

Effect of seed priming on germination, total dry matter and some physiological traits in two *Alhagi* species (*Alhagi maurorum* Esfahan ecotype and *A. graecorum* Khuzestan ecotype) under saline conditions

F. Amirikia¹, M. Nabipour^{2*}, M. Farzaneh³

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

2. Professor, Department of Production Engineering and Plant Genetics, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

3. Assistant Professor, Department of Production Engineering and Plant Genetics, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

Received 12 December 2022; Accepted 21 February 2023

Extended abstract

Introduction

The researchers have been forcing to investigate and find an edible alternative high forage quality plant that has a well-tolerated instinct against adverse environmental conditions. *Alhagi*, a genus of Fabaceae is one of the most important halophyte plants in the world, as an industrial forage product used in the near future, medicinal production and pharmaceutical use. There are many reasonable that *Alhagi* plants productivity and satisfactory yield requires good seed germination and seedling establishment. Generally, germination and seedling establishment is the most decisive stage of *Alhagi* plants life cycle to environmental stress. Moderate to severe salinity stress is main abiotic causes of *Alhagi* plants productivity loss at the seedling growth stage. High accumulation of Na⁺ and Cl⁻ ions cause various negative influences that impact *Alhagi* production, such as delays in the response of the plant to environmental conditions, retardation of germination, growth and development, inhibition of enzymatic activities and accumulation of some compatible osmolyte. In addition, to the salinity stress, the seed germination, seedling establishment and total dry matter production in *Alhagi* plants occurs depends on a seed priming and type of species. However, few research studies have so far investigated the impact of different seed priming on the total dry matter production as well as some physiological responses in *Alhagi* species.

Materials and methods

Two separate experiments was conducted to investigate seed priming (non-priming, hydro priming, hormonal priming with 50 ppm gibberellin and hydro priming + hormonal priming with 50 ppm gibberellin) and different salinity levels (urban water source with EC=0.96 dS.m⁻¹, 8 and 16 dS.m⁻¹ using seawater Persian Gulf) on seed germination, dry matter and some physiological response of *Alhagi* species (*Alhagi maurorum* Esfahan ecotype and *A. graecorum* Khuzestan ecotype). The first experiment (seed germination) was carried on in the petri dish culture and second experiment (in the pot) at the field conditions was performed under split factorial experiments were conducted based on a randomized

* Corresponding author: Majid Nabipour; E-Mail: m.nabipour@scu.ac.ir



complete block design with four replications in Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University (Ahwaz, Iran) during 2020-21. Meanwhile, during research, after calculating of the leaching fraction, EC of the root environment was controlled three times with an interval of one month by preparing a saturated extract from the pot bed and only in the third sampling was performed a leaching in the treatments of 16 dS m⁻¹, with a salinity level lower than the studied treatment (8 ds.m⁻¹).

Results and discussion

The results showed a significant effect of salinity × priming × species interaction on all studied traits except for transpiration rate, Na and K content. In the case of transpiration rate, only the effects of salinity and priming were significant. Mean comparison results showed that the highest amount of seed germination, total dry matter, net photosynthesis rate, sub-stomata CO₂ concentration, photosynthetic water use efficiency and number of leaves per plant in *A. graecorum* Khuzestan ecotype under Non-salinity stress and Hydro priming + Hormonal priming with 50 ppm gibberellin treatment (increased by 29.1, 1.52, 26.8, 98.7, 15.6 and 38.8 percent respectively compared to the Non-priming and Non-salinity stress treatment in the *A. maurorum* Esfahan ecotype). The highest level of mesophilic conductance was observed in *A. graecorum* Khuzestan ecotype under Non-priming and 8 dS.m⁻¹ salinity stress treatment (with an average of 0.492 mmol CO₂.m⁻².s⁻¹).

Conclusion

In this experiment, results showed significant differences in total dry weight, net photosynthesis rate, transpiration rate, sub-stomata CO₂ concentration, mesophyll conductance and photosynthetic water use efficiency between two Alhagi species at different salinity conditions using Persian Gulf water. Indeed, dry matter and photosynthesis traits in both Alhagi species responded negatively to increasing salinity levels and increasing of salinity up to, 8 dS m⁻¹ induce the loss in physiological responses. Among the priming treatments, the hydro priming + hormonal priming with 50 ppm gibberellin showed a more favorable condition in the two Alhagi species in terms of the studied traits. Finally, in cultivation and development of Alhagi species for breeding programs in saline coastal lands and for the restoration of pastures, according to the results, *A. graecorum* Khuzestan ecotype under the combined treatment as hydro priming + hormonal priming with 50 ppm gibberellin, recommended for high production.

Keywords: Halophyte plant, Hormone, Net photosynthesis rate, Priming, Transpiration rate.

تأثیر پرایمینگ بذر بر جوانه‌زنی، ماده خشک کل و برخی صفات فیزیولوژیک دو گونه گیاه خارشتر (*A. graecorum* Khuzestan و *Alhagi maurorum* Esfahan ecotype) تحت شرایط آب شور

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

۱. دانشجوی دکتری اگروتکنولوژی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
۲. استاد گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
۳. استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

مشخصات مقاله	چکیده
واژه‌های کلیدی: پرایمینگ تعرق فتوستنز گیاه هالوفیت هورمون	به‌منظور بررسی سطوح مختلف پرایمینگ و شوری بر جوانه‌زنی، ماده خشک تولیدی و برخی پاسخ‌های فیزیولوژیک گیاه خارشتر دو آزمایش مجزا در آزمایشگاه و گلدانی در شرایط مزرعه به‌صورت اسپلیت‌فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی شامل سطوح مختلف شوری (شاهد از منبع آب شهری با هدایت الکتریکی ۰/۹۶ دسی‌زیمنس بر متر، ۸ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر با استفاده از آب خلیج فارس) به‌عنوان عامل اصلی و روش‌های مختلف پرایمینگ بذر (بدون پرایمینگ، هیدروپرایمینگ، پرایمینگ جیبرلین (هورمون جیبرلین ۵۰ پی‌پی‌ام) و هیدروپرایمینگ + پرایمینگ جیبرلین) و گونه‌های (<i>Alhagi maurorum</i> Esfahan ecotype و <i>A. graecorum</i> Khuzestan ecotype) به‌عنوان عامل‌های فرعی در چهار تکرار در نظر گرفته شد. نتایج نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار بر همکنش شوری × پرایمینگ × گونه بر تمام صفات مورد مطالعه به‌جز شدت تعرق و محتوی سدیم و پتاسیم اندام هوایی بود. در مورد شدت تعرق نیز تنها اثرات اصلی شوری و پرایمینگ معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین بر همکنش سه‌گانه نشان داد بیشترین مقدار صفات درصد جوانه‌زنی، ماده خشک کل، سرعت فتوستنز، میزان CO ₂ زیر اتاقک روزنه، کارایی مصرف آب فتوستنزی و تعداد برگ در گونه <i>Alhagi graecorum</i> Khuzestan ecotype در شرایط شاهد بدون تنش شوری و هیدروپرایمینگ + پرایمینگ جیبرلین (به ترتیب با ۲۹/۱، ۵۲/۱، ۲۶/۸، ۹۸/۷، ۱۵/۶ و ۳۸/۸ درصد افزایش نسبت به تیمار بدون پرایمینگ و عدم اعمال تنش شوری در همین گونه) حاصل شد. بالاترین میزان هدایت مزوفیلی نیز در گونه <i>Alhagi graecorum</i> Khuzestan ecotype و تیمار بدون پرایمینگ در شرایط ۸ dS.m ⁻¹ اعمال تنش شوری (با میانگین ۰/۴۹۲ mmol CO ₂ .m ⁻² .s ⁻¹) مشاهده گردید. حال به‌منظور کشت و اصلاح اراضی شور حاشیه سواحل و نیز احیای مراتع کشور، گونه <i>Alhagi graecorum</i> Khuzestan ecotype تحت تیمار توأم هیدروپرایمینگ (خوابانیدن بذر ها به مدت دو روز در آب مقطر) و پرایمینگ جیبرلین نسبت به دیگر سطوح تیماری خوش آتیه‌تر به نظر می‌رسد.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۲۱	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۰۲	
تاریخ انتشار: تابستان ۱۴۰۳ ۱۷(۲): ۳۸۷-۴۰۴	

