

مقاله پژوهشی

تأثیر پیش تیمار آبی و هورمونی با جیبرلین بر جوانه‌زنی، ظهور گیاهچه و برخی صفات رشدی دو گونه خارشتر (*Alhagi graecorum* Khuzestan ecotype and *Alhagi maurorum* Esfahan) تحت شرایط آب شور خلیج فارس (ecotype)

فرزانه امیری کیا^۱، مجید نبی پور^{۲*}، معصومه فرزانه^۳

چکیده مبسوط

مقدمه: استفاده از فناوری پیش تیمار بذر به منظور تسریع در جوانه‌زنی و ظهور گیاهچه گیاهان چند منظوره همچون گیاه شورپسند خارشتر با قابلیت تولید دارو و علوفه در شرایط تنش‌های محیطی و یا کاربرد آب‌های نامتعارف شور (همچون آب خلیج فارس) امروزه بسیار مورد توجه قرار گرفته است. لذا پژوهش حاضر با هدف بررسی روش‌های پیش تیمار بذر و سطوح شوری مختلف بر جوانه‌زنی، ظهور گیاهچه و برخی پاسخ‌های رشدی گیاه خارشتر انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها: دو آزمایش مجزا هر یک به صورت اسپیلت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در آزمایشگاه و گلدان در شرایط مزرعه آزمایشی گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی در دو آزمایش شامل سطوح مختلف شوری (آب شهری با هدایت الکتریکی ۰/۹۶ دسی‌زیمنس بر متر و ۸ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر با استفاده از آب خلیج فارس) به عنوان عامل اصلی و روش‌های مختلف پیش تیمار بذر (بدون پیش تیمار، پیش تیمار آبی، پیش تیمار با هورمون جیبرلین ۵۰ میلی‌گرم در لیتر و پیش تیمار آبی+پیش تیمار با هورمون جیبرلین ۵۰ میلی‌گرم در لیتر) و گونه‌های (*A. graecorum* و *Alhagi maurorum*) به عنوان عامل‌های فرعی در نظر گرفته شد.

یافته‌ها: نتایج نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار بر همکنش شوری×گونه×پیش تیمار بر تمام صفات مورد مطالعه در دو آزمایش بود. با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها بیشترین مقدار صفات درصد جوانه‌زنی بذر، شاخص بنیه بذر، درصد ظهور گیاهچه، ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، ماده خشک کل و هدایت روزه‌ای در گونه *A. graecorum* و تیمار توام آب شهری با هدایت الکتریکی ۰/۹۶ دسی‌زیمنس بر متر و پیش تیمار آبی+پیش تیمار با هورمون جیبرلین ۵۰ میلی‌گرم در لیتر به ترتیب با ۲۹/۱، ۹۰/۲، ۲۴/۰، ۳۲/۳، ۵۲/۵، ۵۲/۱ و ۳۲/۴ درصد افزایش نسبت به تیمار عدم اعمال پیش تیمار و شوری حاصل شد. نتایج آماره‌های حاصل از برآزش تابع لجستیک نیز بر صفت درصد ظهور گیاهچه نشان داد که این تابع به خوبی توانسته است روند ظهور گیاهچه را در هر دو گونه مورد مطالعه، در سطوح مختلف پیش تیمار و در هر سطح تنش شوری در برابر زمان توصیف کند ($R^2_{adj} \geq 0.98$ و $RMSE \leq 3.38$). بنابراین نتایج در دو گونه مورد مطالعه اگرچه روند کاهش ظهور گیاهچه از سطح ۸ دسی‌زیمنس بر متر آغاز گردید، اما در سطح ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر اعمال تنش شوری شیب افزایش درصد ظهور گیاهچه به ازای زمان کندتر بوده است.

نتیجه‌گیری: حال به منظور کشت و بهره‌وری از اراضی شور حاشیه سواحل و نیز احیای مراتع کشور، گونه *A. graecorum* تحت تیمار توام پیش تیمار آبی+پیش تیمار با هورمون جیبرلین ۵۰ میلی‌گرم در لیتر نسبت به دیگر سطوح تیماری قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: پیش تیمار آبی، تابع لجستیک، تنظیم کننده رشد، ظهور گیاهچه، گیاه شورزی

جنبه‌های نوآوری:

- ۱- پاسخ‌های جوانه‌زنی و رشدی دو گونه گیاه خارشتر بومی ایران و امکان تولید در شرایط آبیاری با آب شور خلیج فارس بررسی شد.
- ۲- از روش پیش تیمار بذر به منظور تسریع در جوانه‌زنی، ظهور گیاهچه و بهبود برخی صفات دو گونه گیاه خارشتر مورد مطالعه استفاده گردید.

^۱ دانشجوی دکتری اگروتکنولوژی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

^۲ استاد گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

^۳ استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز



مقدمه

گیاهان شورزی یا هالوفیتها به عنوان یک عضو مشترک در بوم‌نظام‌های کشاورزی مطرح بوده و بسیاری از محققان بر این باورند که این گیاهان نقش مهمی در آینده کشاورزی با استفاده از آب‌های شور و حفاظت از زیستگاه‌ها بر عهده خواهند داشت (بویر^۱، ۲۰۰۴). خارشتر با نام علمی *Alhagi spp.* متعلق به خانواده بقولات^۲ و زیرخانواده پروانه‌آسا^۳ یک گیاه شورزی (هالوفیت) چندساله، پایا، بوته‌ای، دارای خارهای فراوان و با منشأ ناحیه ایران-تورانی می‌باشد (بازوبندی^۴ و همکاران، ۲۰۰۶). گونه‌های مختلفی از جنس خارشتر در دنیا وجود دارد که می‌توان به گونه‌های *A. A. sparsifolia*، *A. pseudalhagi maurorum*، *A. camelorum* (Synonym *A. mannifera*) و *graecorum* اشاره کرد که از این بین تنها دو گونه از آن در ایران پراکنش دارد (هویزه^۵ و همکاران، ۲۰۰۲؛ دیناروند^۶ و همکاران، ۲۰۲۱). گونه *A. maurorum* در مرکز ایران پراکنش وسیعی داشته و گونه *A. graecorum* بیشتر در نواحی جنوب و جنوب غرب کشور می‌روید (مظفریان^۷، ۲۰۰۱). این گیاه به دلیل داشتن ریشه عمیق و تغییرات به عمل آمده در شکل ظاهری برگ‌های آن، نسبت به کم‌آبی و شوری مقاوم و در بدترین شرایط بوم‌شناسی از جمله مناطقی با دوره ۴ تا ۱۱ ماه متوالی خشکی با بارندگی در حد ۵۰ میلی‌متر در سال و نیز مناطق با شوری و قلیایی بودن بالا توان رویش و بقا دارد (نیکفام^۸ و همکاران، ۲۰۱۳). امروزه از این گیاه به دلیل ترکیب شیمیایی منحصر به فرد آن در تولید علوفه تازه و سیلو شده به عنوان جایگزین کاه غلات و یونجه در مناطقی که امکان تولید این گیاهان وجود ندارد و نیز به منظور تولید دارو در درمان اختلالات گوارشی، سنگ کلیه و دردهای رماتیسمی

استفاده می‌گردد (الکاسومی^۹ و همکاران، ۲۰۰۸؛ شفاپی‌فر^{۱۰} و همکاران، ۲۰۱۲). تولیدمثل در گیاه خارشتر بطور عمده از طریق اندام‌های رویشی (ریزوم) و بذر صورت می‌گیرد (پیراسته-انوشه^{۱۱} و همکاران، ۲۰۲۰). گل‌های این گیاه کوچک، دارای دم‌گل کوتاه و صورتی رنگ، روی محورهای نوک تیز خاردار و روی بخش‌های بالایی گیاه یافت می‌شوند (جعفری^{۱۲} و همکاران، ۲۰۱۶). میوه در این خانواده ناشکوکفا است، همچنین دانه‌های قرمز تا قهوه‌ای رنگ آن در داخل نیامک پهلوی هم و به صورت نامرتب قرار دارند (مرادی^{۱۳}، ۲۰۱۵). خواب بذرهای نیز از نوع فیزیکی ناشی از عدم نفوذپذیری پوسته بذر می‌باشد (اسماعیلی و اسلامی^{۱۴}، ۲۰۱۰). جوانه‌زنی خارشتر در بهار صورت گرفته و در سال اول گیاه قادر به تولید گل نیست. دوره گلدهی از اواخر بهار و تابستان شروع شده، با شروع پاییز اندام‌های هوایی از بین رفته و دوباره بهار سال بعد جوانه می‌زنند (مرادی، ۲۰۱۵). بنا بر مطالعات مختلف از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر جوانه‌زنی، سبز شدن و رشد این گیاه شوری بوده که می‌تواند بسیاری از فرآیندهای اساسی مرتبط با این مراحل را تحت تأثیر قرار دهد (ژینگ^{۱۵} و همکاران، ۲۰۰۸؛ حقیقی^{۱۶} و همکاران، ۲۰۱۱).

در این راستا محققان به منظور بررسی اثر تنش شوری بر جوانه‌زنی و قدرت بذر گیاه خارشتر به این نتیجه رسیدند که شوری کم باعث تحریک جوانه‌زنی و ظهور گیاهچه گیاه خارشتر می‌شود و وجود غلظت‌های پایین نمک برای جوانه‌زنی و استقرار این گیاه نیاز اساسی می‌باشد (زوباید^{۱۷} و همکاران، ۲۰۰۶). دیگر محققان نیز با بررسی اثر سطوح تنش شوری با آب دریا به میزان ۹/۱، ۱۶/۲ و ۲۸/۲ دسی‌زیمنس بر متر بر خصوصیات رشدی دو گیاه خارشتر و ماش گزارش

⁹ Alqasoumi

¹⁰ Shafaefar

¹¹ Pirasteh-Anosheh

¹² Jafari

¹³ Moradi

¹⁴ Esmaili and Eslami

¹⁵ Zeng

¹⁶ Haghghi

¹⁷ Zobayd

¹ Boer

² Fabaceae

³ Papilionaceae

⁴ Bazoobandi

⁵ Howizeh

⁶ Dinarvand

⁷ Mozaffarian

⁸ Nikfam

مدیریت درازمدت این گیاه خواهد داشت (اسماعیلی و اسلامی، ۲۰۱۰). از جمله مناسب‌ترین راهکارها که در زمینه افزایش قدرت جوانه‌زنی، یکنواختی و استقرار بهتر گیاهچه و متعاقب آن حصول عملکرد مطلوب در گیاهان انجام پذیرفته است، می‌توان به روش‌های مختلف پیش‌تیمار بذر شامل پیش‌تیمار آبی، پیش‌تیمار ماتریک، پیش‌تیمار اسمزی، پیش‌تیمار زیستی و پیش‌تیمار هورمونی اشاره کرد (ملکزاده و فلاح^۳، ۲۰۱۵؛ هاریس^۴ هاریس^۴ و همکاران، ۲۰۰۱).

