هر تکرار ۲۵ عدد بذر (مجموع ۳۰۰ بذر) در پتری دیش با دولایه کاغذ صافی واتمن در شرایط اتاقک رشد[3] با دمای ۱±۲۵ درجه سانتی‌گراد، ۱۶ ساعت روشنایی به ۸ ساعت تاریکی، شدت نور ۱۰۰۰ لوکس و رطوبت نسبی ۵±۶۵٪ قرار داده شدند. در پایان آزمایش، معیار شمارش روزانه بذرها، خروج ریشه‌چه به مقدار ۲ میلی‌متر بود. هم چنین یادداشت برداری از بذرها تا زمانی که به مدت سه روز متوالی جوانه‌زنی رخ نداد پایان پذیرفت (۲).

[1] Germinator
[2] Carboxin Tiram
[3] Growth Room

جدول ۱. خلاصه نسبت‌های مختلف درصد اختلاط شوری آب دریا

میزان اختلاط آب دریا (٪)	کل مواد جامد محلول mg/l	هدایت الکتریکی تقریبی ds/m
صفر	نزدیک به صفر	نزدیک به صفر
۱۲/۵	۶۰۰۰	۷/۵
۲۵	۱۰۰۰۰	۱۵
۵۰	۲۰۰۰۰	۳۰

جدول ۲. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب دریا-خلیج فارس

پارامترها	مقادیر	پارامترها	مقادیر	پارامترها	مقادیر
هدایت الکتریکی µs/cm	۵۶۹۲۰	کلسیم mg/l	۳۸۰/۷۶	کلراید mg/l	۲۲۱۱۲/۲۹
کل مواد جامد محلول mg/l	۴۰۴۲۰	منیزیم mg/l	۱۵۲۳/۶۱	سولفاتmg/l	۲۹۴۸
پی اچ	۸/۰۷	سدیم mg/l	۱۲۵۹۹/۹۹	نیترات mg/l	۲
کدورت	۵	پتاسیم mg/l	۴۶۰	کربن آلی mg/l	۱/۷۰

آزمایش نهالستانی[1]

در این آزمایش، بذرها آماده و ضدعفونی شده استبرق را درگلدان‌های ۵ کیلویی با بافت خاک رویشگاه دارای بافت خاک شن لومی با مقادیر شن ۵۰٪، رس ۳۰٪ و سیلت ۲۰٪؛ پی اچ ۷/۷۰ و هدایت الکتریکی ۰/۳۲ µs/cm کشت شدند. پس از گذشت شش ماه دورهٔ رشد نهال در شرایط نهالستان پژوهشکدهٔ خلیج فارس دانشگاه خلیج فارس، تنش شوری با استفاده از آب دریای رقیق شده به طور تدریجی انجام شد. این کار به دلیل عدم وارد آمدن شوک ناگهانی به نهال‌ها از طریق اندازه‌گیری غلظت شوری آب دریا و اضافه کردن آب شیرین به دفعه‌های مختلف با بهره‌گیری از دستگاه شوری سنج چشمی قابل حمل Hand Held Refracto meter انجام شد (جدول ۱ و ۲). قابل‌ذکر است آبیاری نهال‌ها با درصدهای مختلف رقیق سازی آب دریا، هفته‌ای دو بار با لحاظ کردن تیمارهای مورد نظر طوری‌که آب از کف گلدان‌ها زهکش شود انجام شد. برای تغذیه مناسب گیاه از محلول غذایی هوگلند در طول دوره آزمایش استفاده گردید.

اندازه‌گیری‌ها

در پایان آزمایش جوانه‌زنی بذر، داده‌های شاخص جوانه‌زنی و بنیه بذر ازجمله درصد جوانه‌زنی، وزن ساقه‌چه و ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه، سرعت جوانه‌زنی و میانگین زمان جوانه‌زنی (جدول ۳) مورد ارزیابی و سنجش قرار گرفتند (۲).

در پایان آزمایش نهال، برخی صفت‌های رشد، فیزیولوژی نهال‌ها مورد ارزیابی و سنجش قرار گرفت. زنده مانی نهال‌ها از طریق نسبت تعداد نهال‌های باقی‌مانده در آخر تنش به تعداد نهال‌های اولیه در زمان شروع تنش در هر تیمار محاسبه شدند. ارتفاع نهال‌ها با استفاده از خط کش مدرج با دقت میلی‌متر، طول ریشه نیز با استفاده از نخ و کولیس با دقت میلی‌متر اندازه‌گیری شدند.

سطح ویژه برگ نهال‌ها نیز از طریق نسبت سطح برگ اندازه‌گیری شده توسط دستگاه اسکنر Leaf Area meter به وزن خشک برگ اندازه‌گیری شده با بهره‌گیری از آون در دمای ۷۰ درجه و ۴۸ ساعت سنجش شد (۶).

اندازه‌گیری تبادل‌های گازی نهال‌ها با استفاده از دستگاه ADC BioScientific از قسمت یک‌پنجم بالایی اندام هوایی یعنی از برگ‌های کاملا توسعه یافته در شرایط آب هوایی آرام و آفتابی قبل از ظهر انجام شد (۶).

[1] Nersury

جدول ۳. روش‌های محاسبهٔ شاخص‌های جوانه‌زنی بذر

صفات جوانه زنی	روش محاسبه	منابع
درصد جوانه‌زنی	GP= n /(NЧ100)	Panwer و Bhardwaj (۲۴)
سرعت جوانه‌زنی	GS= ∑ (ni/ti)	Panwer و Bhardwaj (۲۴)
میانگین زمان جوانه‌زنی	MGT= Σ (ni.ti) / Σ ni	Kulkarniو همکاران (۱۶)
شاخص بنیه	SVI= GP * Mean (SL+RL)/100	Marcos و همکاران (۱۷)

ni: تعداد جوانه‌زنی بذرها در یک فاصله زمانی؛ n: تعداد جوانه‌زنی بذرها در طول دوره؛ ti: تعداد روزهای بعد جوانه‌زنی
N: تعداد کل بذرهای کشت شده؛ RL: طول ریشه‌چه؛ SL: طول ساقه‌چه

اندازه‌گیری کلروفیل کل برگ نهال‌ها نیز با استفاده از دستگاه پرتابل SPAD از برگ‌های توسعه یافته قسمت یک‌پنجم بالایی اندام هوایی نهال صورت گرفت (۲۰). محتوی نسبی آب برگ از طریق نسبت اختلاف وزن تر و خشک برگ به اختلاف وزن برگ در حالت آماس و وزن خشک برگ اندازه‌گیری و محاسبه شد (۱۹).

تجزیه و تحلیل داده‌ها در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی[1] با سه تکرار صورت گرفت. ابتدا نرمال‌بودن داده‌ها با بهره‌گیری از آزمون کولموگروف اسمیرنوف بررسی شدند و سپس تجزیهٔ واریانس و مقایسهٔ میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی[2] و تجزیه واریانس یک طرفه[3] انجام شد.

■ نتایج

آزمایش اول: داده‌های اتاقک رشد

درصد جوانه‌زنی

بر پایهٔ یافته‌های تجزیه واریانس، اثرات سطوح مختلف شوری بر درصد جوانه‌زنی بذر در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری نشان داد (جدول۴). مطابق شکل بالاترین درصد جوانه‌زنی در تیمار شاهد یا بدون شوری با ۶۶/۶٪ و کمترین مقدار با ۲۰٪ در سطح ۵۰٪ آب دریا مشاهده شدند. به طوری‌که با افزایش درصد غلظت آب دریا از میزان درصد جوانه‌زنی به طوری چشمگیری کاسته شد (شکل 1a).