مقدمه

گیاه خارشتر با نام علمی *Alhagi* spp. از تیره بقولات^۱ و زیرتیره پروانه‌آسا^۲ یک گیاه شورپسند با میوه‌های غیرخوراکی با خواص دارویی بالا، بوته چندساله علفی با ارتفاع ۵۰-۸۰ سانتی‌متر، بدون کرک، سبزرنگ با منشأ ناحیه ایران-تورانی و دارای خارهای فراوان است (Jafari et al., 2016). مطالعات نشان داده‌اند که خارشتر دارای گونه‌های مختلفی از

² - Papilionoideae

¹ - Fabaceae

جهت شکست خواب بذور و بهبود جوانه‌زنی گیاه خارشتر گونه *A. maurorum* تحت شرایط تنش شوری در پژوهش خود معرفی کردند (Pirasteh-Anosheh, 2020). همچنین تأثیر مثبت روش‌های پرایمینگ در بهبود جوانه‌زنی، رشد و برخی صفات مورفو-فیزیولوژیک گیاهانی همچون خرفه، *Portulaca oleracea* L. (Hasani et al., 2021)، سالیکورنیا *Salicornia* spp. (Izadi et al., 2022)، *Carum copticum* (Malekzade and Fallah, 2015)، ارزن *Panicum miliaceum* (Eskandari and Alizadeh-Amraie, 2014)، سیاه‌دانه *Nigella sativa* (Talebi and Nabavi Kalat, 2015) و علف گندمی بلند *Agropyron elongatum* Host (Eisvand et al., 2008) تحت تنش شوری 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 شوری است، این پژوهش با هدف معرفی گونه برتر از بین دو گونه مورد مطالعه از نظر مقاومت به سطوح مختلف شوری و میزان ماده خشک تولیدشده و نیز یافتن مناسب‌ترین روش پرایمینگ بذر به‌منظور تحمل به شوری با توجه به میزان فتوسنتز و تبادلات گازی روزنه در شرایط آب و هوایی اهواز انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر طی دو آزمایش مجزا در آزمایشگاه و به‌صورت گلدانی در شرایط طبیعی مزرعه 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 دریا) طی سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ اجرا شد. بذره‌های مورد استفاده گیاه خارشتر شامل گونه *A. graecorum* Khuzestan ecotype از اراضی بایر استان خوزستان و گونه *A. maurorum* Esfahan ecotype 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. در هر دو آزمایش، قبل از اعمال تیمارهای پرایمینگ ابتدا بذرها با استفاده از محلول هیپوکلریت سدیم ۱۰ درصد به مدت سه دقیقه ضدعفونی و سپس سه مرتبه با آب مقطر شستشو داده شدند. سپس به‌منظور شکست خواب فیزیکی

جمله *A. sparsifolia*، *A. pseudalhagi*، *A. maurorum*، *A. camelorum* و *A. graecorum* (Synonym *A. mannifera*) است (Howizeh et al., 2002) که در این بین گونه‌ی *A. maurorum* در مرکز ایران پراکنش وسیعی داشته و گونه‌ی *A. graecorum* بیشتر در نواحی جنوب و جنوب غرب کشور می‌روید (Mozaffarian, 2001).

شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های زیست‌محیطی بوده که حدود ۲۰ درصد از مزارع آبی دنیا را تحت تأثیر قرار داده است (Ansari Ardali et al., 2021). استفاده از گونه‌های شوری که تحمل بالایی به شوری در زیستگاه‌های بومی خود دارند، از مؤثرترین روش‌ها در برنامه‌های به‌نژادی گیاهان بوده و انتخاب گونه‌ها و ژنوتیپ‌های متحمل این گیاهان با قابلیت تولید چندمنظوره تحت این استرس نامساعد محیطی می‌تواند در تولید پایدار و بلندمدت در اکوسیستم‌های کشاورزی مناطق شور متمرکز واقع شود (Baladi et al., 2022). گزارش شده است که شوری تأثیرات متفاوتی بر فرآیندهای فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه شورپسند خارشتر مانند افزایش میزان تنفس، سمیت یونی، تغییر در رشد گیاه، توزیع عناصر، بی‌ثباتی غشا و کاهش فتوسنتز دارد (Kurban et al., 1999; Zeng et al., 2008).

جوانه‌زنی، حساس‌ترین مرحله رشدی بذر نسبت به تنش شوری بوده و بنا بر گزارش‌های متعدد، بذر بسیاری از گونه‌ها نمی‌توانند تحت این تنش محیطی جوانه بزنند (Amirikia et al., 2023). این مرحله از رشد توسط برخی از مکانیسم‌های فیزیولوژیک کنترل شده که این مکانیسم‌ها برای رشد و نمو جنین حیاتی هستند (Hussain et al., 2016). لذا محققان تکنیک‌های مختلف فیزیولوژیک و غیرفیزیولوژیک را جهت افزایش قدرت جوانه‌زنی، یکنواختی و استقرار بهتر گیاهچه و متعاقب آن حصول عملکرد مطلوب در گیاهان ارائه داده‌اند (Haghighi et al., 2021; Rhaman et al., 2020) که از مطلوب‌ترین آن‌ها می‌توان به روش‌های مختلف پرایمینگ بذر شامل هیدروپرایمینگ، ماتریک پرایمینگ، اسموپرایمینگ، بیوپرایمینگ و هورمون پرایمینگ اشاره کرد (Malekzade and Fallah, 2015). گزارش شده است که تحت پرایمینگ، بذرها جوانه‌زنی بهتری داشته و این امر سبب مقاومت گیاه به تنش‌های محیطی می‌گردد (Karbalae Gholizadeh et al., 2015). در این راستا محققان استفاده از پرایمینگ با اسیدسولفوریک با غلظت ۹۸ درصد به مدت ۲۰ دقیقه را به‌عنوان تیمار برتر

۲۴ (2020). شمارش بذرهاى جوانه‌زده به‌صورت روزانه و از ساعت پس از کشت آغاز گردید، ملاک جوانه‌زنی نیز خروج ریشه‌چه و ساقه‌چه سالم بوده و بذرهاى جوانه‌زده از محیط آزمایش حذف شدند (ISTA, 2012). در انتهای این بخش از آزمایش درصد جوانه‌زنی از رابطه (۱) محاسبه گردید.

$$GP = \sum G . I . = \frac{Ni}{Ti} \quad [1]$$

که در رابطه بالا GP، درصد جوانه‌زنی، Ni، تعداد کل بذرهاى جوانه‌زده تا روز N و Ti شماره روزهاى اندازه‌گیری است (Egli and Tekrony, 1997; Lajorak Shirpour et al., 2022).