در روش پیش‌تیمار آبی بذرهای بدون استفاده از هیچ ماده شیمیایی و تنها با آب خالص تیمار شده که این نوع پیش‌تیمار بسیار ساده و ارزان است (طالبی و نبوی‌کلات^۵، ۲۰۱۵). روش هورمون پیش‌تیمار نیز نوع خاصی از آماده‌سازی بذرهای پیش از کاشت بوده که از طریق خواباندن بذرهای غلظت‌های تعیین‌شده محلول‌های هورمونی صورت می‌پذیرد (آذرینیا^۶ و همکاران، ۲۰۱۶). گزارش شده است که کاربرد پیش‌تیمار بذر طی تنش شوری منجر به رونویسی زودهنگام DNA، افزایش RNA و پروتئین سنتتاز شده و رشد جنین را از طریق ترمیم بخش‌های آسیب‌دیده با استفاده از ترشحات متابولیت‌ها، بهبود می‌بخشد (ملکزاده و فلاح، ۲۰۱۵). اثرات مثبت روش‌های پیش‌تیمار بذر در بهبود شرایط رشدی گیاهانی همچون سالیکورنیا (آبشناس^۷ و همکاران، ۲۰۱۹)، ارزن (اسکندری و علیزاده امرایی^۸، ۲۰۱۴)، علف گندمی بلند بلند (عیسوند^۹ و همکاران، ۲۰۰۸)، سیاه‌دانه (طالبی و نبوی‌کلات، ۲۰۱۵) و زنیان (ملکزاده و فلاح، ۲۰۱۵) در مواجهه با تنش‌های محیطی در مطالعات مختلف مورد تأیید قرار گرفته است.

حال با توجه به اهمیت شناخت گیاه علوفه‌ای- دارویی خارشتر که از مهم‌ترین منابع ژنتیکی متحمل به تنش‌های محیطی به‌ویژه خشکی و شوری می‌باشد، این پژوهش با اهداف (۱) بررسی جوانه‌زنی و استقرار گیاه

کردند که شوری آب دریا باعث تغییراتی در نفوذپذیری غشاء شد که به عنوان نشت الکترولیت در هر دو گیاه اندازه‌گیری گردید. آن‌ها اظهار داشتند که گیاه خارشتر نفوذپذیری غشایی کمتری نسبت به گیاه ماش داشت، همچنین با افزایش سطوح شوری، نفوذپذیری غشاء در گیاه خارشتر کاهش یافت، درحالی‌که در گیاه ماش این روند تا شوری ۹/۱ دسی‌زیمنس بر متر افزایش و سپس با افزایش شدت تنش کاهشی گردید. آن‌ها تفاوت در تحمل به شوری بین دو گیاه گلیکوفیت ماش و هالوفیت خارشتر را ناشی از تغییر در تنظیمات اسمزی و عوامل دخیل در نفوذپذیری غشا همچون توانایی بالاتر گیاه خارشتر در انباشته کردن یون‌های معدنی همچون سدیم و کلر عنوان داشتند (کوربان^۱ و همکاران، ۱۹۹۸). حال آن‌که محققان در مطالعه‌ای دیگر با بررسی اثر تنش شوری (۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار) در یک آزمایش گلدانی بر خصوصیات رشدی و فیزیولوژیکی گیاه خارشتر دریافتند که افزایش شدید تنش شوری از سطح شاهد (صفر) به ۱۰۰ میلی‌مولار باعث کاهش محتوی کلروفیل کل (۳۱/۲ درصد)، نرخ فتوسنتز خالص (۳۹/۱ درصد)، نرخ تبادلات روزنه‌ای (۴۷ درصد) و حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II (Fv/Fm) (۲۳/۵ درصد) گردید، اما کارایی غیر فتوشیمیایی فتوسیستم II (NPQ) (۲۸ درصد) افزایش داشت که این امر سبب محدودیت تبادلات روزنه‌ای و کاهش جذب کربن فتوسنتزی از طریق خسارت به فتوسیستم II گردید (شاوکات^۲ و همکاران، ۲۰۱۷).

بنابراین ضروریست تا در راستای شناخت این گونه شورپسند و معرفی آن به منظور کشت و گسترش در مناطق شور از الگوهای مدیریتی صحیح جهت افزایش دامنه بردباری آن بخصوص در اوایل فصل رشد (ابتدای جوانه‌زنی و ظهور اولیه گیاهچه در اواخر اسفند تا اواسط فروردین‌ماه) استفاده گردد. با توجه به وجود خواب فیزیکی ناشی از سخت بودن پوسته بذر خارشتر، عدم جوانه‌زنی هم‌زمان و همچنین ضعیف بودن گیاهچه‌های تولیدی و استقرار کند آن‌ها، اعمال روش‌های مدیریتی به منظور تسریع در جوانه‌زنی و استقرار نقش مهمی در

³ Malekzade and Fallah

⁴ Harris

⁵ Talebi and Nabavi Kalat

⁶ Azarnia

⁷ Abshenas

⁸ Eskandari and Alizadeh-Amraie

⁹ Eisvand

¹ Kurban

² Shawkat

A. graecorum و *maurorum* Esfahan ecotype (Khuzestan ecotype) به عنوان عامل‌های فرعی در نظر گرفته شد.

در آزمون جوانه‌زنی ابتدا بذرها پس از ضدعفونی و اعمال تیمارهای پیش تیمار بر بستر (کاغذ واتمن شماره یک با قطر ۹ سانتی‌متر) در پتری‌ها قرار داده شدند (۵۰) بذر پرایم شده در هر پتری) و مقدار پنج میلی‌لیتر از محلول با سطوح مختلف شوری به آن‌ها اضافه شد (کامبیراتو و مک‌کریدی^۱، ۱۹۹۹). دوره دمایی در ژرمیناتور در هنگام جوانه‌زنی به میزان ۲۵ درجه سلسیوس در روز و ۲۰ درجه سلسیوس در شب و دوره نوردهی ۱۲ ساعت نور طی روز و ۱۲ ساعت تاریکی و رطوبت نسبی ۵۰ درصد تنظیم شد (اسماعیلی و اسلامی، ۲۰۱۰؛ پیراسته-انوشه، ۲۰۲۰). شمارش بذرهاى جوانه‌زده به صورت روزانه و از ۲۴ ساعت پس از کشت آغاز گردید.

ملاک جوانه‌زنی، خروج ریشه‌چه و ساقه‌چه سالم بوده و بذرهاى جوانه‌زده از محیط آزمایش حذف شدند (ایستا^۲، ۲۰۱۲).

در انتهای این بخش از آزمایش (در گونه *A. graecorum* Khuzestan ecotype پس از ۶ روز و در گونه *A. maurorum* Esfahan ecotype پس از ۷ روز) درصد جوانه‌زنی نهایی (رابطه ۱) از مجموع نسبت تعداد کل بذرهاى جوانه‌زده به تعداد روزهای پس از کاشت به دست آمد که در آن N_i برابر است با تعداد کل بذرهاى جوانه‌زده تا روز N ام و T_i شماره روزهای اندازه‌گیری است (ایگلی و تکرونی^۳، ۱۹۹۷). همچنین شاخص بنیه بذر نیز بر اساس رابطه ۲ محاسبه شد (عبدالباکی و اندرسون^۴، ۱۹۷۵).

$$FGP = \sum G \cdot I_i = \frac{N_i}{T_i} \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$V_i = \frac{FGP \times MSH}{100} \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در رابطه فوق V_i شاخص بنیه بذر، FGP درصد جوانه‌زنی نهایی و MSH حاصل جمع طول ریشه‌چه و ساقه‌چه است.

خارشتر در بستر شور با استفاده از آب دریا (خلیج فارس) (۲) معرفی گونه برتر از بین دو گونه مورد مطالعه از نظر مقاومت به سطوح مختلف شوری و میزان زیست‌توده تولید شده و در نهایت (۳) یافتن مناسب‌ترین روش پیش تیمار بذر به منظور تحمل به شوری با توجه به شرایط آب و هوایی خوزستان انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰، در دو بخش آزمایشگاهی (آزمایشگاه تکنولوژی بذر) و گلدانی در شرایط طبیعی مزرعه (مزرعه آزمایشی شماره دو) دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز (طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۱ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۱۹ دقیقه شمالی و ارتفاع ۲۲ متر از سطح خلیج فارس) اجرا شد. بذرهاى مورد استفاده گیاه خارشتر شامل گونه *A. graecorum* Khuzestan ecotype از اراضی بایر استان خوزستان و گونه *A. maurorum* Esfahan ecotype از شرکت پاکان بذر اصفهان (جمع‌آوری شده از مزارع اصفهان) در فصل تابستان ۱۳۹۹ تهیه گردید. مشخصات جغرافیایی محل جمع‌آوری بذرها در جدول ۱ نشان داده شده است.

پس از جدا کردن دانه از غلاف به مدت ۳ دقیقه با استفاده از محلول هیپوکلریت سدیم ۱۰ درصد ضدعفونی و سپس ۳ مرتبه با آب مقطر شستشو داده شد. به منظور شکست خواب بذرها (خواب فیزیکی ناشی از پوسته سخت بذر) از آب ۱۰۰ درجه سلسیوس به مدت سه دقیقه استفاده گردید (اسماعیلی و اسلامی، ۲۰۱۰). طرح اجرایی در دو آزمایش به صورت اسپیلت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار بود. سطوح مختلف شوری (آب شهری (dS-) $EC = 0.96m^{-1}$)، ۸ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر با استفاده از آب خلیج فارس) به عنوان عامل اصلی و روش‌های مختلف پیش تیمار بذر (A= بدون پیش تیمار، B= پیش تیمار آبی شامل خوابانیدن بذرها به مدت دو روز در آب مقطر، C= پیش تیمار با هورمون جیبرلین ۵۰ میلی‌گرم در لیتر به مدت ۱۲ ساعت (به دست آمده از پیش آزمایش‌ها) و D= پیش تیمار آبی + پیش تیمار با هورمون جیبرلین ۵۰ میلی‌گرم در لیتر) و گونه (A.