سرعت جوانه‌زنی

یافته‌های تجزیه واریانس غلظت‌های مختلف آب دریا اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد بر سرعت جوانه‌زنی نشان داد (جدول۴). بیشترین سرعت جوانه‌زنی مربوط به تیمار بدون شوری یا آب مقطر با مقدار ۲/۵ بذر در روز و کمترین سرعت در تیمار اختلاط ۵۰٪ آب دریا با مقدار ۰/۵ بذر در روز دیده شد (شکل 1b).

میانگین زمان جوانه‌زنی

بر پایهٔ یافته‌های تجزیه واریانس سطوح مختلف آب شور اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد بر میانگین زمان جوانه‌زنی داشته است (جدول۴). به طوری که بیشترین زمان جوانه‌زنی در همه تیمارها با مقدار ۴/۹ روز دیده شد در حالی‌که پایین‌ترین آن در تیمار شاهد با مقدار ۲/۶۶ روز مشاهده گردید. قابل ذکر است که بین تیمارهای شوری غیر از شاهد تفاوتی از نظر آماری با هم دیگر ندارند (شکل 1c).

شاخص بنیه بذر

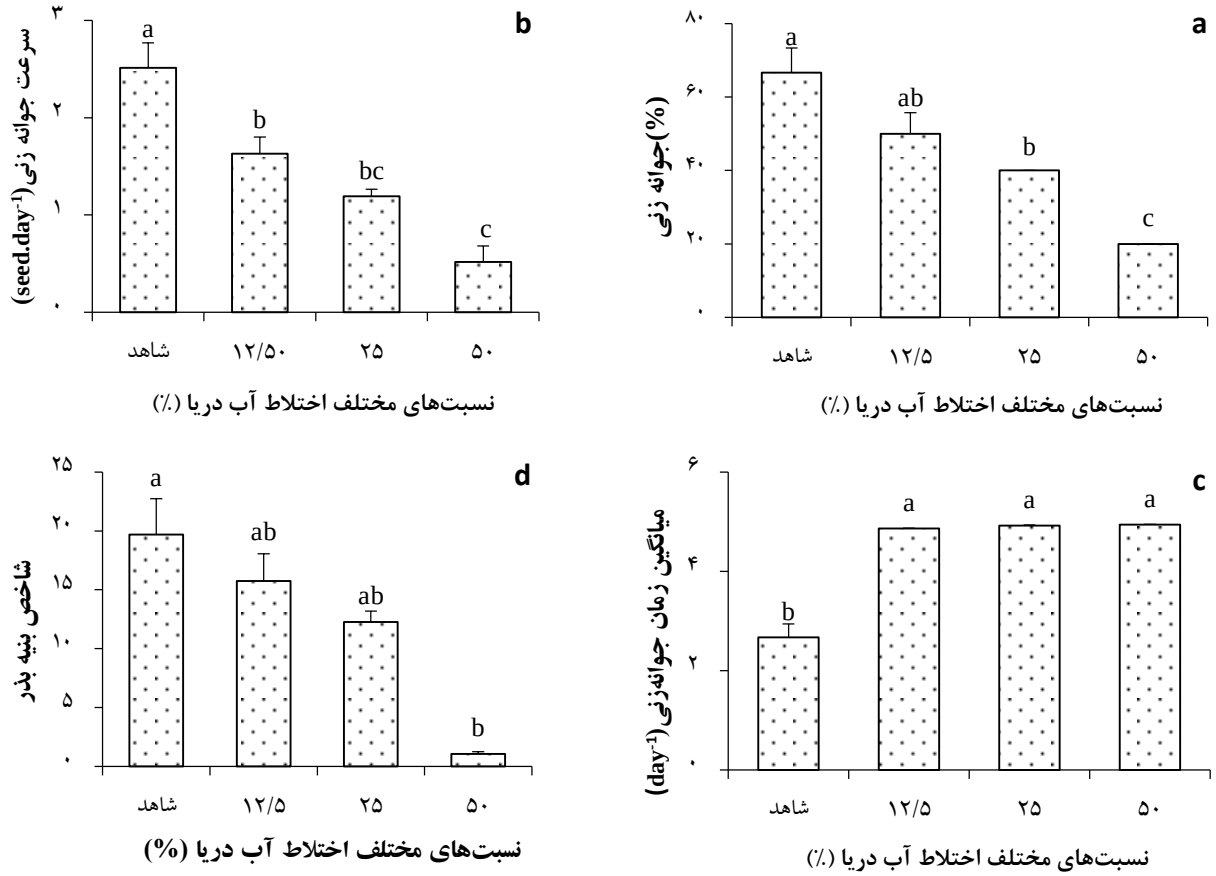
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که رقت‌های مختلف آب دریا اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد بر شاخص بنیه بذر نشان داد (جدول۴). بیشترین مقادیر بنیه بذر مربوط به تیمار شاهد با مقدار ۱۹/۷ و کمترین آن در تیمار رقت۵۰٪ آب دریا با مقدار ۱/۰۵ بود. همچنین قابل ذکر است که بین سطوح اختلاط ۱۲/۵ و ۲۵٪ آب دریا اختلاف معنی‌داری از نظر آماری وجود نداشت (شکل 1d).

[1] Complete Randomized Design
[2] Tukey Test
[3] One way ANOVA

جدول۴. میانگین مربعات کاربرد سطوح مختلف شوری آب دریا بر پارامترهای جوانه‌زنی بذر استبرق

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	میانگین زمان جوانه‌زنی	شاخص بنیه
آب دریا	۳	۱۱۴۱/۶**	۲/۱**	۳/۷۷**	۱۹۳/۱۲**
اشتباه آزمایشی	۸	۵۸/۳	۰/۰۹۵	۰/۰۵۷	۳۱/۹۴
ضریب تغییرات		۰/۴۲	۰/۵۴	۰/۱۷	۰/۷۱
کل	۱۱				

ns غیر معنی داری، * معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد و** معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد



شکل ۱. مقایسه میانگین توکی کاربرد شوری آب دریا بر پارامترهای جوانه‌زنی استبرق، a – درصد جوانه‌زنی ، b – سرعت جوانه‌زنی ، c – میانگین زمان جوانه‌زنی و d – شاخص بنیه. حروف مشترک و متفاوت بر روی گراف ها به ترتیب نشان دهندهٔ عدم معنی‌داری و معنی‌داری بین تیمارها می‌باشد. میانگین ±اشتباه معیار.

طول ریشه‌چه

تجزیه واریانس یک طرفه نشان داد که تیمار آب دریا اثر معنی‌داری بر طول ریشه‌چه گیاه استبرق دارد (جدول۵). آزمون توکی تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای شاهد، اختلاط ۱۲/۵ و ۲۵٪ آب دریا نشان نداد به طوری که طول ریشه در سه سطح اول شوری به ترتیب با مقادیر ۲۴، ۲۱/۵ و ۲۵/۳۳ میلی‌متر می‌باشد. با افزایش غلظت آب دریا تا ۵۰٪ به طوری چشمگیری از میزان این پارامتر با میزان ۴/۵ میلی‌متر کاسته شد (شکل ۲a).