ناشی از پوسته سخت بذر، از آب ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت سه دقیقه استفاده گردید (Esmaili and Eslami, 2010).

در آزمایش اول (آزمون جوانه‌زنی)، بذور پرایمینگ شده بر روی 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 (Camberato and Mccarty, 1999). دوره دمایی در ژرminatور در هنگام جوانه‌زنی (شب/روز) ۲۵/۲۰ درجه سانتی‌گراد، دوره نوردهی (شب/روز) ۱۲/۱۲ ساعت و رطوبت نسبی ۵۰ درصد تنظیم شد (Pirasteh-Anosheh, 2022).

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	گونه	اکوتیپ	استان	بخش	ارتفاع از سطح دریا	عرض شمالی	طول شرقی	دقیقه	دقیقه
Genus	Species	Ecotype	Province	Section	Elevation (m)	Degree	Minutes	Degree	Minutes
Alhagi	graecorum	Khuzestan	Ahvaz	Ahvaz	22	31	38	48	36
Alhagi	maurorum	Esfahan	Esfahan	Najwan	1575	32	38	51	38

آب تصفیه لوله‌کشی در داخل هر مخزن مرتبط با آن تیمار شوری و کنترل به‌وسیله دستگاه هدایت الکتریکی سنج (EC متر) پرتابل، 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 خلیج‌فارس استفاده شد). نتایج آنالیز کیفیت آب آبیاری برای هر سطح شوری در جدول ۲ ارائه شده است.

هر واحد آزمایشی شامل چهار گلدان پلاستیکی با قطر دهانه ۳۰ و عمق ۴۰ سانتی‌متر و دارای چهار سوراخ به قطر ۰/۵ سانتی‌متر در کف گلدان به‌منظور زهکشی مناسب بود. به‌منظور شبیه‌سازی محیط طبیعی ریشه گیاه خارشتر با کاربرد بستری مناسب و نسبتاً پوک با نسبت سه قسمت خاک مزرعه الک شده و یک قسمت کود دامی پوسیده (به نسبت ۱:۳) این گونه‌ها به‌راحتی جوانه‌زده و در ادامه آن سریع‌تر استقرار یافتند. از ماسه شسته شده نیز در لایه زیرین گلدان به میزان سه سانتی‌متر به‌منظور خروج زه‌آب اضافی، تهویه مناسب و جلوگیری از افزایش شوری در بستر ریشه بیش از

طرح آزمایشی در دو آزمایش به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار بود. سطوح مختلف شوری، آب شهری ($EC = -0.96 \text{ dS.m}^{-1}$)، ۸ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر با استفاده از آب خلیج‌فارس، به‌عنوان عامل اصلی و روش‌های مختلف پرایمینگ بذر [A: بدون پرایمینگ، B: هیدروپرایمینگ شامل خوابانیدن بذرها به مدت دو روز در آب مقطر، C: پرایمینگ جیبرلین (هورمون جیبرلین ۵۰ پی‌پی‌ام به مدت ۱۲ ساعت، به‌دست‌آمده از پیش آزمایش‌ها) و D = هیدروپرایمینگ + پرایمینگ جیبرلین] و گونه (Esfahan ecotype *maurorum* A. و *graecorum* Khuzestan ecotype) به‌عنوان عامل‌های فرعی در نظر گرفته شد. در آزمایش دوم (آزمایش گلدانی در شرایط طبیعی مزرعه) برای تأمین آب شور با استفاده از تانکر، آب خلیج‌فارس (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 سه مخزن جداگانه هر کدام به حجم ۲۰۰۰ لیتر استفاده شد و هر سطح شوری با اختلاط آب شور خلیج‌فارس از مخزن مادر با

تیمار شوری مورد بررسی، استفاده گردید. سپس ۲۰ عدد بذر پرایمینگ شده در عمق ۰/۵ سانتی‌متری در تاریخ ۱۵ اسفندماه در هر گلدان کشت گردید. مدت‌زمان استقرار

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 urban water in the cropping year 2020-21.

هدایت الکتریکی EC dS.m ⁻¹	اسیدیته pH	سولفات SO ₄ ²⁻	بی‌کربنات HCO ₃ ⁻	منیزیم Mg	کلسیم Ca	کلر Cl	سدیم Na	پتاسیم K
-----meq.L ⁻¹ -----								
Urban 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

جدول ۳. مدت‌زمان استقرار گیاهچه (روز) گیاه خارشتر تحت سطوح شوری و پرایمینگ بذر.
Table 3. Seedling establishment time course (day) of each *Alhagi* plants at each salinity and priming levels.

شوری Salinity (dS m ⁻¹)	<i>Alhagi maurorum</i>				<i>Alhagi graecorum</i>			
	A	B	C	D	A	B	C	D
Control (0.96)	11	10	12	11	11	8	14	10
8	13	14	17	15	19	10	16	15
16	18	18	22	18	18	15	21	21

A= بدون پرایمینگ، B= هیدروپرایمینگ، C= پرایمینگ با هورمون جیبرلین ۵۰ پی‌پی‌ام و D= هیدروپرایمینگ + پرایمینگ جیبرلین (هورمون جیبرلین ۵۰ پی‌پی‌ام).

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

$$dn = (\theta fc - \theta i) \times \rho b \times Zr \quad [2]$$

که در این رابطه dn عمق خالص آب آبیاری برحسب میلی‌متر، θfc و θi به ترتیب درصد رطوبت وزنی در رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای و رطوبت وزنی خاک قبل از آبیاری، ρb وزن مخصوص ظاهری خاک برحسب گرم بر سانتی‌متر مکعب و Zr عمق ریشه برحسب میلی‌متر است. همچنین عمق ناخالص آبیاری نیز با توجه به نیاز آبشویی و از رابطه (۳) حاصل گردید.

$$LF = \frac{ECiw}{(ECe - ECiw)} \quad [3]$$

که در رابطه فوق LF ، کسر آبشویی، $ECiw$ ، هدایت الکتریکی آب آبیاری برحسب دسی‌زیمنس بر متر و ECe ، هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک برحسب دسی‌زیمنس بر متر که عملکرد را به صفر می‌رساند و برای گیاه خارشتر ۲۴ دسی‌زیمنس بر متر (به‌دست‌آمده از پیش‌آزمایش‌ها) برآورد گردید و در رابطه منظور شد؛ بنابراین عمق ناخالص و حجم آب در هر آبیاری از روابط (۴) و (۵) محاسبه گردید.

$$dg = \frac{dn}{(1-LF) \times Ea} \quad [4]$$

به‌منظور 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 و Cu, B و Mo (w/v 1.5%) (ساخت شرکت AgriTecnو شهر والنسیا، کشور اسپانیا) به‌صورت محلول‌پاشی با اسپری دستی با حجم پاشش محلول 1.096 l.m^{-2} به‌صورت 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 کاشت تا توسعه شاخه‌های فرعی مورد بررسی قرار گرفت. اعمال تیمار شوری در گلدان‌ها بلافاصله پس از کاشت صورت گرفت و تا انتهای مرحله توسعه شاخه‌های فرعی در اواخر خردادماه ادامه یافت (Moradi et al., 2015). حجم آب و عمق آبیاری نیز با توجه به کسری رطوبتی خاک گلدان و عمق توسعه ریشه از رابطه (۲) محاسبه شد. دور آبیاری نیز در این پژوهش ثابت (چهار روزه) منظور گردید (هر دو هفته یک‌مرتبه از یک گلدان در هر سطح تیمار شوری یک بوته از خاک گلدان جداشده و پس از شستشو، طول ریشه اندازه‌گیری می‌گردید).