¹ Camberato and Mccarty

² ISTA

³ Egli and Tekrony

⁴ Abdul-baki and Anderson

جدول ۱. مختصات منطقه‌ای و جغرافیایی منشأ دو گونه خارشتر جمع‌آوری شده از استان‌های خوزستان و اصفهان

Table 1. Regional and geographical coordinates of the two species of *Alhagi* collected in Khuzestan and Esfahan province

مختصات منطقه‌ای					مختصات جغرافیایی				
Regional coordinates					Geographical coordinates				
جنس Genus	گونه Species	اکوتیپ Ecotype	شهرستان County	بخش Section	ارتفاع از سطح دریا Elevation (m)	عرض شمالی		طول شرقی	
						درجه	دقیقه	درجه	دقیقه
						North latitude		East longitude	
<i>Alhagi</i>	<i>graecorum</i>	Khuzestan	Ahvaz	Ahvaz	22	31	38	48	36
<i>Alhagi</i>	<i>maurorum</i>	Esfahan	Esfahan	Najwan	1575	32	38	51	38

مناسب و به نسبت پوک با نسبت سه قسمت خاک مزرعه الک شده و یک قسمت کود دامی پوسیده (به نسبت ۳:۱) این گونه‌ها به راحتی جوانه زده و در ادامه آن سریع‌تر استقرار یافتند. از ماسه شسته شده نیز در لایه زیرین گلدان به میزان سه سانتی‌متر به منظور خروج زه‌آب اضافی، تهویه مناسب و جلوگیری از افزایش شوری در بستر ریشه بیش از تیمار شوری مورد بررسی استفاده گردید. سپس ۲۰ عدد بذر پیش‌تیمار شده در عمق ۵/۰ سانتی‌متری در تاریخ ۱۵ اسفندماه (به دست آمده در پیش‌آزمایش‌ها) در هر گلدان کشت گردید. به منظور تأمین نیاز غذایی خارشتر، کوددهی گیاهان تا انتهای رشد هر دو هفته یک‌بار با استفاده از کود تجاری ۲۰-۲۰-۲۰ N-P-K حاوی عناصر میکرو Zn, Mn, Fe, Mg, Cu, B و Mo (۵ w/v) (ساخت شرکت AgriTecnو شهر والنسیا، کشور اسپانیا) به صورت محلول‌پاشی با اسپری دستی با حجم پاشش محلول 0.96 L m^{-2} به صورت یکنواخت بر تمام اندام هوایی گیاه انجام پذیرفت. با توجه به اینکه خارشتر یک گیاه چندساله بوده لذا در سال اول در این پژوهش تنها از مرحله ظهور گیاهچه تا توسعه شاخه‌های فرعی مورد بررسی قرار گرفت.

در آزمایش گلدانی در شرایط طبیعی مزرعه نیز برای تأمین آب شور با استفاده از تانکر، آب خلیج فارس (EC برابر با ۷۷ دسی‌زیمنس بر متر) از بندر ماهشهر حمل و در طول آزمایش در مخزن مادر به حجم ۱۰۰۰۰ لیتر نگهداری می‌شد. برای تهیه سطوح شوری از ۳ مخزن جداگانه هر کدام به حجم ۲۰۰۰ لیتر استفاده شد و هر سطح شوری با اختلاط آب شور خلیج فارس از مخزن مادر با آب تسویه لوله‌کشی در داخل هر مخزن مرتبط با آن تیمار شوری و مهار به وسیله دستگاه هدایت الکتریکی سنج (EC متر) قابل حمل، تهیه می‌گردید (توضیح: به این صورت که داخل مخزن اول آب شهری با هدایت الکتریکی ۰/۹۶ دسی‌زیمنس بر متر، مخزن دوم و سوم به ترتیب برای سطوح شوری ۸ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر با استفاده از آب خلیج فارس استفاده شد). نتایج تجزیه کیفیت آب آبیاری برای هر سطح شوری در جدول ۲ ارائه شده است.

در آزمایش گلدانی هر واحد آزمایشی شامل ۴ گلدان پلاستیکی با قطر ۳۰ و عمق ۴۰ سانتی‌متر و دارای چهار سوراخ به قطر ۵/۰ سانتی‌متر در انتهای گلدان به منظور زهکشی مناسب بود. به منظور شبیه‌سازی محیط طبیعی ریشه گیاه خارشتر با کاربرد بستری

جدول ۲. کیفیت آب آبیاری (با رقیق‌سازی آب خلیج فارس) و آب شهری در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹

Table 2. Irrigation water quality (with diluting the Persian Gulf) and tap water in the cropping year 2020-21

هدایت الکتریکی EC	اسیدیته pH	سولفات SO_4^{2-}	بی‌کربنات HCO_3^-	منیزیم Mg	کلسیم Ca	کلر Cl	سدیم Na	پتاسیم K
dS.m^{-1}				me.l^{-1}				
Top water (0.96)	7.39	5.63	4.41	7.0	8.9	11.0	8.99	0.04
8	7.58	41.0	5.69	28.6	24.1	57.5	22.3	4.12
16	7.84	95.3	7.19	61.5	57.2	199.8	179.2	30.3

دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب معادل ۲/۹، ۳/۱ و ۳/۴ لیتر در هربار آبیاری محاسبه گشت.

در طول آزمایش به منظور جلوگیری از افزایش شوری در خاک گلدان و ممانعت از ایجاد شوک در گیاهان، EC عصاره اشباع خاک بستر گلدان (محیط ریشه) سه بار با فاصله یک‌ماهه اندازه‌گیری و مهار گردید (ماس و هوفمن^۲، ۱۹۹۷) و تنها با مشاهده افزایش EC در سطح شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر در نمونه برداری سوم، یک مرتبه آبیاری گلدان‌های این سطح با یک سطح شوری پایین‌تر از تیمار مورد بررسی (۸ دسی‌زیمنس بر متر)، انجام شد (ایزدی^۳ و همکاران، ۲۰۲۲).

برای محاسبه درصد ظهور گیاهچه (رابطه ۷)، شمارش گیاهچه‌ها به صورت روزانه و از ۲۴ ساعت پس از کشت آغاز گردید (ابراهیمی و اسلامی^۴، ۲۰۱۲).
رابطه (۷)

$$100 \times \frac{\text{تعداد گیاهچه در هر روز}}{\text{حداکثر تعداد گیاهچه احتمالی آزمایش}} = \text{درصد ظهور گیاهچه در هر روز}$$

سپس داده‌های جمع‌آوری شده از میانگین‌های درصد ظهور گیاهچه در طی زمان (تا زمانی که ظهور گیاهچه متوقف و ثابت شود) برای پیش‌بینی رفتار دو گونه خارشتر در پاسخ به سطوح پیش‌تیمار و شوری با استفاده از تابع سیگموئیدی لجستیک سه پارامتره^۵ (رابطه ۸) مورد استفاده قرار گرفت (ایزدی و همکاران، ۲۰۲۲؛ ماس و هوفمن، ۱۹۹۷؛ وان جنوچتان و هوفمن^۶، ۱۹۸۴).

$$y = a / (1 + \exp^{-b(x-x_0)}) \quad \text{رابطه (۸)}$$

که در این مدل y درصد ظهور گیاهچه در هر گونه خارشتر، x زمان بر حسب روز، a مجانب بالای منحنی یا همان حداکثر مقدار ظهور گیاهچه، b شیب منحنی یا آهنگ تغییر ظهور گیاهچه به ازای زمان در هر سطح تنش شوری و در نهایت x_0 بیانگر خطی شدن شیب منحنی در هر سطح تنش شوری است. همچنین به منظور ارزیابی در دقت برازش مدل لجستیک مورد

اعمال تیمار شوری در گلدان‌ها بلافاصله پس از کاشت صورت گرفت و تا انتهای مرحله توسعه شاخه‌های فرعی در اواخر خردادماه ادامه یافت (مرادی، ۲۰۱۵). حجم آب و عمق آبیاری نیز با توجه به کسری رطوبتی خاک گلدان و عمق توسعه ریشه (هر دو هفته یک مرتبه از یک گلدان در هر سطح تیمار شوری یک بوته از خاک گلدان جدا شده و پس از شستشو، طول ریشه اندازه‌گیری می‌گردید) از رابطه (۳) محاسبه شد. دور آبیاری نیز در این پژوهش ثابت (چهار روزه) منظور گردید.

$$\text{رابطه (۳)} \quad dn = (\theta fc - \theta i) \times pb \times Zr$$

که در این رابطه dn عمق خالص آب آبیاری بر حسب میلی‌متر، θfc و θi به ترتیب درصد رطوبت وزنی در رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای و رطوبت وزنی خاک قبل از آبیاری، pb جرم مخصوص ظاهری خاک بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب و Zr عمق ریشه بر حسب میلی‌متر است. همچنین عمق ناخالص آبیاری نیز با توجه به نیاز آبیاری و از رابطه (۴) حاصل گردید.

$$\text{رابطه (۴)} \quad LF = \frac{ECiw}{(5ECe - ECiw)}$$

که در رابطه فوق LF ، کسر آبیاری، $ECiw$ هدایت الکتریکی آب آبیاری بر حسب دسی‌زیمنس بر متر و ECe هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک بر حسب دسی‌زیمنس بر متر که عملکرد را به صفر می‌رساند و برای گیاه خارشتر ۲۴ دسی‌زیمنس بر متر (به‌دست آمده از پیش‌آزمایش‌ها) برآورد گردید و در رابطه منظور شد. بنابراین عمق ناخالص و حجم آب در هر آبیاری از روابط (۵) و (۶) محاسبه گردید.

$$\text{رابطه (۵)} \quad dg = \frac{dn}{(1-LF) \times Ea}$$

$$\text{رابطه (۶)} \quad V = dg \times A$$

در روابط بالا dg عمق ناخالص آبیاری بر حسب میلی‌متر، V حجم آب آبیاری بر حسب لیتر، A سطح گلدان بر حسب متر مربع و Ea راندمان کاربرد آب آبیاری می‌باشد (سعیدی‌نیا^۱ و همکاران، ۲۰۱۶). در نهایت حجم آب آبیاری پس از اعمال تیمارهای شوری و از مرحله استقرار گیاهچه‌ها برای سطوح آب شهری با هدایت الکتریکی ۰/۹۶ دسی‌زیمنس بر متر، ۸ و ۱۶

² Mass and Hoffman

³ Izadi

⁴ Ebrahimi and Eslami

⁵ Logistics 3P

⁶ Van Genuchten and Hoffman

¹ Saedinia

SigmaPlot ver. 14.0, Systat Software, Chicago,)
(IL انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس در مورد صفات مورد بررسی نشان داد که برهمکنش شوری × گونه × پیش‌تیمار بر تمام صفات مورد بررسی در دو آزمایش معنی‌دار بود (جدول ۳). با توجه به معنی‌داری برهمکنش سه‌گانه شوری × گونه × پیش‌تیمار بر تمام صفات مورد مطالعه از بررسی اثرات اصلی و دوگانه تیمارها صرف نظر شده و برهمکنش سه‌گانه تیمارها به صورت جدول مورد بحث و بررسی قرار گرفت (جدول ۴).