طول ساقه‌چه

داده‌های حاصل از تجزیه واریانس حاکی از معنی‌داری در سطح آماری یک درصد بر پارامتر طول ساقه‌چه دارد (جدول۵). نتایج خروجی آزمون مقایسه توکی حاکی از

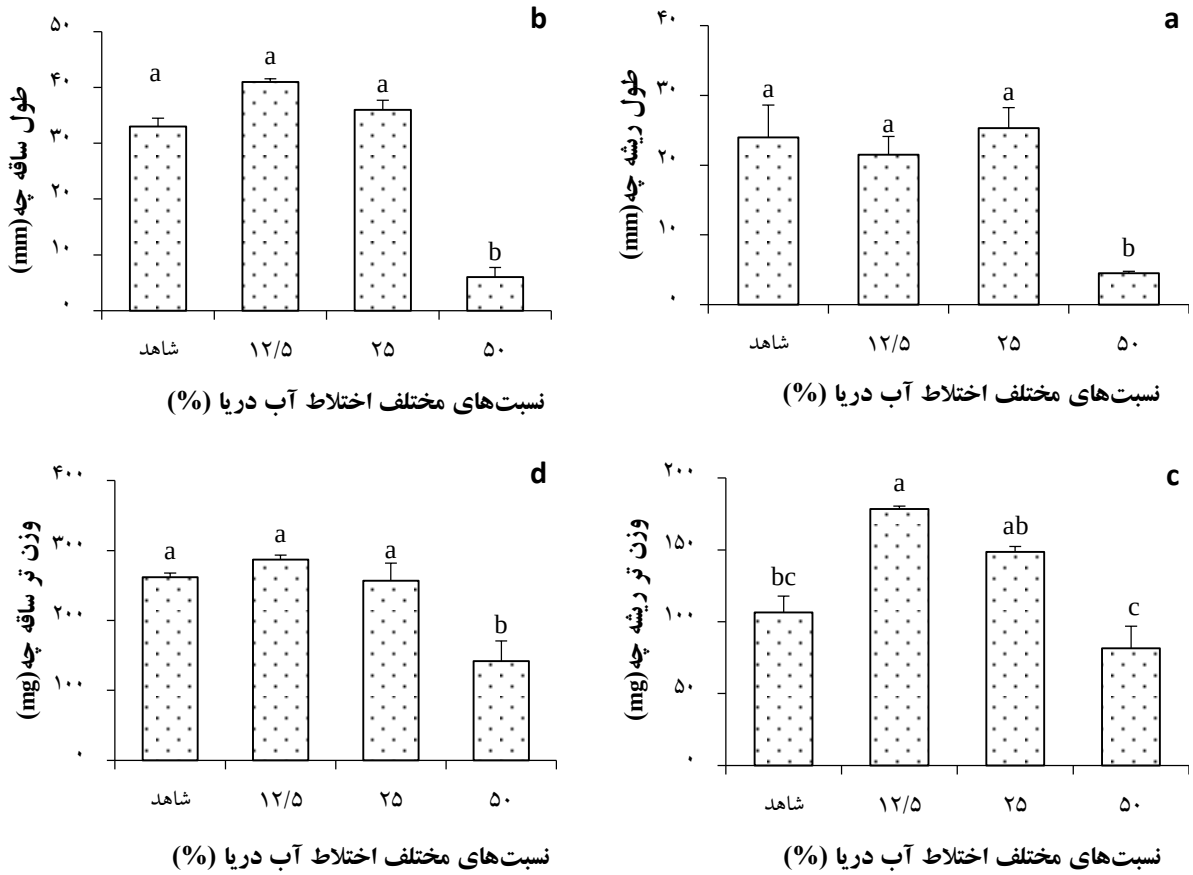
عدم وجود معنی داری از غلظت صفر تا ۲۵٪ آب دریا دارد. مقدار این صفت در سطح شاهد ۳۳ میلی‌متر، سطح ۱۲/۵٪ آب دریا ۴۱ میلی‌متر و سطح ۲۵٪ اختلاط ۳۶ میلی‌متر بودند. در ارتباط با این پارامتر بالاترین مقدار در تیمار رقت ۱۲/۵٪ آب دریا مشاهده شد (شکل ۲b).

وزن تر ریشه‌چه

نتایج نشان داد که تیمارهای آب دریا بر روی پارامتر وزن ریشه در سطح آماری یک درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ۵). وزن ریشه نیز پاسخ متفاوتی به رقت‌های مختلف آب دریا داشته است، به طوری‌که با افزایش غلظت آب دریا تا سطح ۱۲/۵٪ و حتی ۲۵٪ در مقایسه با شاهد وزن ریشه نیز افزایش یافته است. بنابراین بیشترین وزن ریشه را می‌توان در غلظت ۱۲/۵٪ آب دریا با مقدار ۱۷۸/۵ میلی‌گرم مشاهده کرد. کمترین مقدار وزن ریشه نیز در تیمار ۵۰٪ اختلاط آب دریا با مقدار ۸۱/۵ میلی‌گرم رویت کرد (شکل ۲c).

وزن تر ساقه‌چه

یافته‌های تجزیه واریانس غلظت‌های مختلف آب دریا بر روی پارامتر وزن ساقه‌چه نشان داد که این ویژگی در سطح آماری یک درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ۵). وزن ساقه نیز پاسخ متفاوتی به غلظت‌های شوری آب دریا داشته است، به طوری‌که این ویژگی در تمام سطوح به جز ۵۰٪ دارای مقادیر یکسان و ثابت از لحاظ آماری بودند بنابراین بالاترین وزن ساقه را می‌توان در میزان اختلاط ۱۲/۵٪ آب دریا با مقدار ۲۸۷ میلی‌گرم و سپس تیمار آب مقطر و اختلاط ۲۵٪ آب شور ۲۶۲ و ۲۵۷ میلی‌گرم دیده شد. کمترین مقادیر در غلظت ۵۰٪ آب دریا با میزان ۱۶۲ میلی‌گرم دیده شد (شکل ۲d).



شکل ۲. مقایسه میانگین توکی کاربرد آب دریا بر ویژگیهای رشد اولیه استبرق، a- طول ریشه‌چه ، b- طول ساقه‌چه ، c - وزن تر ریشه‌چه و d- وزن تر ساقه‌چه . حروف مشترک و متفاوت بر روی گراف ها به ترتیب نشان دهنده عدم معنی داری و معنی داری بین تیمارها می باشد. میانگین ±اشتباه معیار

جدول ۵. میانگین مربعات کاربرد سطوح مختلف غلظت آب دریا بر ویژگی‌های رشد اولیه استبرق

منابع تغییر	درجه آزادی	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	وزن تر ریشه‌چه	وزن تر ساقه‌چه
آب دریا	۳	۲۸۱/۵**	۷۳۸**	۵۵۹۲/۷۵*	۱۲۵۵۰/۰۰**
اشتباه آزمایشی	۸	۲۷/۴۵	۴۷	۲۸۴/۲۵	۱۱۴۲/۵
ضریب تغییرات		۰/۵۲	۰/۵۲	۰/۳۲	۰/۲۷
کل	۱۱				

ns غیر معنی داری، * معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد و** معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد

آزمایش دوم: داده‌های نهالستانی

درصد زنده‌مانی

نتایج تجزیه واریانس تیمارهای مختلف غلظت آب دریا بر روی ویژگی درصد زنده‌مانی نشان داد که این ویژگی در سطح آماری یک درصد معنی‌دار است (جدول ۶). در این آزمایش بالاترین زنده‌مانی نهال‌ها را در تیمار آبیاری با آب شیرین دیده شد. به طوری‌که با افزایش درصد نسبت آب دریا از میزان زنده‌مانی کاسته شد به طوری‌که این روند نزولی به ترتیب در غلظت‌های ۱۲/۵، ۲۵ و ۵۰٪ آب دریا بوده که دارای مقادیر ۸۶، ۵۵ و ۱۲/۳٪ می‌باشد. این نتایج نشان داد که زنده‌مانی نهال‌های استبرق به شدت در شوری بالا کاهش داشته است که در مقایسه با نهال‌های آبیاری شده با آب شیرین با کاهش ۸۷/۷٪ روبرو ست (شکل 3a).