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 کنترل گردید (جدول ۴) (Mass and Hoffman, 1997) و تنها با مشاهده افزایش EC در سطح شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر در نمونه‌برداری سوم، یک‌مرته آبشویی گلدان‌های این سطح با یک سطح شوری پایین‌تر از تیمار مورد بررسی (۸ دسی‌زیمنس بر متر)، انجام شد (Izadi et al., 2022).

[۵] $V = dg \times A$
در روابط بالا dg عمق ناخالص آبیاری بر حسب میلی‌متر، V حجم آب آبیاری بر حسب لیتر، A سطح گلدان بر حسب مترمربع و Ea راندمان کاربرد آب آبیاری است که برای آبیاری در شرایط گلدان معادل ۷۰ درصد در نظر گرفته شد (Saeedinia et al., 2016). در نهایت حجم آب آبیاری برای سطوح آب شهری با هدایت الکتریکی ۰/۹۶ دسی‌زیمنس بر متر، ۸ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب معادل ۲/۹، ۳/۱ و ۳/۴ لیتر در هر بار آبیاری محاسبه گردید.

جدول ۴. هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (میانگین ± انحراف استاندارد) طی مراحل نمونه‌برداری برای سطوح شوری، پرایمینگ و گونه‌های خارشتر مورد مطالعه.

Table 4. Electrical conductivity of soil saturated extract (mean±SD) of *Alhagi* species at salinity and priming levels during sampling stages.

شوری Salinity (dS.m ⁻¹)	مراحل نمونه‌برداری Sampling stage	<i>Alhagi maurorum</i>				<i>Alhagi graecorum</i>			
		A	B	C	D	A	B	C	D
Control (0.96)	۱۵ فروردین 4 April	1.1±0.3	1.0±0.2	1.1±0.1	1.3±0.3	1.3±0.1	1.1±0.4	1.0±0.2	1.3±0.3
	۱۵ اردیبهشت 5 May	1.3±0.2	1.7±0.2	2.1±0.1	1.8±0.4	1.4±0.3	1.2±0.5	2.2±0.2	1.9±0.2
	۱۵ خرداد 5 June	2.6±0.5	2.6±0.2	3.4±0.3	2.9±0.5	3.2±0.4	2.7±0.7	2.8±0.3	2.4±0.5
8	۱۵ فروردین 4 April	8.1±0.8	8.1±0.6	8.3±0.8	8.1±0.9	8.4±0.5	8.5±0.8	8.1±0.4	8.3±0.7
	۱۵ اردیبهشت 5 May	8.8±1.1	9.1±1.3	10.0±0.9	9.2±1.4	8.7±0.9	9.2±1.0	8.8±0.6	9.1±1.1
	۱۵ خرداد 5 June	9.4±2.0	9.3±1.1	10.1±1.6	10.7±1.7	9.6±1.4	10.1±1.3	9.8±1.5	9.9±1.6
16	۱۵ فروردین 4 April	16.5±1.3	16.4±1.2	17.1±1.8	16.9±1.8	16.8±1.9	16.2±1.9	16.9±1.6	17.3±2.0
	۱۵ اردیبهشت 5 May	17.8±2.0	17.2±1.5	18.0±2.1	17.4±2.0	17.3±2.4	17.9±2.5	18.1±2.2	18.0±2.6
	۱۵ خرداد 5 June	19.8±2.2	20.3±1.6	20.5±2.3	20.4±2.5	21.2±2.8	19.8±2.6	20.1±2.7	20.6±3.0

A= بدون پرایمینگ، B= هیدروپرایمینگ، C= پرایمینگ با هورمون جیبرلین ۵۰ پی‌پی‌ام و D= هیدروپرایمینگ + پرایمینگ جیبرلین (هورمون جیبرلین ۵۰ پی‌پی‌ام).

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

کارایی مصرف آب فتوسنتزی (Pwue) نیز با استفاده از رابطه (Y) (Medrano et al., 2015) محاسبه شد.

$$MC = Pn/Ci \quad [۶]$$

$$Pwue = Pn/T \quad [۷]$$

که در روابط بالا Pn سرعت فتوسنتز بر حسب میکرومول CO₂ بر مترمربع بر ثانیه، Ci میزان CO₂ زیر اتاقک روزنه بر حسب میکرومول CO₂ بر مول هوا و T شدت تعرق بر حسب میکرومول آب بر مترمربع بر ثانیه است. نمونه‌برداری به‌منظور اندازه‌گیری غلظت عناصر سدیم و پتاسیم اندام هوایی نیز در انتهای مرحله توسعه شاخه‌های فرعی از سه بوته به‌صورت تصادفی در هر تکرار انجام گرفت. سپس نمونه‌ها به مدت ۴۸

سرعت فتوسنتز (Pn)، شدت تعرق (T) و میزان CO₂ زیر اتاقک روزنه (Ci) گیاه با استفاده از دستگاه تحلیل‌گر گازی مادون‌قرمز (مدل LCA4، کمپانی ADC BioScientific Ltd، ساخت کشور انگلستان) بین ساعات ۹ الی ۱۱ صبح، در شدت نور معادل ۱۴۳۰-۱۲۲۰ میکرومول فوتون بر مترمربع بر ثانیه، در مرحله آغاز ظهور شاخه‌های جانبی و از برگ‌های کاملاً توسعه‌یافته یک‌سوم بالای کانوپی برای سه بوته به‌صورت تصادفی در هر گلدان اندازه‌گیری شد (Snedaker and Araújo, 1998; Izadi et al., 2022). هدایت مزوفیلی (MC) با استفاده از رابطه (۶) (Fischer et al., 1998) و

دسی‌زیمنس بر متر به دست آمد (جدول ۶). به نظر می‌رسد که اعمال پرایمینگ بذر خصوصاً تیمار توأم هیدروپرایمینگ + پرایمینگ جیبرلین 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 نهایتاً جوانه‌زنی، ظهور گیاهچه و رشد مطلوب‌تری را در هر دو گونه‌ی مورد مطالعه خصوصاً گونه *A. graecorum* Khuzestan ecotype تحت سطوح متفاوت تنش سبب گردیده است. در این راستا محققان اظهار داشتند که تحت تنش شوری فرآیندهای اولیه رشد شامل جذب آب در طی جوانه‌زنی بذر به دلیل منفی‌تر شدن پتانسیل اسمزی مختل شده و گیاه به دلیل کاهش جذب آب دچار نوعی خشکی فیزیولوژیک می‌گردد (Izadi et al., 2022) که این مسئله کاهش فعالیت برخی آنزیم‌های کلیدی در جوانه‌زنی، افزایش فعالیت آنزیم‌های هیدرولیزکننده، تغییرات در ساختار مولکول‌های اسید نوکلئیک، نشت غشاء، کاهش تبادلات روزنه‌ای و نهایتاً کاهش رشد گیاه را در پی خواهد داشت (Afzal et al., 2004; Tahmasbi et al., 2015).