نتایج حاصل از بررسی مقایسه میانگین‌ها حاکی از آن بود که در هر دو گونه مورد مطالعه و سطوح پیش‌تیمار با افزایش سطوح شوری از سطح آب شهری با هدایت الکتریکی ۰/۹۶ دسی‌زیمنس بر متر به ۸ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر تمامی صفات روند کاهشی نشان دادند. در بین سطوح پیش‌تیمار نیز در هر دو گونه مورد مطالعه تیمار توام پیش‌تیمار آبی + پیش‌تیمار با هورمون جیبرلین ۵۰ میلی‌گرم در لیتر به مدت ۱۲ ساعت وضعیت مطلوب‌تری را برای صفات مورد مطالعه نشان داد.

بنا بر نتایج بیشترین مقدار صفات درصد جوانه‌زنی (با میانگین ۸۸/۹ درصد)، شاخص بنیه بذر (با میانگین ۵۲/۵)، درصد ظهور گیاهچه (با میانگین ۷۹ درصد)، ارتفاع بوته (با میانگین ۳۵/۶ سانتی‌متر)، تعداد شاخه فرعی در بوته (با میانگین ۶/۱)، ماده‌خشک‌کل (با میانگین ۷/۳ گرم در بوته) و هدایت روزنه‌ای (با میانگین ۴۸۲ میلی‌مول بر متر مربع بر ثانیه) در گونه A. شهری با هدایت الکتریکی ۰/۹۶ دسی‌زیمنس بر متر و پیش‌تیمار آبی + پیش‌تیمار با هورمون جیبرلین ۵۰ میلی‌گرم در لیتر حاصل شد. این در حالی بود که کمترین مقدار صفات درصد جوانه‌زنی (با میانگین ۲۱/۳ درصد)، شاخص بنیه بذر (با میانگین ۵/۲)، درصد ظهور گیاهچه (با میانگین ۱۴ درصد)، تعداد شاخه فرعی در بوته (با میانگین ۱/۶) و هدایت روزنه‌ای (با میانگین

استفاده از شاخص میانگین مربعات ریشه خطا (RMSE) و ضریب دقت اندازه‌گیری (R^2_{adj}) (روابط ۹ و ۱۰) استفاده شد.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Pt-Ot)^2}{n}} \quad \text{رابطه (۹)}$$

$$R^2_{adj} = 1 - \frac{\sum (Ot-Pt)^2}{(Ot-\bar{Ot})^2} \quad \text{رابطه (۱۰)}$$

که در این معادلات به ترتیب O_t مقادیر اندازه‌گیری شده، P_t مقادیر پیش‌بینی شده و \bar{O}_t میانگین مشاهدات می‌باشد (دهقان^۱ و همکاران، ۲۰۱۳).

هدایت روزنه‌ای گیاه با استفاده از دستگاه پرومتر کالیبره کردن دستگاه با دستور کار کالیبراسیون مستقیم ارائه شده توسط شرکت سازنده، در مرحله آغاز ظهور شاخه‌های جانبی و از برگ‌های کاملاً توسعه یافته یک سوم بالای کانوپی برای سه بوته به صورت تصادفی در هر گلدان اندازه‌گیری شد (کوربان و همکاران، ۱۹۹۹؛ اسنیداکیر و ارایوجو^۲، ۱۹۹۸).

در پایان آزمایش (انتهای مرحله توسعه شاخه‌های فرعی در اواخر خردادماه) به صورت تصادفی پنج بوته از هر گلدان انتخاب و برخی صفات رشدی شامل: ارتفاع بوته (با استفاده از خط‌کش)، تعداد شاخه فرعی و ماده‌خشک‌کل (قرار گرفتن در آن الکتریکی با دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت و توزین توسط ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم) مورد ارزیابی و اندازه‌گیری قرار گرفتند (بازوبندی و همکاران، ۲۰۰۶؛ کوربان و همکاران، ۱۹۹۹).

در انتها پس از اطمینان از نرمال بودن باقی‌مانده داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک (سنتانا^۳ و همکاران، ۲۰۱۸) تجزیه واریانس داده‌ها به وسیله نرم‌افزار SAS (v9.4) و به صورت مدل آزمایشی اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند. همچنین برازش منحنی‌ها و رسم شکل‌ها با کمک نرم‌افزار سیگماپلات

¹ Dehghan

² Snedaker and Araújo

³ Santana

این مسئله می‌تواند ناشی سمیت عناصر، تخریب اندامک‌های درون سلولی و سرانجام کاهش فعالیت این اندامک‌ها و تجزیه آنزیم‌های سیتوپلاسمی سلول‌های گیاهی باشد. بنابراین می‌توان گیاه خارشتر را یک گیاه کلرور پسند دانست (ژینگ و همکاران، ۲۰۰۸) که در مرحله رشد رویشی نسبت به مراحل اولیه رشد مقاومت بالاتری به شوری نشان می‌دهد. همچنین بنا به نظر محققین این امر ناشی از چند ساله بودن گیاه خارشتر و داشتن فرصت بیشتر جهت گسترش اندام‌های رویشی در مراحل پس از ظهور و استقرار این گیاه است (زبید و همکاران، ۲۰۰۶). به نظر می‌رسد که اعمال پیش تیمار بذر بخصوص تیمار توام پیش تیمار آبی + پیش تیمار با هورمون جیبرلین ۵۰ میلی گرم در لیتر در این مطالعه سبب افزایش احتمالی سرعت تقسیم سلولی، افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده مانند آلفا آمیلاز، افزایش سطح شار انرژی زیستی در قالب افزایش مقدار ATP، سنتز بیشتر RNA، DNA، پروتئین سنتتاز و تکمیل بسیاری از مراحل فیزیولوژیکی طی فرآیند رشد اولیه بذرها شده است و سرانجام جوانه‌زنی، ظهور گیاهچه و رشد مطلوب‌تری را در هر دو گونه مورد مطالعه تحت سطوح متفاوت تنش سبب گردیده است. در واقع بذرها پیش تیمار شده پس از قرارگیری در بستر، سریع‌تر جوانه‌زده و گیاهان حاصل از این بذرها در پی آن استقرار بهتر، سریع‌تر و یکنواخت‌تری خواهند داشت. چنین گیاهانی در مقایسه با گیاهان به وجود آمده از بذرها تیمار نشده در طی زمان کمتری سامانه ریشه‌ای خود را گسترش داده و با جذب بهتر آب و عناصر غذایی و تولید بخش‌های سبز فتوسنتزکننده به عملکرد مطلوب‌تری می‌رسند (دومان^۵، ۲۰۰۶).

۱۱۲ میلی‌مول بر متر مربع بر ثانیه) در گونه *A. maurorum* Esfahan ecotype و تیمار بدون پیش تیمار تحت شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر با استفاده از آب خلیج فارس بدست آمد. کوتاه‌ترین بوته‌ها نیز در گونه *A. graecorum* Khuzestan ecotype و تیمار بدون پیش تیمار تحت شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر با استفاده از آب خلیج فارس (با میانگین ۱۳/۷ سانتی‌متر) مشاهده شدند. کمترین مقدار ماده خشک کل نیز در گونه *A. graecorum* Khuzestan ecotype و پیش تیمار با هورمون جیبرلین ۵۰ میلی گرم در لیتر تحت شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر با استفاده از آب خلیج فارس (با میانگین گرم در بوته) حاصل شد (جدول ۴).

تحت تنش شوری فرآیندهای اولیه رشد شامل جوانه‌زنی و ظهور گیاهچه به دلیل منفی‌تر شدن پتانسیل اسمزی و کاهش جذب آب مختل شده و گیاه دچار نوعی خشکی فیزیولوژیک می‌گردد (اکوستا-موتوس^۱، ۲۰۱۷)، که این امر موجب تخریب و یا کاهش فعالیت برخی آنزیم‌های کلیدی در جوانه‌زنی و رشد، تغییرات ساختاری در مولکول‌های اسید نوکلئیک، افزایش فعالیت آنزیم‌های هیدرولیزکننده، نشت غشاء، کاهش تبادلات روزنه‌ای، تنفس، فتوسنتز و سرانجام رشد گیاه می‌گردد (طهماسبی^۲ و همکاران، ۲۰۱۵؛ افضل^۳ و همکاران، ۲۰۰۴).

در این راستا محققان در بررسی و مقایسه تأثیر نمک‌های NaCl و Na₂SO₄ در مراحل جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاه خارشتر گونه *A. persarum* نشان دادند که پاسخ این گونه نسبت به حضور نمک‌های مختلف متفاوت است. همچنین آن‌ها اظهار داشتند که گیاه خارشتر در حضور نمک NaCl یک گونه شورزی در مراحل اولیه رشد محسوب شده و قادر است غلظت‌های ۱۵۰ تا ۲۰۰ میلی‌مولار از این نمک را تحمل کند، اما سطوح تنش شوری ناشی از نمک Na₂SO₄ باعث کاهش معنی‌دار جوانه‌زنی، ظهور گیاهچه و متعاقب آن رشد گیاه خواهد شد (امیری^۴ و همکاران، ۲۰۱۲).