ارتفاع نهال

نهال‌های استبرق پاسخ معنی‌داری را در سطح آماری یک درصد به سطوح مختلف آب دریا نشان داده‌اند (جدول ۶). نتایج آزمون توکی نشانگر اختلاف معنی‌داری در ارتفاع نهال بین غلظت‌های مختلف شوری نشان داد. نهال‌های استبرق تا سطح آب دریا ۱۲/۵٪ نسبت به تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نداشته‌اند. به‌طوری‌که بیشترین مقدار ارتفاع در تیمارهای بدون تنش و اختلاط ۱۲/۵٪ به ترتیب ۲۸/۹۹ و ۲۶/۶۶ سانتی‌متر مشاهده شد. با افزایش مقدار اختلاط آب دریا از صفر تا ۵۰٪ به صورت روند نزولی از مقدار ارتفاع نهال کاسته شد. این مقدارهای نزولی در تیمار ۵۰٪ آب دریا نسبت به شاهد ۵۴/۳۶٪ بوده است (شکل 3b).

سطح ویژه برگ

نتایج تجزیه واریانس اختلاط آب دریا تاثیر معنی‌داری بر مقدار سطح ویژه برگ نشان دادند (جدول ۶). با افزایش درصد آب شور از ۱۲/۵ تا ۵۰٪، مقدار سطح ویژه برگ به طور قابل توجهی کاسته شده است. به طوری که بیشترین مقدار در تیمار شاهد با مقدار ۳۹۷/۵ گرم بر سانتی متر مربع مشاهده شد. بعد از تیمار شاهد، تیمار ۱۲/۵٪ با مقدار ۲۴۸/۴۸ گرم بر سانتی متر مربع بیشترین بود درحالی که کمترین مقادیر در بیشترین سطح شوری دیده شد که نسبت به کنترل کاهش ۸۵/۹٪ داشته است (شکل 3c).

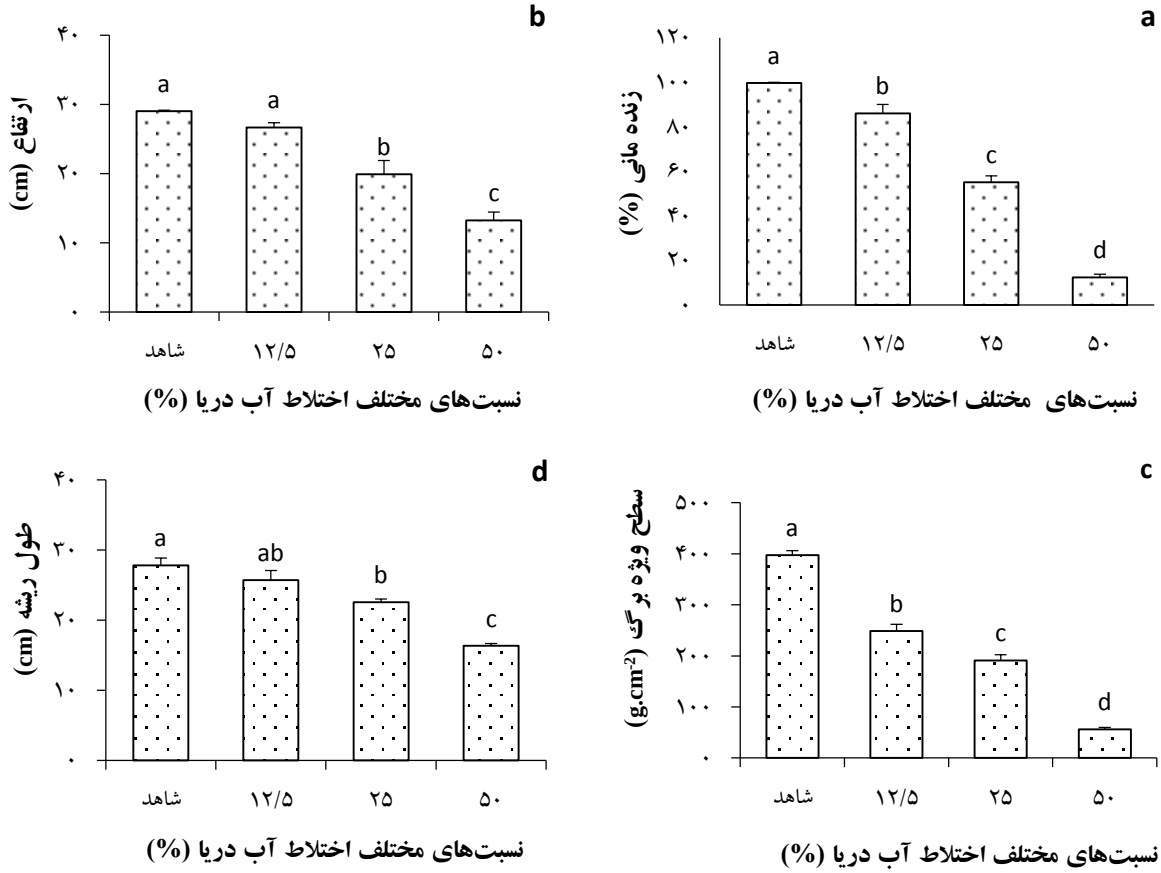
طول ریشه

درصدهای مختلف آب دریا رقیق شده، تاثیر معنی‌داری بر مقدار طول ریشه نشان داد (جدول ۶). بنابراین افزایش درصد اختلاط اثر منفی بر طول ریشه داشته و روند نزولی را به نمایش گذاشته است. به طوری‌که بیشترین مقدار این ویژگی در نهال‌های آبیاری شده با آب شیرین دیده شد در حالی که در نهال‌های آبیاری شده با آب دریا ۱۲/۵٪ نیز نتایج مشابهی دیده شد. که این مقادیر به ترتیب ۲۷/۸ و ۲۵/۷ سانتی متر می‌باشد. کوتاهترین طول ریشه در نهال‌های آبیاری شده با اختلاط ۵۰٪ آب دریا با مقدار ۱۶/۳۵ سانتی‌متر مشاهده‌شد که در مقایسه با تیمار شاهد کاهش ۴۱/۱۸٪ داشته است (شکل 3d).