در مطالعه‌ی دیگر محققان در بررسی تأثیر نمک‌های NaCl و Na_2SO_4 طی مراحل جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاه خارشتر گونه *A. persarum* نشان دادند که پاسخ این گونه نسبت به حضور نمک‌های مختلف متفاوت است. آن‌ها اظهار داشتند که گیاه خارشتر قادر است غلظت‌های ۱۵۰ تا ۲۰۰ میلی‌مولار از نمک NaCl را تحمل کند، درحالی‌که سطوح شوری ناشی از نمک Na_2SO_4 باعث کاهش معنی‌دار جوانه‌زنی و رشد این گیاه خواهد شد (Amiri et al., 2012). در ادامه نتایج حاکی از آن بود که بیشترین مقدار ماده خشک کل (با میانگین ۷/۳ گرم در بوته، عمر بوته معادل ۱۰۵ روز بوده است)، سرعت فتوسنتز (با میانگین ۱۸/۹ میکرومول CO_2 بر مترمربع بر ثانیه)، میزان CO_2 زیر اتاפק روزنه (با میانگین ۶۳/۲ میکرومول CO_2 بر مول هوا)، کارایی مصرف آب فتوسنتزی (با میانگین ۰/۷۴۲ میکرومول CO_2 بر میلی مول آب) و تعداد برگ (با میانگین ۴۹۴/۴ برگ در بوته) در گونه *A. graecorum* Khuzestan ecotype و تحت تیمار توأم آب شهری با هدایت الکتریکی ۰/۹۶ دسی‌زیمنس بر متر و هیدروپرایمینگ + پرایمینگ جیبرلین به دست آمد (جدول

ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. در نهایت غلظت عناصر سدیم و پتاسیم از روش (Hamada and EL-Enany, 1994) و با استفاده از دستگاه فلم‌فوتومتر (مدل JENWAY، ساخت کشور انگلستان) قرائت گردید. در پایان آزمایش (انتهای مرحله توسعه شاخه‌های فرعی در اواخر خردادماه) به صورت تصادفی پنج بوته از هر گلدان انتخاب و صفات ماده خشک کل گیاه (قرار گرفتن در آون الکتریکی با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت و توزین توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم)، تعداد برگ و تعداد خار مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند (Bazoobandi et al., 2006; Kurban et al., 1999).

پس از اطمینان از نرمال بودن باقی‌مانده داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک (Santana et al., 2018) تجزیه واریانس داده‌ها به وسیله‌ی 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 Excel انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس در مورد صفات مورد بررسی نشان داد که برهمکنش شوری × گونه × پرایمینگ بر تمام صفات مورد بررسی (به جز شدت تعرق و محتوی عناصر سدیم و پتاسیم) معنی‌دار بود. در مورد شدت تعرق تنها اثر اصلی شوری و پرایمینگ، در مورد محتوی سدیم اثر اصلی شوری، پرایمینگ، گونه و اثرات متقابل شوری × گونه و در مورد محتوی پتاسیم نیز اثر اصلی شوری، پرایمینگ، گونه و اثرات متقابل پرایمینگ × گونه معنی‌دار بود (جدول ۵).

نتایج مقایسه میانگین‌های برهمکنش سه‌گانه تیمارهای مورد بررسی نشان داد که بیشترین مقدار درصد جوانه‌زنی با میانگین ۸۸/۹ درصد در گونه *A. graecorum* Khuzestan ecotype و تیمار توأم آب شهری با هدایت الکتریکی ۰/۹۶ دسی‌زیمنس بر متر و هیدروپرایمینگ + پرایمینگ جیبرلین (هورمون جیبرلین ۵۰ پی‌پی‌ام) و کمترین مقدار آن با میانگین ۲۱/۳ درصد در گونه *A. maurorum* Esfahan ecotype و تیمار بدون پرایمینگ (شاهد) تحت شوری ۱۶

جدول ۵. تجزیه واریانس تأثیر پرایمینگ بذر بر درصد جوانه‌زنی، ماده خشک کل و برخی صفات فیزیولوژیک دو گونه گیاه خارشتر تحت شرایط تنش شوری (با استفاده از آب خلیج فارس)

Table 5- Analysis of variance for the effect of seed priming on germination percentage, total dry weight and some physiological characteristics of two Alhagi species under salinity stress (using Persian Gulf water).

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی df	درصد جوانه‌زنی GP	ماده خشک کل TDW	سرعت فتوسنتز Pn	شدت تعرق T	میزان CO ₂ زیر اتافک روزنه Ci	هدایت مزوفیلی MC
Replication	تکرار	3	16.8	0.11	0.61	0.10	0.45	0.0013
Salinity (S)	شوری	2	15252.5**	69.61**	605.75**	242.68**	3287.45**	0.1575**
Error a	خطا a	6	24.4	0.09	0.49	8.95	12.49	0.0016
Priming (P)	پرایمینگ	3	1037.8**	18.24**	81.55**	29.11**	1023.03**	0.0023 ^{ns}
Species (Sp)	گونه	1	49.5 ^{ns}	1.03**	45.93**	7.88 ^{ns}	390.83**	0.0030 ^{ns}
S × P	شوری × پرایمینگ	6	141.9**	0.80**	3.45*	2.64 ^{ns}	79.73**	0.0085**
S × Sp	شوری × گونه	2	118.7*	2.18**	15.36**	0.88 ^{ns}	38.91**	0.0030 ^{ns}
P × Sp	پرایمینگ × گونه	3	310.3**	0.78**	7.59**	2.86 ^{ns}	229.15**	0.0529**
S × P × Sp	شوری × پرایمینگ × گونه	6	205.0**	0.30**	3.14*	0.66 ^{ns}	30.57**	0.0054*
Error total	خطا کل	63	16.9	0.09	1.34	4.72	6.58	0.0020
CV (%)	ضریب تغییرات		8.4	7.7	10.7	10.1	7.5	14.3

Table 5. Continued

جدول ۵. ادامه

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی df	کارایی مصرف آب فتوسنتزی Pwue	تعداد برگ NOL	تعداد خار NOT	محتوای سدیم Na	محتوای پتاسیم K
Replication	تکرار	3	0.0003	492.2	48.5	3.31	6.33
Salinity (S)	شوری	2	0.6568**	406893.0**	98983.4**	1397.11**	1260.02**
Error a	خطا a	6	0.0032	1243.1	113.5	2.06	11.91
Priming (P)	پرایمینگ	3	0.0901**	68982.0**	24443.6**	31.68**	104.47**
Species (Sp)	گونه	1	0.0529**	11216.9**	46.2 ^{ns}	341.90**	160.55**
S × P	شوری × پرایمینگ	6	0.0099**	12329.3**	6473.7**	4.26 ^{ns}	14.77 ^{ns}
S × Sp	شوری × گونه	2	0.0278**	12185.7**	4247.8**	45.49**	6.22 ^{ns}
P × Sp	پرایمینگ × گونه	3	0.0264**	4430.8**	996.4 ^{ns}	1.87 ^{ns}	79.92**
S × P × Sp	شوری × پرایمینگ × گونه	6	0.0083*	7868.5**	2792.1**	5.12 ^{ns}	18.87 ^{ns}
Error total	خطا کل	63	0.0031	582.4	370.4	5.86	16.38
CV (%)	ضریب تغییرات		11.3	9.1	11.5	12.7	15.3

^{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.