¹ Acosta-Motos

² Tahmasbi

³ Afzal

⁴ Amiri

⁵ Duman

جدول ۳. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر پیش‌تیمار بذر بر جوانه‌زنی، ظهور گیاهچه و برخی صفات رشدی دو گونه گیاه خارشتر تحت شرایط تنش شوری (با استفاده از آب خلیج فارس)

Table 3. Analysis of variance (mean squares) for the effect of seed priming on germination, seedling emergence and some growth traits of two *Alhagi* species under salinity stress (using seawater of Persian Gulf)

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	درصد جوانه‌زنی Final germination percentage	شاخص بنیه بذر Seed vigor index	درصد ظهور گیاهچه Final seedling emergence	ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه فرعی در بوته Number of branches	ماده خشک کل Total dry weight	هدایت روزنه‌ای Stomatal conductance
تکرار (Repetition)	3	16.8	13.5	17.5	1.7	0.001	0.11	100.9
شوری (Salinity)	2	15252.5**	6649.4**	13995.8*	1362.0**	56.580**	69.61**	403381.7**
خطا (Error a)	6	24.4	11.3	17.6	5.1	0.053	0.09	575.8
پیش‌تیمار (Priming)	3	1037.8**	594.7**	1032.2**	213.6**	11.179**	18.24**	61683.5**
گونه (Species)	1	49.5ns	44.0*	1.6 ^{ns}	20.0*	2.502**	1.03**	19739.9**
شوری × پیش‌تیمار (Salinity × Priming)	6	141.9**	77.7**	86.5*	5.0 ^{ns}	0.256**	0.80**	428.0 ^{ns}
شوری × گونه (Salinity × Species)	2	118.7*	74.5**	66.7 ^{ns}	2.2 ^{ns}	0.243*	2.18**	6645.6**
پیش‌تیمار × گونه (Priming × Species)	3	310.3**	21.9ns	270.1**	41.8**	0.493**	0.78**	5393.3**
شوری × پیش‌تیمار × گونه (Salinity × Priming × Species)	6	205.0**	57.2**	175.0**	10.6*	0.404**	0.30**	1914.6*
خطا کل (Error total)	63	16.9	8.2	37.5	4.3	0.067	0.09	830.5
درصد ضریب تغییرات (CV %)		8.4	13.4	14.5	8.4	7.0	7.7	10.6

^{ns}, * و ** به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

^{ns}, * and ** not significant and significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

این تابع به‌خوبی توانسته است روند ظهور گیاهچه را در هر دو گونه مورد مطالعه، در سطوح مختلف پیش‌تیمار و در هر سطح تنش شوری در برابر زمان توصیف کند (جدول ۵). ($R^2_{adj} \geq 0.98$) و ($RMSE \leq 3.38$)

بهبود جوانه‌زنی، استقرار و صفات مورفو-فیزیولوژیک تحت تنش شوری در مطالعات روی گیاهان مختلف همانند گل همیشه‌بهار *Calendula officinalis* L. (کاوایانی و صداقت‌پور^۱، ۲۰۲۰)، استویا *Stevia rebaudiana* Bertoni (عقیقی شاهوردی و امید^۲، ۲۰۱۶)، علف شور *Sporobolus alterniflorus* (حسینی^۳ و همکاران، ۲۰۱۳) و گیاهان شورزی در مواجهه با آب شور دریا (فلاورز و کولمر^۴، ۲۰۱۵؛ اسقایر-هامامی^۵ و همکاران، ۲۰۲۰) با استفاده از روش‌های مختلف پیش‌تیمار تأیید شده است که با مطالعه حاضر هم‌خوانی دارد.

نتایج آماره‌های حاصل از برآزش تابع سیگموئیدی لجستیک نیز بر صفت درصد ظهور گیاهچه نشان داد که

¹ Kaveiani and Sedaghatpour

² Aghighi Shahverdi and Omodi

³ Hessini

⁴ Flowers and Colmer

⁵ Sghaier-Hammami

جدول ۴. برهمکنش شوری (با استفاده از آب خلیج فارس) × پیش تیمار بذر × گونه بر میانگین (±انحراف استاندارد) جوانه زنی، ظهور گیاهچه و برخی صفات رشدی گیاه خارشتر
Table 4. Salinity (using seawater of Persian Gulf) × priming × species interaction effects on mean (±SD) of germination, seedling emergence and some growth traits in *Alhagi* plants

تیمار (Treatment)			صفات (Traits)						
شوری Salinity (dS.m ⁻¹)	پیش تیمار Priming	گونه Species	درصد جوانه زنی Final germination percentage (%)	شاخص بنیه بذر Seed vigor index	درصد ظهور گیاهچه Final seedling emergence (%)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد شاخه فرعی در بوته Number of branches	ماده خشک کل Total dry weight (g.plant ⁻¹)	هدایت روزنه‌ای Stomatal conductance (mmol.m ⁻² .s ⁻¹)
0.96			59.0±2.73 ^e	27.1±1.12 ^{ef}	51±2.19 ^{ef}	29.7±1.01 ^{cde}	4.3±0.25 ^{cd}	4.1±0.58 ^{fg}	300±38.8 ^f
8	A		34.0±8.29 ^{ij}	11.0±1.76 ^{jk}	28±3.95 ^{kl}	23.6±1.33 ^{hi}	2.9±0.18 ^{fg}	3.4±0.28 ^{hi}	176±19.0 ^{klm}
16			21.3±4.81 ^k	5.2±1.22 ^l	14±2.01 ⁿ	14.8±3.40 ^{lm}	1.6±0.12 ^k	1.8±0.14 ^{kl}	112±16.4 ^o
0.96			72.4±2.69 ^{cd}	36.2±4.67 ^{cd}	67±7.03 ^{bc}	29.6±3.40 ^{cde}	5.1±0.35 ^b	5.4±0.12 ^c	384±20.6 ^{cde}
8	B		40.6±2.30 ^{fgh}	15.6±1.42 ^{hi}	33±4.96 ^{h-k}	24.0±2.18 ^{ghi}	4.5±0.30 ^c	4.0±0.31 ^g	302±29.9 ^f
16			22.9±2.95 ^k	7.0±1.01 ^{kl}	17±1.97 ⁿ	17.1±1.24 ^{kl}	2.3±0.12 ^{hi}	3.2±0.25 ^{ij}	212±33.0 ^{ijk}
0.96			74.1±3.37 ^{bcd}	34.3±3.59 ^d	64±5.56 ^c	29.5±1.27 ^{cde}	4.2±0.30 ^{cd}	4.9±0.53 ^{de}	357±37.5 ^e
8	C	<i>Alhagi maurorum</i> Esfahan ecotype	55.8±7.13 ^e	21.3±3.11 ^g	46±3.69 ^{fg}	23.3±2.28 ^{hi}	3.1±0.33 ^f	2.8±0.12 ^j	201±24.5 ^{jk}
16			38.6±1.62 ^{ghi}	10.3±1.84 ^{jk}	30±2.58 ^{jk}	14.7±1.41 ^{lm}	2.2±0.16 ⁱ	2.1±0.14 ^k	156±17.1 ^{mn}
0.96			79.3±3.92 ^b	41.0±1.25 ^b	73±6.61 ^{ab}	31.7±2.96 ^{bc}	5.2±0.29 ^b	6.0±0.34 ^b	412±25.1 ^{bc}
8	D		60.4±4.06 ^e	26.2±2.20 ^{ef}	53±3.03 ^{ef}	27.1±3.01 ^{ef}	4.3±0.20 ^{cd}	4.1±0.07 ^{fg}	287±12.5 ^{fg}
16			37.9±1.65 ^{ghi}	13.6±1.97 ^{hij}	34±3.15 ^{h-k}	23.9±2.31 ^{hi}	2.8±0.18 ^{fg}	3.7±0.22 ^{gh}	197±25.6 ^{kl}
0.96			59.8±3.48 ^e	27.6±1.86 ^e	55±2.48 ^{de}	26.9±1.51 ^{efg}	4.0±0.27 ^{de}	4.8±0.16 ^e	364±32.2 ^{de}
8	A		37.6±3.55 ^{ghi}	12.6±1.40 ^{ij}	32±5.30 ^{ijk}	18.8±1.40 ^{jk}	3.0±0.16 ^f	3.1±0.07 ^{ij}	193±23.5 ^{klm}
16			31.5±5.95 ^j	8.1±8.08 ^{kl}	26±19.05 ^{klm}	13.7±1.53 ^m	1.8±0.22 ^{jk}	2.0±0.55 ^k	124±14.6 ^{no}
0.96			69.7±1.42 ^d	37.9±2.42 ^{bcd}	62±5.95 ^{cd}	32.9±2.19 ^{ab}	5.8±0.39 ^a	6.1±0.39 ^b	449±28.8 ^{ab}
8	B		45.3±4.41 ^f	21.0±3.25 ^g	39±7.26 ^{ghi}	27.7±1.02 ^{def}	4.1±0.18 ^d	4.5±0.25 ^{ef}	241±20.3 ^{hij}
16			34.8±2.92 ^{hij}	10.9±1.12 ^{jk}	29±0.73 ^{ikl}	19.6±0.91 ^{jk}	2.6±0.19 ^{gh}	2.9±0.44 ^j	174±24.8 ^{klm}
0.96			76.6±6.27 ^{bc}	40.0±5.96 ^{bc}	69±8.58 ^{bc}	30.7±1.99 ^{bc}	4.9±0.34 ^b	5.3±0.26 ^{cd}	403±48.2 ^{cd}
8	C	<i>Alhagi graecorum</i> Khuzestan ecotype	42.3±3.90 ^{fg}	16.8±1.59 ^h	35±3.93 ^{hij}	25.1±1.38 ^{fgh}	3.7±0.12 ^e	2.2±0.05 ^k	254±29.2 ^{gh}
16			23.4±2.81 ^k	6.3±1.04 ^l	19±0.48 ^{mn}	17.3±0.59 ^{kl}	2.0±0.20 ^{ij}	1.5±0.32 ^l	158±12.0 ^{lmn}
0.96			88.9±2.76 ^a	52.5±2.64 ^a	79±4.70 ^a	35.6±3.34 ^a	6.1±0.40 ^a	7.3±0.32 ^a	482±24.6 ^a
8	D		45.1±3.47 ^f	23.2±1.89 ^{fg}	41±4.49 ^{gh}	30.3±2.01 ^{bcd}	5.2±0.25 ^b	4.9±0.08 ^{de}	351±39.3 ^e
16			24.1±5.24 ^k	8.2±1.90 ^{kl}	21±2.72 ^{lmn}	21.3±1.68 ^{ij}	3.1±0.13 ^f	3.4±0.27 ^{hi}	247±35.8 ^{ghi}
LSD (0.05)			5.9	4.1	8.44	2.94	0.36	0.42	40.1

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد با هم ندارند.

A= بدون پیش تیمار، B= پیش تیمار آبی، C= پیش تیمار با هورمون جیبرلین ۵۰ میلی گرم در لیتر و D= پیش تیمار آبی + پیش تیمار با هورمون جیبرلین ۵۰ میلی گرم در لیتر.

Means within each column followed by the same letter are not significantly different ($P \leq 0.05$).

A= Non-priming, B= Hydro priming, C= Hormonal priming with 50 ppm gibberellin and D= Hydro priming + Hormonal priming with 50 ppm gibberellin.