جدول۶. میانگین مربعات کاربرد غلظت‌های مختلف آب دریا بر رشد نهال استبرق

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد زنده مانی	ارتفاع نهال	سطح ویژه برگ	طول ریشه
آب دریا	۳	۴۵۰۴/۳**	۱۵۱/۷۳**	۶۰۰۳۰/۹۲**	۷۴/۶۷**
اشتباه آزمایشی	۸	۲۰/۱۶	۴/۳۱	۲۹۹/۱۷	۲/۴۹
ضریب تغییرات		۰/۵۵	۰/۳۰	۰/۵۷	۰/۲۰
کل	۱۱				

ns غیر معنی داری، * معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد و** معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد



شکل ۳. مقایسه میانگین توکی کاربرد آب دریا بر ویژگیهای رشد استبرق، a –درصد زنده‌مانی ، b- ارتفاع ، c- سطح ویژه برگ و d- طول ریشه. حروف مشترک و متفاوت بر روی گراف ها به ترتیب نشان دهنده عدم معنی داری و معنی داری بین تیمارها می‌باشد. میانگین ±اشتباه معیار.

نرخ فتوسنتز

تجزیه واریانس یک طرفه اثرات معنی‌داری در سطح آماری یک درصد بر نرخ فتوسنتز نهال استبرق نشان داد (جدول ۷). آزمون توکی تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای غلظت ۱۲/۵ و ۲۵٪ آب دریا نشان نداد به طوری‌که بیشترین نرخ فتوسنتز در تیمار شاهد با مقدار ۵/۶۶ میکرو مول مشاهده شد. در حالی‌که با افزایش غلظت آب دریا تا سطح ۵۰٪ به طور چشمگیری از مقدار این ویژگی نسبت به شاهد با مقدار ۷۳/۸۵٪ کاسته شد (شکل 4a).

نرخ تعرق

داده‌های حاصل از تجزیه واریانس حاکی از معنی‌داری در سطح آماری یک درصد بر ویژگی نرخ تعرق داشت (جدول ۷). به‌طوری‌که داده‌های خروجی آزمون مقایسه میانگین

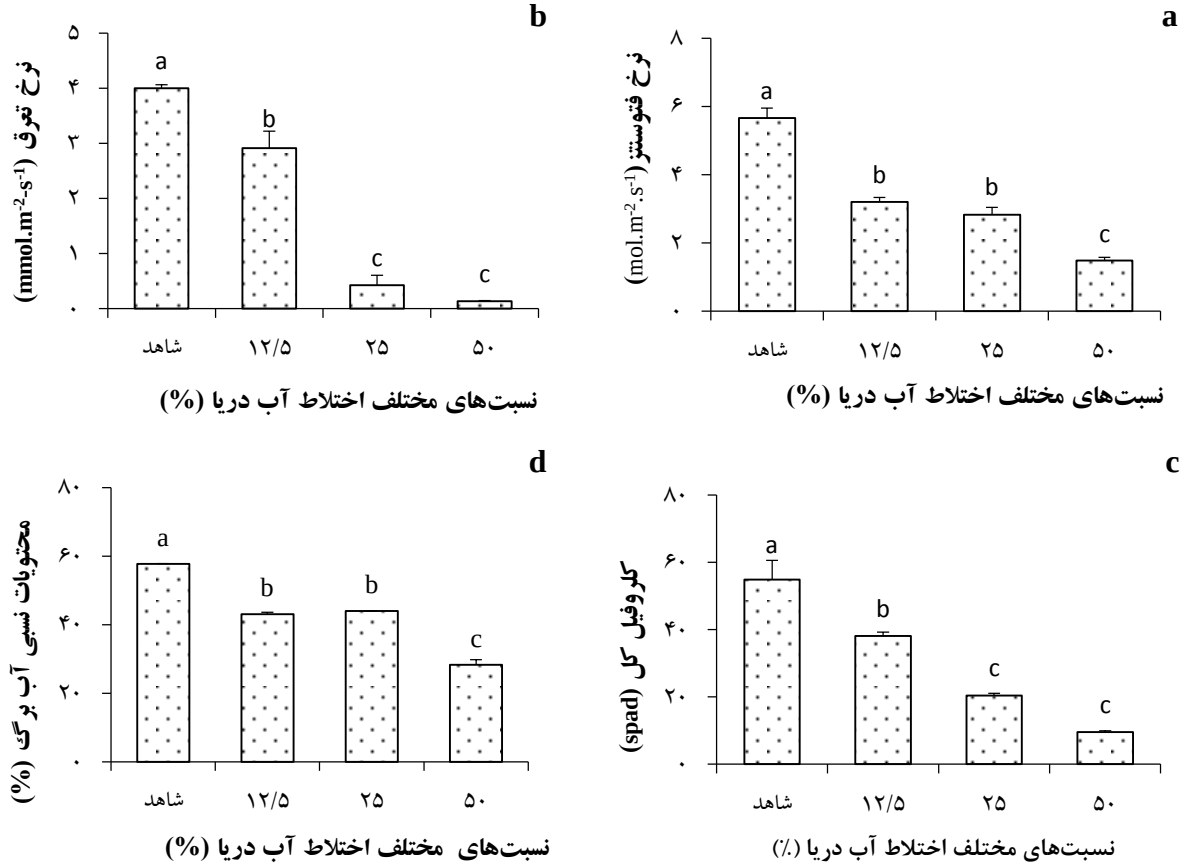
توکی نیز حاکی از عدم وجود معنی‌داری بین اختلاط آب دریا در سطح ۲۵ و ۵۰٪ است. مقادیر این ویژگی در سطوح آبیاری شاهد، غلظت ۱۲/۵٪ آب دریا به‌ترتیب ۴ و ۲/۹ میلی‌مول بیشترین بودند. با افزایش نسبت‌های آب دریا، از نرخ تعرق نهال‌های استبرق به تبع کاسته شد که کمترین نرخ در سطح ۵۰٪ اختلاط دیده شد که در مقایسه با شاهد کاهش ۹۶/۷۵٪ داشته است (شکل 4b).

کلروفیل کل

نتایج نشان داد که تیمارهای آب دریا تاثیر معنی‌داری در سطح آماری یک درصد بر روی مقدار کلروفیل داشته‌اند (جدول ۷). نتایج آزمون توکی پاسخ معنی‌داری بین درصد اختلاط ۲۵ و ۵۰٪ آب دریا نشان نداد در حالی‌که بین سطوح آبیاری شاهد و نسبت ۱۲/۵٪ آب دریا تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. بنابراین بیشترین مقدار را می‌توان در تیمار آبیاری بدون شوری با مقدار۵۴/۸۶ مشاهده شد در حالی‌که کمترین مقدار کلروفیل در تیمار ۵۰٪ اختلاط آب دریا با مقدار ۹/۵۸ دیده شد (شکل4c).

محتوای نسبی برگ

نتایج تجزیه واریانس تیمارهای مختلف آب دریا بر روی محتوای نسبی آب نشان‌داد که این ویژگی در سطح آماری یک درصد معنی‌دار است (جدول ۷). در حالی‌که آزمون توکی نیز پاسخ متفاوتی به نسبت‌های مختلف آب دریا داشته است، به طوری‌که این ویژگی بین سطوح اختلاط ۱۲/۵ و ۲۵٪ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بنابراین بیشترین محتوی آب برگ را می‌توان در سطح شاهد با مقدار۵۷/۷۰٪ و سپس تیمار آب اختلاط ۱۲/۵ و ۲۵٪ آب دریا با مقدار ۴۳/۰۸ و ۴۳/۹۵٪ دیده شد. کمترین مقدار آب برگ در تیمار ۵۰٪ آب دریا با مقدار۲۸/۲۳٪ مشاهده شد (شکل 4d).