GP= Germination percentage; TDW= Total dry weight; Pn= Net photosynthesis rate; T= transpiration rate; Ci= Sub-stomata CO₂ Concentration; MC= Mesophyll conductance; Pwue= Photosynthetic water use efficiency; NOL= Number of leaves per plant; NOT= Number of thistle per plant; Na= Sodium content and K= Potassium content.

۶). همچنین بررسی روند تغییرات صفات به ازای افزایش سطوح شوری حاکی از آن بود که در هر دو گونه مورد مطالعه و سطوح پرایمینگ 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 (به جز هدایت مزوفیلی، تعداد خار و محتوی سدیم اندام هوایی) روند کاهشی نشان دادند. همچنین در بین سطوح پرایمینگ نیز در هر دو گونه مورد مطالعه تیمار توأم هیدروپرایمینگ + پرایمینگ جیبرلین وضعیت مطلوب‌تری را برای صفات مورد مطالعه نشان داد. به نحوی که افزایش سطوح شوری به ۸ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر تحت تیمار بدون پرایمینگ (شاهد) موجب کاهش ماده خشک کل (به ترتیب ۴۳/۳ و ۷۰/۰ درصد در گونه *A. graecorum* Khuzestan ecotype) و *maurorum* Esfahan ecotype (به ترتیب ۵۷/۵ و ۷۲/۶ درصد در گونه *A. graecorum* Khuzestan ecotype) سرعت فتوسنتز (به ترتیب ۵۴/۵ و ۷۱/۸ درصد در گونه *A.*

۶). همچنین بررسی روند تغییرات صفات به ازای افزایش سطوح شوری حاکی از آن بود که در هر دو گونه مورد مطالعه و سطوح پرایمینگ 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 (به جز هدایت مزوفیلی، تعداد خار و محتوی سدیم اندام هوایی) روند کاهشی نشان دادند. همچنین در بین سطوح پرایمینگ نیز در هر دو گونه مورد مطالعه تیمار توأم هیدروپرایمینگ + پرایمینگ جیبرلین وضعیت مطلوب‌تری را برای صفات مورد مطالعه نشان داد. به نحوی که افزایش سطوح شوری به ۸ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر تحت تیمار بدون پرایمینگ (شاهد) موجب کاهش ماده خشک کل (به ترتیب ۴۳/۳ و ۷۰/۰ درصد در گونه *A. graecorum* Khuzestan ecotype) و *maurorum* Esfahan ecotype (به ترتیب ۵۷/۵ و ۷۲/۶ درصد در گونه *A. graecorum* Khuzestan ecotype) سرعت فتوسنتز (به ترتیب ۵۴/۵ و ۷۱/۸ درصد در گونه *A.*

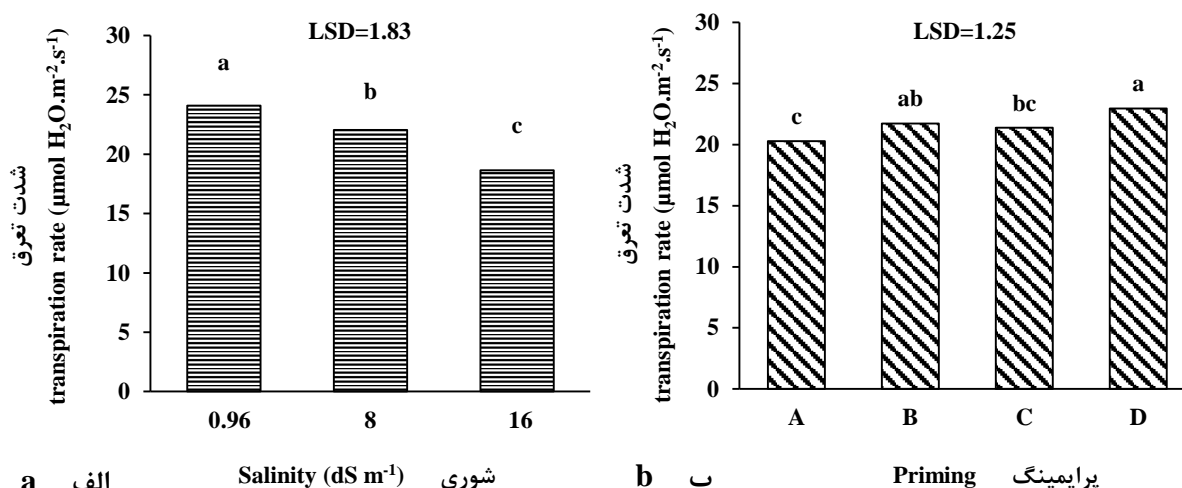
جدول ۶. برهمکنش شوری (با استفاده از آب خلیج فارس) × پرایمینگ بذر × گونه بر میانگین (±انحراف استاندارد) درصد جوانه‌زنی، ماده خشک کل و برخی صفات فیزیولوژیک گیاه خارشتر.

Table 6. Salinity (using Persian Gulf water) × priming × species interaction effects on mean (±SD) of germination, total dry weight and some physiological characteristics in *Alhagi* plants.

شوری Salinity dS. m ⁻¹	پرایمینگ Priming	گونه Species	درصد جوانه‌زنی GP %	ماده خشک کل TDW g.plant ⁻¹	سرعت فتوسنتز Pn -----μmol CO ₂ .mol air ⁻¹ -----	میزان CO ₂ زیر اتاقک روزنه Ci
0.96	A	<i>Alhagi maurorum</i>	59.0±2.73e	4.1±0.58fg	12.3±0.49efg	40.6±1.99ef
8			34.0±8.29ij	3.4±0.28hi	7.1±1.03jk	23.6±0.31lmn
16			21.3±4.81k	1.8±0.14kl	4.4±0.59l	22.9±4.65mn
0.96	B		72.4±2.69cd	5.4±0.12c	13.9±0.74cde	40.9±2.51ef
8			40.6±2.30fgh	4.0±0.31g	13.5±0.74def	31.7±2.06hi
16			22.9±2.95k	3.2±0.25ij	7.0±0.39jk	24.6±4.7lm
0.96	C		74.1±3.37bcd	4.9±0.53de	12.1±0.41fg	37.8±3.41fg
8			55.8±7.13e	2.8±0.12j	9.8±0.40hi	26.6±3.71jkl
16			38.6±1.62ghi	2.1±0.14k	5.8±0.55kl	24.8±1.34klm
0.96	D		79.3±3.92b	6.0±0.34b	15.6±1.07b	50.9±4.82c
8			60.4±4.06e	4.1±0.07fg	13.5±0.63def	34.6±1.28gh
16			37.9±1.65ghi	3.7±0.22gh	7.3±0.97jk	28.9±0.92ij
0.96	A	59.8±3.48e	4.8±0.16e	14.9±0.53bcd	31.8±1.93hi	
8		37.6±3.55ghi	3.1±0.07ij	10.0±0.45hi	20.4±1.22n	
16		31.5±5.95j	2.0±0.55k	4.8±3.33l	20.1±0.74n	
0.96	B	69.7±1.42d	6.1±0.39b	16.2±0.44b	54.7±0.73b	
8		45.3±4.41f	4.5±0.25ef	10.8±0.62gh	39.6±0.92ef	
16		34.8±2.92hij	2.9±0.44j	6.6±0.75k	28.9±0.85ij	
0.96	C	76.6±6.27bc	5.3±0.26cd	15.7±2.08b	45.8±1.19d	
8		42.3±3.90fg	2.2±0.05k	11.1±0.36gh	29.6±2.37ij	
16		23.4±2.81k	1.5±0.32l	5.9±0.61kl	28.4±1.15ijk	
0.96	D	88.9±2.76a	7.3±0.32a	18.9±2.20a	63.2±1.90a	
8		45.1±3.47f	4.9±0.08de	15.4±0.73bc	42.3±4.88de	
16		24.1±5.24k	3.4±0.27hi	8.6±0.93ij	31.5±2.69hi	
LSD (0.05)			5.9	0.42	1.59	3.76

(شکل الف) و در بررسی اثر اصلی پرایمینگ بذر بالاترین میزان آن تحت تیمار توأم هیدروپرایمینگ + پرایمینگ با هورمون جیبرلین ۵۰ پی‌پی‌ام با میانگین ۲۲/۹۷ میکرومول آب بر مترمربع بر ثانیه (به ترتیب با ۱۳/۲، ۵/۷ و ۷/۳ درصد افزایش نسبت به تیمارهای بدون پرایمینگ، هیدروپرایمینگ و پرایمینگ با هورمون جیبرلین ۵۰ پی‌پی‌ام) حاصل گردید (شکل ب).