عملکرد مطلوب می‌گردد، چراکه تراکم بوته مطلوب در واحد سطح یکی از اجزای اصلی عملکرد در گیاهان است (پوری^۱ و همکاران، ۲۰۱۲). با توجه به اهمیت ظهور گیاهچه و استقرار گیاه، تأثیرپذیری آن از طریق مدل‌های سیگموئیدی سه پارامتره در پاسخ به سطوح شوری و روش‌های پیش‌ تیمار بذر توسط دیگر محققان نیز تأیید شده است که با مطالعه حاضر هم‌خوانی دارد (دوری^۲ و همکاران، ۲۰۱۷؛ گل‌محمدزاده^۳ و همکاران، ۲۰۲۰؛ لیم^۴ و همکاران، ۲۰۲۱).

بنا بر نتایج این تابع مشخص گردید که تأثیرپذیری ظهور گیاهچه در سطوح مختلف شوری یکسان نبوده به نحوی که در تمام سطوح پیش‌ تیمار با افزایش سطوح شوری، هم درصد ظهور گیاهچه کمتر و هم زمان رسیدن به ۵۰ درصد ظهور گیاهچه کندتر بود، به طوری که با افزایش سطح شوری از سطح آب شهری با هدایت الکتریکی ۰/۹۶ به ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر زمان رسیدن به ۵۰ درصد ظهور گیاهچه به ترتیب در A. *maurorum* Esfahan ecotype از ۷/۴۰ به ۱۹/۶۰ روز در تیمار بدون پیش‌ تیمار (شکل 1 a)، از ۶/۵۱ به ۱۴/۳۷ روز در تیمار پیش‌ تیمار آبی (شکل 1 c)، از ۷/۰۶ به ۱۳/۰۴ روز در تیمار پیش‌ تیمار با هورمون جیبرلین ۵۰ میلی‌گرم در لیتر (شکل 1 e)، از ۶/۶۴ به ۱۱/۹۲ روز در تیمار توام پیش‌ تیمار آبی + پیش‌ تیمار با هورمون جیبرلین ۵۰ میلی‌گرم در لیتر (شکل 1 g) و در A. *graecorum* Khuzestan ecotype از ۸/۰۶ به ۱۶/۶۴ روز در تیمار بدون پیش‌ تیمار (شکل 1 b)، از ۶/۵۰ به ۱۶/۱۰ روز در تیمار پیش‌ تیمار آبی (شکل 1 d)، از ۶/۴۹ به ۱۴/۳۸ روز در تیمار پیش‌ تیمار با هورمون جیبرلین ۵۰ میلی‌گرم در لیتر (شکل 1 f) و از ۵/۳۰ به ۱۰/۰۶ روز در تیمار توام پیش‌ تیمار آبی + پیش‌ تیمار با هورمون جیبرلین ۵۰ میلی‌گرم در لیتر (شکل 1 h) افزایش یافت.

همچنین نتایج حاصل از جدول (۵) نشان داد که در هر دو گونه مورد مطالعه اگرچه روند کاهش ظهور گیاهچه از سطح ۸ دسی‌زیمنس بر متر آغاز گردید، اما در سطح ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر اعمال تنش شوری شیب افزایش درصد ظهور گیاهچه به ازای زمان کندتر بوده که این امر حاکی از ظهور گیاهچه بیشتر و سریع‌تر دو گونه مورد مطالعه گیاه خارشتر در سطح پایین‌تر شوری (۸ دسی‌زیمنس بر متر) بخصوص در تیمار توام پیش‌ تیمار آبی + پیش‌ تیمار با هورمون جیبرلین ۵۰ میلی‌گرم در لیتر نسبت به سطح شوری بالاتر (۱۶ دسی‌زیمنس بر متر) و دیگر تیمارهای پیش‌ تیمار بذر در این مطالعه بود. کاهش ظهور گیاهچه در سطوح اعمال تنش در نتیجه آسیب ناشی از تنش شوری در بذرها رخ می‌دهد در نهایت موجب کاهش تراکم بوته در واحد سطح خواهد شد که این امر منجر به عدم دستیابی به

¹ Poori

² Dorri

³ Golmohammadzadeh

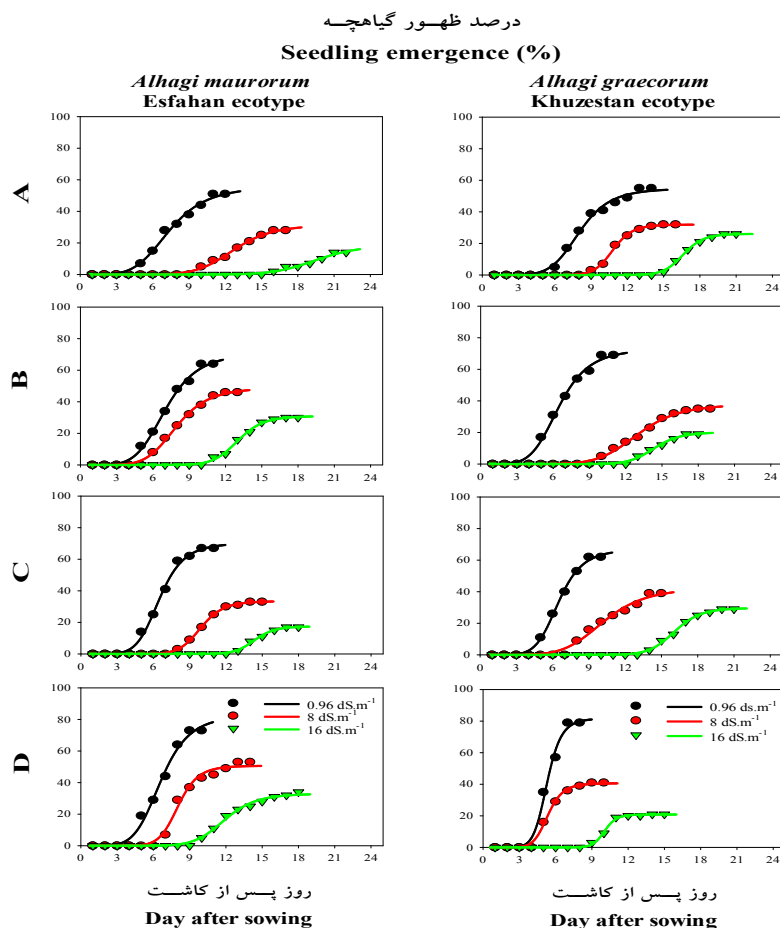
⁴ Lim

جدول ۵. پارامترهای مدل لجستیک ۳ پارامتره برازش داده شده بر صفت درصد ظهور گیاهچه در پاسخ به سطوح مختلف پیش تیمار و شوری با استفاده از آب خلیج فارس در طی زمان در دو گونه گیاه خارشتر

Table 5. Parameters of the three-parameter logistic model fitted to seedling emergence of two *Alhagi* species in response to different priming and salinity levels (using seawater of Persian Gulf)

تیمار (Treatment)			لجستیک ۳ پارامتره (Logistics 3P)				
شوری Salinity (dS.m ⁻¹)	پیش تیمار Priming	گونه Species	a	b	X ₀	R ² _{Adj}	RMSE
0.96			56.03	-4.77	7.40	0.991	1.721
8	A		31.52	-7.97	12.74	0.994	0.769
16			18.76	-10.79	19.60	0.983	0.565
0.96			70.34	-6.54	6.51	0.994	1.866
8	B		33.44	-10.73	9.94	0.999	0.333
16		<i>Alhagi</i>	17.44	-17.37	14.37	0.995	0.430
0.96		<i>maurorum</i>	71.02	-5.32	7.06	0.994	1.733
8	C	Esfahan	49.05	-6.01	7.97	0.996	1.105
16		ecotype	39.98	-12.47	13.04	0.997	0.647
0.96			82.92	-5.67	6.64	0.988	2.835
8	D		50.66	-9.90	8.06	0.988	2.238
16			33.00	-9.25	11.92	0.993	1.030
0.96			54.90	-6.40	8.06	0.992	1.806
8	A		31.96	-13.65	10.82	0.998	0.525
16			26.09	-20.06	16.64	0.998	0.381
0.96			66.90	-6.58	6.50	0.996	1.319
8	B		42.59	-5.87	10.27	0.984	1.742
16		<i>Alhagi</i>	29.67	-15.02	16.10	0.998	0.500
0.96		<i>graecorum</i>	73.15	-5.25	6.49	0.992	2.255
8	C	Khuzestan	37.89	-7.60	13.03	0.995	0.917
16		ecotype	20.14	-13.57	14.38	0.993	0.562
0.96			81.70	-9.06	5.297	0.986	3.372
8	D		40.65	-8.69	5.36	0.994	1.181
16			20.82	-20.64	10.06	0.997	0.486

A= بدون پیش تیمار، B= پیش تیمار آبی، C= پیش تیمار با هورمون جیبرلین ۵۰ میلی گرم در لیتر و D= پیش تیمار آبی + پیش تیمار با هورمون جیبرلین ۵۰ میلی گرم در لیتر.
A= Non-priming, B= Hydro priming, C= Hormonal priming with 50 ppm gibberellin and D= Hydro priming + Hormonal priming with 50 ppm gibberellin.



شکل ۱. درصد ظهور گیاهچه در پاسخ به سطوح مختلف پیش تیمار (A= بدون پیش تیمار، B= پیش تیمار آبی، C= پیش تیمار با هورمون جیبرلین ۵۰ میلی گرم در لیتر و D= پیش تیمار آبی + پیش تیمار با هورمون جیبرلین ۵۰ میلی گرم در لیتر) و شوری با استفاده از آب خلیج فارس در طی زمان در دو گونه گیاه خارشتر. محورهای افقی زمان برحسب روز، محورهای عمودی درصد ظهور گیاهچه و نقاط با علائم متفاوت درصد ظهور گیاهچه در هر سطح تنش شوری (دایره توپر سیاه= آب شهری با هدایت الکتریکی ۰/۹۶ دسی‌زیمنس بر متر، دایره توپر قرمز= ۸ dS/m و مثلث توپر سبز= ۱۶ dS/m) می‌باشند که با مدل لجستیک سه پارامتره برازش داده شده‌اند.