شکل ۴. مقایسه میانگین توکی کاربرد آب دریا بر ویژگی‌های فیزیولوژی استبرق، a- نرخ فتوسنتز ، b- نرخ تعرق ، c -کلروفیل کل و d - محتوی نسبی آب برگ. حروف مشترک و متفاوت بر روی گراف ها به ترتیب نشان دهنده عدم معنی داری و معنی داری بین تیمارها می‌باشد. میانگین ±اشتباه معیار.

جدول۷. میانگین مربعات کاربرد غلظت‌های مختلف آب دریا بر فیزیولوژی نهال استبرق

منابع تغییر	درجه آزادی	نرخ فتوسنتز	نرخ تعرق	کلروفیل	محتویات نسبی آب
آب دریا	۳	۹/۱۱**	۱۰/۷۱**	۱۱۸۹/۷۸**	۴۳۴/۹۱**
اشتباه آزمایشی	۸	۰/۱۱	۰/۱۰۰	۲۶/۵۳	۱/۸۹
ضریب تغییرات		۰/۴۸	۰/۹۳	۰/۶۰	۰/۲۵
کل	۱۱				

ns غیر معنی داری، * معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد و** معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد

■ بحث و نتیجه‌گیری

بررسی یافته‌های فوق حاکی از اثرگذاری زیاد غلظت‌های مختلف آب شور دریا بر بیشتر ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر و رشد نهال‌ها می‌باشد. در حالی‌که در غلظت بالاتر آب دریا عملکرد گیاه استبرق به شدت کاهش پیدا کرد. می‌توان بیان کرد که پاسخ و عملکرد رویشی و فیزیولوژیکی گیاه استبرق تحت شوری حاصل از آب دریا در مرحله نهالی نسبت به مرحله جوانه‌زنی بیشتر می‌باشد.

اگرچه با افزایش سطوح شوری، برخی ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر شامل درصد و سرعت و هم‌چنین شاخص بنیه کاهش یافت، اما رشد اولیه گیاهچه از جمله طول و وزن ساقه‌چه و ریشه‌چه تا سطح آب دریا ۲۵٪ هیچ تفاوت معنی‌داری نشان نداد و روند کاهشی را نداشته است. این نتیجه ممکن است ناشی از کارکرد رقابت کم حاصل از تراکم اندک بین گیاهچه‌ها باشد که موجب افزایش رشد گیاهچه‌ها شده است. می‌توان احتمال داد که عناصر مختلف موجود در آب دریا به جز سدیم، به صورت محرک رشد عمل کند و منجر به افزایش رشد و بیومس در گیاه شده‌است (۱۰ و ۳۰). نتایج مشابهی در مطالعه تاثیر آب دریا بر عملکرد گیاهان شورپسند (هالوفیت) گزارش شده‌است (۹ و ۲۸).

گیاهان تا یک حد آستانه می‌توانند شوری را تحمل کنند و بعد از آن با افزایش شوری عملکرد آن‌ها به صورت معادله خطی کاهش می‌یابد. زمان جوانه‌زنی با افزایش شوری به طوری معنی‌داری افزایش نشان‌داد که این یافته با نتیجهٔ دیگر محققان روی گونه‌های مختلف مشابهت دارد. بهمنی و همکاران (۵) اظهار داشتند که از بین شاخص‌های جوانه‌زنی بذر، درصد و سرعت جوانه‌زنی از مهم‌ترین عوامل تاثیرپذیر در شرایط شوری است. یکی ازسازوکارهای مؤثر و کارآمد در تحمل به شوری گیاهان، تنظیم اسمزی سلول و حفظ آماس سلولی است که با ساخت مواد آلی نظیر بتائین، گلایسین، پرولین، سوربیتول و مانیتول انجام می‌شود(۱۲، ۱۳ و ۱۴).

از آنجایی که گیاه برای ساخت این مواد انرژی زیادی صرف می‌کند، بنابراین رشد اندام های گیاهی به ویژه رشد اندام‌های هوایی گیاه کاهش می‌یابد. شوری به دلیل کاهش پتانسیل اسمزی که نتیجه آن محدود شدن جذب آب توسط بذر می‌باشد و همچنین به دلیل تأثیر سمی غلظت زیاد یون ها بر سوخت‌وساز (متابولیسم)، رشد گیاهان را با مشکل مواجه می‌سازد (۱۵ و ۲۸). ذخیره انرژی متابولیتی، موجب تغییر و اخلال در سوخت و ساز گیاه و در نتیجهٔ تغییر در تخصیص زیتوده (بیومس) خشک و هدایت توان گیاه به بخش های زایشی از جمله تولید دانه و حفظ بقای خود کرده و در پایان منجر به کاهش رشد رویشی گیاه می‌شود (۳۰ و ۳۱).

کلروفیل برگ یکی از مهم‌ترین شاخص‌های نشان دهنده فشار محیطی وارده بر گیاهان است. مقدار کلروفیل در نهال‌های استبرق درشرایط تنش کاهش نشان‌داد؛ به طوری‌که شدت تنش موجب تغییر در نسبت

جذب نور و در نتیجه کاهش کل جذب نور توسط گیاه می‌شود. تغییر سطوح کلروفیل برگ موجب تغییر ویژگی‌های جذب نور و در نتیجه مقدار جذب تشعشع و بازتابش نور تغییر پیدا می‌کند (۲۰). از طرفی، به نظر می‌رسد افزایش مقدار کلروفیل در شوری ۱۲/۵٪ آب دریا به دلیل افزایش وزن مخصوص برگ باشد. بنابراین، طی بروز تنش به دلیل وجود سلول‌های بیشتر در واحد وزن برگ مقدار کلروفیل نیز افزایش می‌یابد (۲۲). وقوع تنش، مقدار سطح برگ را کاهش می‌دهد که ناشی از کاهش اندازه سلول است که به تبع منجر به کاهش سطح ویژهٔ برگ نهال‌های استبرق در شرایط شوری می‌شود. نتیجهٔ این پژوهش با یافته‌های محققان روی گیاه *Achras sapota* مطابقت دارد (۲۸).

افزایش غلظت آب دریا منجر به تغییر در تخصیص انرژی و تولید زیتوده در گیاه می‌شود که آن موجب کاهش رشد نهال استبرق از جمله ارتفاع، سطح برگ و طول ریشه در شرایط تنش شوری است. بنابراین در این شرایط، انرژی لازم برای تنظیم یونی و اسمزی زیادتر شده و تبع آن انرژی لازم را برای رشد گیاه کاهش می‌دهد (۲۲ و ۳۲).

از طرف دیگر کاهش رشد را می‌توان نوعی سازگاری گیاه به منظور زنده ماندن در شرایط تنش دانست (۱۳ و ۳۰). زنده‌مانی نهال‌های استبرق با افزایش شوری به بیش از ۲۵٪ آب دریا، به طور قابل توجهی از درصد زنده‌مانی آن کاسته می‌شود. بنابراین طبق نتایج به دست آمده می‌توان به این نتیجه رسید که صدمه اسمزی، سمیت یون‌ها و تغییر در تعادل مواد غذایی در دسترس از دلایل کاهش رشد در محیط شور است.