مرتبط با این استرس به‌عنوان یک استراتژی افزایش تحمل مشاهده گردید (Heikal et al., 2022). همچنین در بررسی اثر اصلی شوری در مورد صفت شدت تعرق نتایج نشان داد که بالاترین میزان این صفت تحت شوری آب شهری با هدایت الکتریکی ۰/۹۶ دسی‌زیمنس بر متر با میانگین ۲۴/۱ میکرومول آب بر مترمربع بر ثانیه (به ترتیب با ۹/۳ و ۲۹/۲ درصد افزایش نسبت به سطوح ۸ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر)



شکل ۱. تأثیر شوری با استفاده از آب خلیج فارس (الف) و پرایمینگ بذر (ب) (A= بدون پرایمینگ، B= هیدروپرایمینگ، C= پرایمینگ با هورمون جیبرلین ۵۰ پی‌پی‌ام و D= هیدروپرایمینگ + پرایمینگ جیبرلین) بر شدت تعرق گیاه خارشتر. میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با هم ندارند.

Fig. 1. The effect of salinity using Persian Gulf water (a) and seed priming (b) (A= Non-priming, B= Hydro priming, C= Hormonal priming with 50 ppm gibberellin and D= Hydro priming + Hormonal priming with 50 ppm gibberellin) on transpiration rate in *Alhagi* plants. Means within each column followed by the same letter are not significantly different ($P \leq 0.05$).

نشان دادند (جدول ۶). این ممکن است به این دلیل باشد که استفاده از هیدروپرایمینگ + پرایمینگ جیبرلین کاربردی‌ترین تیمار در رابطه با جوانه‌زنی و استقرار سریع بوته به‌منظور بهبود فعالیت‌های فتوسنتزی در طول رشد گونه‌های خارشتر مورد مطالعه باشد. در واقع، در هر دو گونه مورد بررسی افزایش وزن خشک در تیمار هیدروپرایمینگ + پرایمینگ جیبرلین در مقایسه با سایر تیمارهای پرایمینگ بذر بیشتر به دلیل مدت‌زمان بالاتر با ماندن روزنه‌ها و جذب بیشتر CO₂ در نتیجه استقرار مطلوب و تولید سریع‌تر سطح فتوسنتزکننده بود. این به‌نوبه خود به گیاه اجازه می‌دهد تا برای مدت طولانی‌تری به رشد خود ادامه دهد. اگرچه با افزایش سطوح شوری در محیط کشت، شرایط برای رشد در هر دو گونه مورد بررسی نامساعد گردید، با این‌وجود گونه A.

بنا بر نتایج مقایسه میانگین‌ها در سطوح شوری ۸ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر، بیشترین میزان ماده خشک کل، سرعت فتوسنتز و میزان CO₂ زیر اتاقک روزنه در هر دو گونه مورد مطالعه تحت تیمار هیدروپرایمینگ + پرایمینگ جیبرلین به دست آمد که این امر حاکی از کارایی این تیمار در بهبود تولید ماده خشک از طریق تأثیر بر صفات فیزیولوژیک همچون افزایش تبادلات روزنه و نرخ فتوسنتز است (جدول ۶)؛ اما در مورد صفت کارایی مصرف آب فتوسنتزی بین دو گونه نتایج متفاوت بود، به‌نحوی که در گونه *A. maurorum* کاربرد Esfahan ecotype هیدروپرایمینگ و در گونه *A. graecorum* Khuzestan ecotype کاربرد هیدروپرایمینگ + پرایمینگ جیبرلین تحت سطوح شوری ۸ و ۱۶ دسی‌زیمنس وضعیت مطلوب‌تری از لحاظ این صفت

میلی گرم در گرم وزن خشک کمترین محتوی پتاسیم اندام هوایی را نشان دادند (شکل ۲د).

افزایش تجمع عناصر سدیم و کلر تحت شرایط تنش شوری موجب به هم خوردن تعادل یونی در سلول‌ها شده و نهایتاً این امر سبب کاهش جذب عناصر ضروری مثل پتاسیم می‌گردد (Baladi et al., 2022). علاوه بر آن گزارش‌ها حاکی از آن است که سرعت توسعه در گیاه تحت تأثیر مقدار سدیم قرار می‌گیرد و می‌تواند شاخص مناسبی جهت تعیین تحمل به شوری باشد (Nabati et al., 2018). شوری ناشی از نمک NaCl باعث عدم بالانس در تعادل یونی در محلول خاک می‌شود و این امر بر جذب عناصر معدنی همچون عنصر پتاسیم در گیاه تأثیر منفی خواهد داشت (Papan et al., 2022). افزون بر آن محققان معتقدند که بسیاری از گیاهان شورپسند از طریق تنظیم اسمزی این استرس محیطی را تحمل می‌کنند (Mehdikhani et al., 2019). این گیاهان با کاهش پتانسیل آب خود در یک سازوکار فیزیولوژیک مشخص، مقادیر زیادی از یون‌ها همچون کلر و سدیم را در بافت خود تجمع می‌دهند تا بتوانند با حفظ وضعیت آماس و تنظیم اسمزی در آن شرایط جذب آب داشته باشند (Ranjbar et al., 2021).

تجمع زیاد نمک در شاخساره به دلیل افزایش میزان شوری، با افزایش میزان رشد اندام هوایی گیاه خارشتر همراه خواهد بود که در نهایت به افزایش تحمل این گیاه منجر می‌گردد (Zangoie et al., 2023). در همین راستا در مطالعه‌ای که توسط زینگ و همکاران (Zeng et al., 2008) انجام گرفت نتایج نشان داد که محتوای یون سدیم اندام هوایی گیاه خارشتر گونه *A. sparsifolia* تحت تنش شوری افزایش و محتوای یون پتاسیم کاهش یافته است. آن‌ها نشان دادند که بیشترین میزان تجمع سدیم و کلر تحت ۱۵۰ میلی‌مولار کاربرد نمک NaCl به دست آمد که دلیل آن می‌تواند استفاده از یون سدیم به‌عنوان اسمولیت برای افزایش اسمولالیت سلولی و کاهش پتانسیل آب سلول‌ها در این گونه شورپسند باشد. بنابراین می‌توان گیاه خارشتر را یک گیاه شورپسند دانست (Zeng et al., 2008) که بنا به نظر محققین این امر ناشی از چندساله بودن گیاه خارشتر و داشتن فرصت بیشتر جهت گسترش اندام‌های رویشی در مراحل پس از ظهور و استقرار این گیاه است (Zobayed et al., 2006). همچنین اثرات مثبت روش‌های پرایمینگ بذر در بهبود شرایط رشدی گیاهان هالوفیت همچون سالیکورنیا