Fig. 1. Seedling emergence (%) time course in response to different priming (A= Non-priming, B= Hydro priming, C= Hormonal priming with 50 ppm gibberellin and D= Hydro priming + Hormonal priming with 50 ppm gibberellin) and salinity (using seawater Persian Gulf) of two *Athagi* species. Time (day) showed in the horizontal axis, vertical axes the percentage of seedling and points with different symptoms of seedling percentage at each level of salinity stress (black solid circle = top water with EC= 0.96 ds.m⁻¹, red solid circle = 8 dS.m⁻¹ and green solid triangle = 16 dS.m⁻¹), which are fitted with a three-parameter logistic model.

صفات درصد جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، درصد ظهور گیاهچه، ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی در بوته، ماده خشک کل و هدایت روزنه‌ای وضعیت مطلوب‌تری نسبت به گونه *A. maurorum* Esfahan ecotype نشان داد. در هر دو گونه مورد مطالعه با افزایش سطوح شوری از سطح آب شهری با هدایت الکتریکی ۰/۹۶ به ۸ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر تمام صفات مورد مطالعه روند کاهشی نشان دادند، اما این کاهش در سطح ۱۶

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج این پژوهش مشخص گردید که برهمکنش شوری × گونه × پیش تیمار بر تمام صفات مورد بررسی در دو آزمایش معنی‌دار بود. در بین گونه‌های مورد مطالعه و سطوح مختلف شوری و پیش تیمار، گونه *A. graecorum* Khuzestan ecotype تحت تیمار توام پیش تیمار آبی + پیش تیمار با هورمون جیبرلین ۵۰ میلی گرم در لیتر و عدم اعمال تنش از نظر

گیاه در شرایط شوری آب و خاک قابل توصیه است. سرانجام پیشنهاد می‌گردد میزان تجمع نمک در خاک در پایان آزمایش با توجه به درصد ظهور گیاهچه در شرایط تنش شوری ۸ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر و استفاده از پیش تیمار در افزایش این صفت، به منظور تعیین آستانه مقاومت گونه‌های این گیاه به شوری با استفاده از آب خلیج فارس در آزمایش‌های مشابه مورد ارزیابی و اندازه‌گیری قرار گیرد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز به خاطر تقبل هزینه‌های این تحقیق کمال تشکر و قدردانی می‌گردد (شماره گرنت SCU.AA1400.336).

دسی‌زیمنس بر متر اعمال تنش شوری با آب خلیج فارس شدیدتر بود. نتایج حاصل از برآزش مدل غیرخطی لجستیک بر صفت درصد ظهور گیاهچه نیز نشان داد که این مدل برآزش مناسبی در تمام سطوح شوری و پیش تیمار در توصیف روند ظهور گیاهچه دو گونه خارشتر داشت. بنا بر نتایج این تابع مشخص گردید که تأثیرپذیری ظهور گیاهچه در سطوح مختلف شوری یکسان نبوده به نحوی که در تمام سطوح پیش تیمار با افزایش سطوح شوری، هم درصد ظهور گیاهچه کمتر و هم زمان رسیدن به ۵۰ درصد ظهور گیاهچه کندتر بود. حال با توجه به نتایج، کاربرد توام تیمار پیش تیمار آبی + پیش تیمار با هورمون جیبرلین ۵۰ میلی‌گرم در لیتر به منظور تسریع در جوانه زنی، ظهور و استقرار گیاهچه و متعاقب آن وضعیت مطلوب تر صفات رشدی و دستیابی به عملکرد مطلوب جهت کشت گونه‌های مختلف این

منابع

- Abdul-baki, A.A. and Anderson, J.D. 1975. Vigor determination in soybean seed by multiple criteria. *Crop Science*, 13: 630-633. <https://doi.org/10.2135/cropsci1973.0011183X001300060013x>
- Abshenas, M., Esmaeili, M.A. and Heidarzade, A. 2019. The effect of glycine betaine to increase resistance of *Salicornia persica* to salinity. *Journal of Plant Process and Function*, 8: 177-194. [In Persian with English Summary]
- Acosta-Motos, J.R., Ortuño, M.F., Bernal-Vicente, A., Diaz-Vivancos, P., Sanchez-Blanco, M.J. and Hernandez, J.A. 2017. Plant responses to salt stress: adaptive mechanisms. *Agronomy*, 7(1): 18-56. <https://doi.org/10.3390/agronomy7010018>
- Afzal, I., Aslam, N., Mahmood, F., Hameed, A., Irfan, S. and Ahmad, G. 2004. Enhancement of germination and emergence of canola seeds by different priming techniques. *Biologia Santa Cruz. do Sul*, 16(1): 19-34.
- Aghighi Shahverdi, M. and Omid, H. 2016. Effect of hormone priming and hydro priming on *Stevia rebaudiana* Bertoni seed germination under salt stress. *Iranian Journal of Seed Sciences and Research*, 3(2): 97-108. [In Persian with English Summary]
- Alqasoumi, S.I., Al-Rehaily, A.J., AlSheikh, A.M. and Abdel-Kader, M.S. 2008. Evaluation of the hepatoprotective effect of *Ephedra foliate*, *Alhagi maurorum*, *Capsella bursa-pastoris* and *Hibiscus sabdariffa* against experimentally induced liver injury in rats. *Natural Product Sciences*, 14(2): 95-99.
- Amiri, B., Rasouli, B., Assareh, M.H., Jafari, M. and Jafari, A.A. 2012. Effect of NaCl and Na₂SO₄ on germination and seedling growth of *Salicornia herbacea* and *Alhagi persarum*. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 19(2): 233-243. [In Persian with English Summary]
- Azarnia, M., Biabani, A., Eisvand, H.R., Alamdari, E.G. and Safikhani, S. 2016. Effect of seed priming with gibberellic acid and salicylic acid on germination characteristic and seed and seedlings physiological quality of lentil (*Lens culinaris* L.). *Iranian Journal of Seed Research*, 3(1): 59-73. [In Persian with English Summary]

- Bazoobandi, M., Barati, M. and Sadrabadi, H.R. 2006. Physiological response of *Alhagi pseudoalhagi* to root exhausting management during fallow season. Iranian Journal of Weed Science, 2(2): 84-95. [In Persian with English Summary]
- Boer, B. 2004. Halophyte development in the Gulf Arab countries-UNESCO Doha's activities 2001-2003. Tropical Ecology, 45(1): 187-189.
- Camberato, J. and Mccarty, B. 1999. Irrigation water quality: part I. Salinity. South Carolina Turfgrass Foundation New, 6(2): 6-8.
- Dehghan, A., Bannayan Awal, M., Khajehossaini, M., Izadi, E. and Mijani, S. 2013. Simulation of emergence pattern of weeds species in corn (*Zea mays* L.) field based on sigmoidal models. Journal of Plant Protection, 26(4): 457-466. [In Persian with English Summary]
- Dinarvand, M., Jalili, A., Ashouri, P. and Hassanzadeh, M. 2021. Species richness and flora of Mishdagh protected area in Khuzestan province. Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology), 34(3): 759-771. [In Persian with English Summary]
- Dorri, M. A., Kamkar, B., Aghdasi, M. and Safahani, A. 2017. Germination and seedling growth of *Silybum marianum* under salinity stress. Seed Technology, 38: 19-31.
- Duman, I. 2006. Effects of seed priming with PEG or K3PO4 on germination and seedling growth in lettuce. Pakistan Journal of Biological Sciences, 9(5): 923-928. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2006.923.928>
- Ebrahimi, E. and Eslami, S.V. 2012. Effect of environmental factors on seed germination and seedling emergence of invasive *Ceratocarpus arenarius*. Weed Research, 52(1): 50-59. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2011.00896.x>
- Egli, D.B. and TeKrony, D.M. 1997. Species differences in seed water status during seed maturation and germination. Seed Science Research, 7(1): 3-12. <https://doi.org/10.1017/S0960258500003305>
- Eisvand, H.R., Tavakkol-Afshari, R., Sharifzadeh, F., Maddah Arefi, H.M. and Hesamzadeh Hejazi, S.M. 2008. Improvement of physiological quality of deteriorated tall wheat grass (*Agropyron elongatum* Host) seeds by hormonal priming for non-drought and drought stress conditions. Iranian Journal of Field Crop Science, 39(1): 53-65. [In Persian with English Summary]
- Eskandari, H. and Alizadeh-Amraie, A. 2014. Effect of priming on millet (*Panicum miliaceum*) seed germination under drought and salt condition. Iranian Journal of Seed Research, 1(1): 46-55. [In Persian with English Summary]
- Esmaili, A. and Eslami, S.V. 2010. Breaking of dormancy and germination in Camel thorn seeds (*Alhagi camelorum* Fish.). p. 45-48. The 3rd Iranian Weed Science Congress, February 2010, Babolsar, Iran. [In Persian with English Summary]
- Flowers, T.J. and Colmer, T.D. 2015. Plant salt tolerance: adaptations in halophytes. Annals of Botany, 115(3): 327-331. <https://doi.org/10.1093/aob/mcu267>
- Golmohammadzadeh, S., Zaefarian, F. and Rezvani, M. 2020. Priming techniques, germination and seedling emergence in two *Papaver* species (*P. rhoeas* L. and *P. dubium* L., *Papaveraceae*). Brazilian Journal of Botany, 43(3): 503-512. <https://doi.org/10.1007/s40415-020-00629-0>
- Haghighi, R.S., Sazevari, G., Bazoobandi, M. and Mokhberdorana, F. 2011. Evaluation of seed vigor effect on *Alhagi pseudalhagi* germination response to salinity and temperature. World Applied Sciences Journal, 13(1): 157-164.
- Harris, D., Pathan, A.K., Gothkar, P., Joshi, A., Chivasa, W. and Nyamudeza, P. 2001. On-farm seed priming: using participatory methods to revive and refine a key technology. Agricultural systems, 69(1-2): 151-164. [https://doi.org/10.1016/S0308-521X\(01\)00023-3](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(01)00023-3)