تنظیمات یونی و اسمزی با متابولیت‌های ثانویه در ارتباط مسقیم می‌باشند. سازوکار عمل آنها به این شکل است که این متابولیت‌ها بر روی گیرنده‌های غشای سلولی تأثیر گذارد و یکسری ترکیب‌هایی که می‌تواند شامل آنزیم و یون‌های کلسیمی باشد را فعال می‌کند. این ترکیب‌ها بر پایهٔ جایگاه اثرشان که می‌تواند در سیتوپلاسم یا هسته سلول باشد تأثیر گذاشته و یکسری ترکیب‌ها را تولید می‌کند و این ترکیب‌های تولید شده بر روی فرایندهای سلولی و تنظیمی سلول از جمله تنظیم مسیرهای یونی و اسمزی موجود در غشای سلول‌های تحت تنش تأثیر گذاشته و از این طریق موجب حفظ و مقاومت گیاه در مقابل تنش‌های محیطی می‌گردد (۳۰).

عوامل دیگر کاهش رشد گیاه در اثر آب شور را می‌توان به خشکی فیزیولوژیک در محیط ریشه و رقابت بین یون‌های کلر، سولفات و نیترات اشاره کرد (۱۲). با قرارگیری گیاه در معرض آب شور، سرعت توسعه برگ‌های جوان در گیاه کاهش می‌یابد در صورتی که تنش تداوم پیدا کند، ظهور برگ‌های جدید متوقف و به تبع آن فتوسنتز و تعرق برگ‌ها کاهش می‌یابد که خود عامل کاهش بیومس گیاه در معرض تنش می‌باشد (۱۳ و ۲۳). در پژوهش حاضر نرخ فتوسنتز و تعرق با افزایش شوری به شدت کاهش پیدا کرد در حالی که در غلظت ۲۵٪ آب دریا نهال‌ها از نرخ تبادل‌های گازی مناسبی برخوردار بودند.

کاهش در عملکرد نهال‌ها در شرایط شوری به علت تغییر در انتقال فراورده‌های فتوسنتزی به ریشه‌ها، کاهش رشد اندام هوایی یا به دلیل بسته‌شدن جزیی یا کلی روزنه‌ها یا به علت اثر مستقیم آب شور بر سیستم فتوسنتزی یا به هم ریختگی توازن یونی در گیاهان می‌باشد (۹ و ۳۱). غلظت‌های بیشتر آب شور منجر به نزول رشد و توسعه اندام زیر زمینی حتی در گیاهان هالوفیت می‌گردد (۱۵). ریشه‌ها در مقایسه با دیگر اندام گیاه، بیشترین ارتباط مستقیم را با شوری خاک دارد. این امر موجب می‌شود که ریشه بیش از دیگر اندام‌ها در معرض تنش شوری قرار گیرد و مثل فیلتری عبور یون‌ها را کنترل کند (۱۳). از دیگر آثار شوری بر رشد ریشه، تجمع اتیلن در ریشه گیاهان است که خود موجب کاهش رشد ریشه و در نهایت کاهش عملکرد گیاهان می‌گردد (۲۷ و ۳۱).

پژوهش حاضر نشان‌داد کاهش رشد ریشه از جمله طول ریشه در شرایط شوری بیشتر از ۲۵٪ می‌باشد. به طور معمول محتوای کلروفیل با افزایش غلظت شوری کاهش پیدا می‌کند. که این نقصان ممکن است به دلیل تولید آنزیم‌های پروتئینی کلروفیلاز شده و به تبع به سامانهٔ فتوسنتزی گیاه خسارت وارد سازد (۷). همچنین بیان شده است که کاهش و تجزیه کلروفیل مرتبط با

جلوگیری یون‌های نمک از بیوسنتز مجدد پروتئین‌ها و تأثیر مخرب آن بر ساختار کلروپلاست است (۸ و ۳۱).

برآیند این پژوهش چنین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که گیاه استبرق عملکرد مناسبی را برای جوانه‌زنی بذرها در نسبت‌های مختلف آب دریا کمتر از ۱۲/۵ درصد و رشد نهال‌های آن در نسبت‌های آب دریا کمتر از ۲۵ درصد نشان داده است. بنابراین توصیه می‌شود که محققان و متولیان امر پژوهش گسترده‌تری پیرامون فیزیولوژی تحمل به شوری این گیاه دارویی و صنعتی ارزشمند انجام دهند تا اطلاعات جامع‌تری در ارتباط با توسعه جنگل‌کاری درختچهٔ استبرق در اراضی بیابانی سواحل خلیج فارس با محوریت آبیاری آب دریا به‌دست آید.

سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله، از همکاری و حمایت مالی صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران ریاست جمهوری از طرح پژوهشی با کد۹۶۰۰۵۵۷۳ و معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه لرستان، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌کنند.

■ References

1. AL-Sobhi, O.A., Al-Zahrani, H.S., & Al- Ahmadi, S.B. (2006). Effect of Salinity on Chlorophyl and Carbohydrate Contents of *Calotropis procera* Seedlings. *King Faisal University*, *7*(1), 105-115.
2. AOSA (Association of Official Seed Analysts). (1981). Rules for testing seeds. *Seed Technology*, *6*, 1–126.
3. Atzori, G., Vos, A. C. D., Rijsselberghe, M. V., Vignolini, P., Rozema, J., Mancuso, S ., & Bodegom, P.M. V .(2017). Effects of increased seawater salinity irrigation on growth and quality of the edible halophyte *Mesembryanthemum crystallinum* L. under field conditions. *Agricultural Water Management*, *187*(1), 37–46.
4. Bahmani, M., & Kertoli Nejad, D. (2018). Effect of salinity stress on growth, morphological and physiological charactristics of milkweed (*Calotropis procera* Ait) seedlings, *Arid Biome*, *8*(1), 27-35 (in Farsi).
5. Bahmani, M., Jalali, G.H., Asgharzadeh, A., & Tabari, M. (2014). Effects of PGPR inoculation on Seed Germination and some Vigor Triats of Asclepiaas Procera, *Journal of Soil Biology*, *2*(1), 79-86 (in Farsi).
6. Bahmani, M., Naghdi, R., & Kartoolinejad, D. (2018). Milkweed seedlings tolerance against water stress: Comparison of inoculations with *Rhizophagus irregularis* and *Pseudomonas putida*. *Environment Technology and Innovation*, *10*, 111-121.
7. Baltzer, J.A., & Thomas, S.C. (2007). Determinants of whole-plant light requirements in Bornean rain forest tree saplings. *Ecology*, *95*, 1208-1221.
8. Dogan, M. (2011). Antioxidative and proline potential as a protective mechanism in soybean plants under salinity stress. *Biotechnology*, *10*, 5972-5978.
9. Flowers, T.J. (1985). Physiology of halophytes. *Plant and Soil*, *89*, 41–56.
10. Herppich, W.B., Huyskens-Keil, S., & Schreiner, M. (2008). Effects of saline irrigation on growth, physiology and quality of *Mesembryanthemum crystallinum* L, a rare vegetable crop. *Applied Botany and Food Qualality*, *82*, 47–54.
11. Hindi, S. S. (2013). *Calotropis procera*: The miracle shrub in the Arabian Peninsula. *Science and Engineering Investigations*, *2*(16), 48-57.