- Hessini, K., Hamed, K.B., Gandour, M., Mejri, M., Abdelly, C. and Cruz, C. 2013. Ammonium nutrition in the halophyte *Spartina alterniflora* under salt stress: evidence for a priming effect of ammonium?. *Plant and Soil*, 370(1): 163-173. <https://doi.org/10.1007/s11104-013-1616-1>
- Howizeh, H., Dinarvand, M. and Salehi, H. 2002. Medicinal plants of Khuzestan. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 14(1): 55-72. [In Persian with English Summary]
- ISTA. 2012. International rules for seed testing, edition 2012. International Seed Testing Association (ISTA), Bassersdorf, Switzerland.
- Izadi, Y., Nabipour, M. and Ranjbar, G. 2022. Investigation on germination and seedling growth of three *Salicornia* species in response to different levels of salinity stress originated from sodium chloride using Gompertz function. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 15(1): 231-246. [In Persian with English Summary].
- Jafari, S., Hamdi, S.M.M. and Taghimomeni, M. 2016. The study of anatomical structure of vegetative and reproductive organs in *Alhagi persarum* L. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 28(4): 726-736. [In Persian with English Summary]
- Kaveiani, B. and Sedaghatpour, S. 2020. The effects of osmopriming, hydropriming and salinity stress treatments on seed germination and some morphological and physiological characteristics of *Calendula officinalis* L. *Iranian Journal of Seed Research*, 10(34): 61-71. [In Persian with English Summary]
- Kurban, H., Saneoka, H., Nehira, K., Adilla, R. and Fujita, K. 1998. Effect of salinity on growth and accumulation of organic and inorganic solutes in the leguminous plants *Alhagi pseudoalhagi* and *Vigna radiata*. *Soil Science and Plant Nutrition*, 44(4): 589-597. <https://doi.org/10.1080/00380768.1998.10414482>
- Kurban, H., Saneoka, H., Nehira, K., Adilla, R., Premachandra, G.S. and Fujita, K. 1999. Effect of salinity on growth, photosynthesis and mineral composition in leguminous plant *Alhagi pseudoalhagi* (Bieb.). *Soil Science and Plant Nutrition*, 45(4): 851-862. <https://doi.org/10.1080/00380768.1999.10414334>
- Lim, S.H., Yu, H., Lee, C.Y., Gong, Y.S., Lee, B.D. and Kim, D.S. 2021. Evaluation on the effects of deicing salts on crop using seedling emergence assay of oilseed rape (*Brassica napus*). *Korean Journal of Crop Science*, 66(1): 72-79.
- Malekzade, S. and Fallah, S. 2015. Effects of seed priming methods on germination parameters of Ajowan (*Carum copticum*) seed. *Iranian Journal of Seed Research*, 1(2): 91-101. [In Persian with English Summary].
- Mass, E.V. and Hoffman, G.J. 1997. Crop salt tolerance current assessment. *Journal of Irrigation and Drainage Division*, 103(2): 115-134. <https://doi.org/10.1061/JRCEA4.0001137>
- Moradi, A. 2015. Investigation of some eco-physiological and management aspects in *Alhagi pseudoalhagi* invasive weed. Ph.D. dissertation, Faculty of Agriculture, Department of Agronomy and Plant Breeding, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. Pp. 1-165. [In Persian with English Summary]
- Mozaffarian, V. 2001. Flora of Iran (Vol 38; Chenopodiaceae). Institute of Forests and Rangelands Publications. Iran. pp. 38. [In Persian with English Summary]
- Nikfam, F., Baghestani, M.A., Mirvakili, S.M. and Meighani, F. 2013. Investigating of phenological stages of Camelthorn (*Alhagi pseudoalhagi* L.) in Yazd province. *Journal of Weed Ecology*, 1(1): 1-8. [In Persian with English Summary]
- Pirasteh-Anosheh, H. 2020. Breaking seed dormancy of Camelthorn (*Alhagi maurorum*) using different treatments and salinity tolerance threshold level evaluation at germination stage. *Iranian Journal of Seed Research*, 7(1): 181-192. [In Persian with English Summary] <https://doi.org/10.29252/yujs.7.1.181>

- Pirasteh-Anosheh, H., Ranjbar, G.H. and Parnian, A. 2020. Forage resources in arid and saline environments of central Iran: production potential and phenology of *Alhagi maurorum*. Journal of Natural Resource Conservation and Management, 1(2): 125-130. <https://doi.org/10.51396/ANRCM.1.2.2020.125-130>
- Poori, K., Akbari, F. and Ghaderi-Far, F. 2012. Response of deteriorated cotton seed to salinity stress at germination and seedling growth stages. Journal of Plant Production, 19(2): 53-68. [In Persian with English Summary]
- Saeedinia, M., Broomand Nasab, S., Hooshmand, A.R., Soltani Mohammadi, A. and Andarzian, B. 2016. Applicability of CWSI index for irrigation scheduling of maize using saline water in Ahvaz. Water and Soil Science, 26(1-1): 173-185. [In Persian with English Summary]
- Santana, D.G.D., Carvalho, F.J. and Toorop, P. 2018. How to analyze germination of species with empty seeds using contemporary statistical methods? Acta Botanica Brasiliica, 32: 271-278. <https://doi.org/10.1590/0102-33062017abb0322>
- Sghaier-Hammami, B., Baazaoui, N., Hammami, S.B. and Abdelly, C. 2020. Priming-mediated tolerance to biotic and abiotic stresses in Halophytes. In: Grigore, M. N. (ed.), Handbook of Halophytes: From Molecules to Ecosystems towards Biosaline Agriculture. Springer Nature, Switzerland, pp. 1-26. https://doi.org/10.1007/978-3-030-17854-3_55-1
- Shafaeifar, A., Mehrabi, S., Malekzadeh, J., Jannesar, R., Sadeghi, H., Vahdani, R. and Mohammadi, R. 2012. Effect of hydrophilic extract of *Alhagi maurorum* on ethylene glycol-induced renal stone in male wistar rats. Armaghan Danesh, 17(2): 129-138. [In Persian with English Summary]
- Shawkat, M., Nasir, M., Chen, Q. and Kurban, H. 2017. Effect of salt stress on photosynthetic gas exchange and chlorophyll fluorescence parameters in *Alhagi pseudalhagi*. Agricultural Science and Technology, 18(3): 411-423.
- Snedaker, S.C. and Araújo, R.J. 1998. Stomatal conductance and gas exchange in four species of Caribbean mangroves exposed to ambient and increased CO₂. Marine and Freshwater Research, 49(4): 325-327. <https://doi.org/10.1071/MF98001>
- Tahmasbi, B., Ghaderi-Far, F., Sadeghipour, H.R. and Galeshi, S. 2015. Enhanced accumulation of fatty acids and lipid hydroperoxides during ageing of sunflower seeds. Journal of Plant Process and Function, 4(12): 73-83. [In Persian with English Summary].
- Talebi, S. and Nabavi Kalat, S.M. 2015. The effects of hydropriming and osmopriming on germination characteristics of *Nigella sativa* under salt stress. Iranian Journal of Seed Research, 2(1): 119-126. [In Persian with English Summary]
- Van Genuchten, M.T. and Hoffman, G.J. 1984. Analysis of crop salt tolerance data. In: Shainberg, I., Shalhevet, J. (eds.), Soil Salinity under Irrigation. Springer, Berlin Heidelberg New York (Ecological Studies), pp. 258-271. https://doi.org/10.1007/978-3-642-69836-1_8
- Zeng, J., Zeng, F., Arndt, S.K., Guo, H., Yan, H., Xing, W. and Liu, B. 2008. Growth, physiological characteristics and ion distribution of NaCl stressed *Alhagi sparsifolia* seedlings. Chinese Science Bulletin, 53(2): 169-176. <https://doi.org/10.1007/s11434-008-6020-5>
- Zobayed, S.M.A., Murch, S.J., El-Demerdash, M.A. and Saxena, P.K. 2006. NaCl enhances growth and morphogenesis potential of *Alhagi graecorum*. In Vitro Cellular and Developmental Biology-Plant, 42(6): 607-613. <https://doi.org/10.1079/IVP2006811>

Research Article

Effect of hydro and hormone priming with gibberellin on germination, seedlings emergence and some growth characters in two *Alhagi* species (*Alhagi graecorum* Khuzestan ecotype and *Alhagi maurorum* Esfahan ecotype) under saline conditions of using seawater of Persian Gulf

Farzaneh Amirikia¹, Majid Nabipour^{2*}, Masoumeh Farzaneh³

Extended Abstract

Introduction: The use of seed priming technology to accelerate the germination and seedling emergence of multi-purpose plants such as halophytes (*Alhagi*) with the ability to produce medicine and forage under environmental stress conditions or use of saline water (such as seawater of Persian Gulf) has received much attention today. Therefore, the present study was conducted to investigate seed priming methods and different salinity levels on germination, seedling emergence, and some growth responses of *Alhagi* plant.

Material and Methods: Two separate split-factorial experiments were conducted based on a randomized complete block design with four replications as a petri dish culture (first experiment) and a pot experiment in the field was performed in the Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University (Ahwaz, Iran) during 2020-21. In both experiments, different levels of salinity (municipal water source with EC=0.96 dS.m⁻¹, 8 and 16 dS.m⁻¹ using seawater of Persian Gulf) were assigned as the main plot, and different methods of seed priming (non-priming, hydro priming, hormonal priming with 50 ppm gibberellin and hydro priming+hormonal priming with 50 ppm gibberellin) and species (*A. maurorum* and *A. graecorum*) were assigned as sub-factors.

Results: The results showed the significance of salinity × species × priming interaction on all studied traits. According to the mean comparison results, the highest values of germination percentage, seed vigor index, seedling emergence, plant height, number of branches, total dry matter and stomatal conductance were obtained from a municipal water source with EC=0.96 dS.m⁻¹ and hydro priming+hormonal priming with 50 ppm gibberellin for *A. graecorum* (29.1, 90.2, 24.0, 32.3, 52.5, 52.1 and 32.4% increase compared to non-priming and control salinity stress on this species, respectively). The output of the fitted logistic model to seedling emergence percentage showed that this model well explained the relationship between seedling emergence of two *Alhagi* species in responses to salinity and seed priming ($R^2 \text{ adj} \geq 0.98$ and $\text{RMSE} \leq 3.38$). Therefore, in both studied species, the decline in seedling emergence started from the 8 dS/m salinity level. However, at the 16 dS/m salinity level, the slope of increase in seedling emergence percentage was slower per time unit.

Conclusion: To cultivate and exploit the saline coastal lands and also to restore the pastures in the country, *A. graecorum* species under the combined treatment of hydro priming + hormonal priming with 50 ppm gibberellin are recommended in comparison with other treatment levels.

Keywords: *Halophyte plant, Hydro priming, Logistics function, Plant growth regulator, Seedling emergence*

Highlights:

- 1- Germination and growth responses of two Iranian *Alhagi* species and the possibility of production by irrigation of seawater of Persian Gulf were investigated.
- 2- Seed priming technique was used to accelerate seedling emergence and improve some traits in two *Alhagi* species.

¹ Ph.D. Student of Agrotechnology, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahwaz, Iran

² Professor of Agrotechnology, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahwaz, Iran

³ Assistant Professor of Agrotechnology, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahwaz, Iran