12. Kafi, M., Salehi, M., & Eshghizaseh, H.R. (2010). Halophyte agriculture, plant, water and soil management strategies. Ferdowsi University of Mashhad Publications, 2, 378 Page (in Farsi).

13. Kafi, M., Zand, S., Kamkar, B., Abbasi, F., Mahdavi Damghani, M., & Sharifi, H.D. (2008). Plant Physiology, University Jihad Publications, 1, 732 Page (in Farsi).

14. Kim, S., Rayburn, A.L., Voigt, T., Parrish, A., & Lee, D.K. (2012). Salinity effects on germination and plant growth of prairie cordgrass and switchgrass. *Bioenergy Research*, *5*, 225-235.

15. Koyro, H.W., Khan, M.A., & Lieth, H. (2011). Halophytic crops: a resource for the future to reduce the water crisis? *Food Agriculture*, *23*, 1–16.

16. Kulkarni, M.G., Sparg, S.G., & Van Standen, J. (2007). Germination and post-germination response of Acacia seeds to smoke-water and butenolide, a smoke-derived compound. *Arid Environments*, *69* (1), 177-187.

17. Mansour, M.M.F., & Ali, E.F. (2017). Evaluation of proline functions in saline conditions. *Phytochemistry*, *140*, 52–68.

18. Marcos Filho, J. (2015). Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. *Scientia Agricola*, *72*, 363-374.

19. Martinez, J.P., Silva, H., Ledent, J.F., & Pinto, M. (2007). Effect of drought stress on the osmotic adjustment, cell wall elasticity and cell volume of six cultivars of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agronomy*, *26*, 30-38.

20. Minolta. (1989). Chlorophyll meter SPAD-502. Instruction Manual. Minolta Co., Ltd., Radiometric Instruments Operations. Osaka, Japan.

21. Mostofa, M.G., Saegusa, D., Fujita, M., & Tran, L.S.P. (2015). Hydrogen sulfide regulates salt tolerance in rice by maintaining Na+/K+ balance, mineral homeostasis and oxidative metabolism under excessive salt stress. *Frontiers in Plant Sciences*, *6*, 1055-1069.

22. Muchate, N.S., Nikalje, G.C., Rajurkar, N.S., Suprasanna, P., & Nikam, T.D. (2016). Physiological responses of the halophyte *Sesuvium portulacastrum* to salt stress and their relevance for saline soil bio-reclamation. *Flora*, *224*, 96–105.

23. Nonami, H., & Boyer, J.S. (1990). Primary events regulating stem growth at low water potentials. *Plant Physiology*, *94*, 1601-1609.

24. Payehghadr, M., & Eliasi, A. (2010). Chemical Compositions of Persian Gulf Water around the Qeshm Island at Various Seasons. *Chemistry*, *22*(7), 5282-5288.

25. Panwar, P., & Bhardwaj, S.D. (2012). Handbook of Practical Forestry. *Agrobios India publication*, 191page.

26. Parihar, G., & Balekar, N. (2016). *Calotropis procera*: A phytochemical and pharmacological review. *Pharmaceutical Sciences*, *40*(3), 115-131.

27. Penrose, D.M., & Glick, B.R. (2001). Levels of ACC and related compounds in exudates and extracts of canola seeds treated with ACC deaminase-containing plant growth promoting bacteria. *Canadian Microbiology*, *47*(4), 368-372.

28. Rahman, M.M., Mostofa, M.G., Rahman, M.A., Miah, M.G., Saha, S.R., Karim, M.A., Keya, S.S., Akter, M., Islam, M., & Tran, L.P. (2019). Insight into salt tolerance mechanisms of the halophyte *Achras sapota*: an important fruit tree for agriculture in coastal areas. *Protoplasma*, *256*, 181-191.

29. Sabeti, H. (2009). Iranian forests, trees and shrubs. Yazd University Press. 886 pages (in Farsi).

30. Taiz, L., & Zeiger, E. (2010). Plant physiology, Sinauer Associates, Inc.; Fifth edition, 782 page.

31. Yadav, S.P., Bharadwaj, R., Nayak, H., Mahto, R., Singh, R.K., & Prasad, S.K. (2019). Impact of salt stress on growth, productivity and physicochemical properties of plants: A Review. *Chemical Studies*, *7*(2), 1793-1798.

32. Yousefi, S., Kartoolinejad, D., Bahmani, M., & Naghdi, R. (2017). Effect of *Azospirillum lipoferum* and *Azotobacter chroococcum* on germination and early growth of hopbush shrub (*Dodonaea viscosa* L.) under salinity stress. *Sustainable Forestry*, *36*(2), 107-120.

33. Zaeifi, M (1999). Flora of Iran, Milkweed (Asclepiadaceae). Institute of Forests and Rangelands Research, *2*(1), 1-60 (in Farsi).

No. 14, Autumn & Winter, 2020, pp 133-148

Desert Management
www.isadmc.ir

Iranian Scientific Association of Desert Management and Control

The Effect of Different Seawater Ratios on Germination Indices and Morpho-Physiological Traits of Milkweed in Vitro and Nursery Conditions

M. Bahmani Jafarlou[1], B. Pilehvar[2*], M. Modaresi[3], M. Mohammadi[4]

1. Ph.D. Candidate, Ecology Department, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Lorestan, Iran.
2. Associate Professor, Forestry Department, Faculty of Agriculture and Natural Resource, Lorestan University, Lorestan, Iran.
3. Assistance Professor, Agronomy Department, Faculty of Agriculture and Natural Resource, Persian Gulf University, Bushehr, Iran.
4. Assistance Professor, Faculty of Research Center of Persian Gulf, Persian Gulf University, Bushehr, Iran.

* Corresponding Author: pilehvar.b@lu.ac.ir

Received date: 30/08/2019 **Accepted date: 08/02/2020**

Abstract

The milkweed shrub, in addition to ecological functions, has special industrial and medicinal values. This plant is widely planted for afforestation in arid lands in the south of Iran. Regard to scarcity of fresh water, using of seawater as a vital and alternative source of water for irrigating of halophyte plants was suggested. Thus, the current research was carried out to investigate the efficiency of diluted seawater on seed germination, growth and physiology parameters of milkweed seedling. For this purpose, an experiment was conducted in completely randomized design with three replications in two separate experiments; *in vitro* and nursery, with different levels of diluted seawater i.e. 0, 12.5, 25 and 50% using saline meter. The results of seed germination test showed that germination parameters and seed vigor index significantly decreased by increasing seawater concentration to more than 12.5%. The results of nursery experiment revealed that concentrations of more than 25% of seawater significantly reduced growth performance and gas exchange of seedling. The survival rate 55%, height 19.9 cm, specific leaf area 190.7 g/cm^2 and root length 22.54 cm as well as photosynthesis rate 2.83 µmol, transpiration rate 0.42 mmol, chlorophyll 20.45% and relative water content 43.95% were observed in 25% seawater treatments. It is recommended that researchers conduct a broader study of the salinity-tolerant physiology of this valuable medicinal plant to obtain more comprehensive information for afforestation programs.

Keywords: Seed Vigor Index; Survival; Photosynthesis; Persian Gulf; Seawater Agriculture