graecorum Khuzestan ecotype نسبت به گونه دیگر مورد بررسی تحمل بالاتری نشان داد، به نحوی که در شوری ۸ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر هم ماده خشک تولیدی بالاتر و هم سرعت فتوسنتز بیشتری به ثبت رساند (جدول ۶). این مسئله می‌تواند ناشی از تحمل بالای این گونه در کاهش اثرات سمیت عناصر و نیز جلوگیری از تخریب اندامک‌های درون سلولی، کاهش فعالیت این اندامک‌ها و تجزیه آنزیم‌های سیتوپلاسمی سلول‌های گیاهی باشد که گیاه را قادر می‌سازد حتی در شرایط تنش با حفظ سرعت فتوسنتز از طریق جذب CO₂ و تبادلات روزانه ماده خشک بالاتری تولید نماید. در این رابطه دیگر محققان نیز تفاوت بین گونه‌های هالوفیت در پاسخ به سطوح متوسط تا بالای شوری را تأیید کرده‌اند (Ansari Ardali et al., 2021; Baladi et al., 2022; Izadi et al., 2022) که با نتایج این مطالعه هم‌خوانی دارد.

از نظر محتوی سدیم اندام هوایی نتایج حاکی از آن بود که تیمار پرایمینگ با هورمون جیبرلین ۵۰ پی‌پی‌ام با میانگین ۲۰/۵ میلی‌گرم در گرم وزن خشک بیشترین و تیمارهای هیدروپرایمینگ + پرایمینگ جیبرلین و هیدروپرایمینگ به ترتیب با میانگین‌های ۱۸/۰ و ۱۸/۱ میلی‌گرم در گرم وزن خشک (بدون اختلاف معنی‌دار نسبت به هم) کمترین مقدار این صفت را به خود اختصاص دادند (شکل ۲الف). همچنین افزایش شوری از سطح آب شهری با هدایت الکتریکی ۰/۹۶ به ۸ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر منجر به افزایش محتوی سدیم اندام هوایی (به ترتیب ۶۶/۴ و ۹۹/۲ درصد در گونه *A. maurorum* Esfahan ecotype و ۹۸/۱ و ۱۱۸/۹ درصد در گونه *A. graecorum* Khuzestan ecotype) در هردو گونه مورد مطالعه گردید (شکل ۲ب). متفاوت با آن بیشترین محتوی پتاسیم اندام هوایی تحت تیمار آبیاری با آب شهری با هدایت الکتریکی ۰/۹۶ دسی‌زیمنس بر متر با میانگین ۳۲/۹ میلی‌گرم در گرم وزن خشک حاصل گردید و افزایش شوری به سطح ۸ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر منجر به کاهش ۲۰/۳ و ۳۸/۱ درصدی این صفت شد (شکل ۲ج). در بین دو گونه مورد مطالعه نیز گونه *A. graecorum* Khuzestan ecotype تحت تیمار پرایمینگ با هورمون جیبرلین ۵۰ پی‌پی‌ام با میانگین ۳۱/۸ میلی‌گرم در گرم وزن خشک بیشترین و گونه *A. maurorum* Esfahan ecotype تحت تیمار هیدروپرایمینگ + پرایمینگ جیبرلین با میانگین ۲۳/۲

مطلوب در گونه‌های خارشتر مورد مطالعه تحت شرایط شوری آب آبیاری و خاک و همچنین رقیق‌سازی و استفاده از آب شور دریا در اراضی غیرقابل کشت و ساحلی به منظور تولید گیاهان هالوفیت بومی همچون خارشتر قابل توصیه است.

سیاسگزاری

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

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 کاهش نشان دادند، اما این کاهش در سطح ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر اعمال تنش شوری شدیدتر بود. از نظر اقتصادی نیز استفاده از تکنیک پرایمینگ بذر با کاهش بذر مصرفی در هکتار از طریق افزایش درصد جوانه‌زنی و شانس بقای گیاهچه منجر به تسریع در دستیابی به سطح سبز مؤثر در واحد سطح شده و در نتیجه گیاه ماده خشک بیشتری تولید خواهد کرد. نهایتاً استفاده از تیمار توأم هیدروپرایمینگ + پرایمینگ با هورمون جیبرلین ۵۰ پی‌پی‌ام به منظور شکست خواب، استقرار محصول و حصول عملکرد

منابع

- Abshenas, M., Esmaeili, M.A., 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]. <https://doi.org/10.22077/escs.2020.2926.1753>
- Baladi, R., Nabipour, M., Farzaneh, M., 2022. Investigation of some physiological and antioxidant responses of caper (*Capparis spinosa* L.) plant to salt stress. *Environmental Stresses in Crop Sciences*. 15, 741-750. [In Persian]. <https://doi.org/10.22077/escs.2021.4024.1954>
- Bazooabandi, M., Barati, M., Sadrabadi, H.R., 2006. Physiological response of *Alhagi pseudoalhagi* to root exhausting management during fallow season. *Iranian Journal of Weed Science*. 2, 84-95.
- Camberato, J., Mccarty, B., 1999. Irrigation water quality: part I. Salinity. *South Carolina Turfgrass Foundation New*. 6, 6-8.
- Egli, D.B., TeKrony, D.M., 1997. Species differences in seed water status during seed maturation and germination. *Seed Science Research*. 7, 3-12. <https://doi.org/10.1017/S0960258500003305>
- Eisvand, H.R., Tavakkol-Afshari, R., Sharifzadeh, F., Maddah Arefi, H.M., 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, 53-65. [In Persian]. [https://doi.org/20.1001.1.20084811.1387.39.1.6.1](https://doi.org/10.22077/escs.2020.2926.1753)
- Afzal, I., Aslam, N., Mahmood, F., Hameed, A., Irfan, S., Ahmad, G., 2004. Enhancement of germination and emergence of canola seeds by different priming techniques. *Biologia Santa Cruz. do Sul*. 16, 19-34. <https://doi.hdl.handle.net/1807/5368>
- Amiri, B., Rasouli, B., Assareh, M.H., Jafari, M., 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, 233-243. [In Persian]. <https://doi.org/10.22092/ijrdr.2012.103154>
- Amirikia, F., Nabipour, M., Farzaneh, M., 2023. 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. *Iranian Journal of Seed Research*. 10, 63-80. [In Persian]. <https://doi.org/10.61186/yujs.10.1.63>
- Ansari Ardali, S., Nabipour, M., Roshanfekr, H. A., Bagheri, M., 2021. Evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild.) cultivars in saline conditions using germination indices in controlled environment. *Environmental Stresses in Crop Sciences*. 14, 475-485. [In Persian].

- Eskandari, H., Alizadeh-Amraie, A., 2014. Effect of priming on millet (*Panicum miliaceum*) seed germination under drought and salt condition. Iranian Journal of Seed Research. 1, 46-55. [In Persian]. <https://doi.org/10.29252/yujs.1.1.46>
- Esmaili, A., Eslami, S.V., 2010. Breaking of dormancy and germination in Camelthorn seeds (*Alhagi camelorum* Fish.). P. 45-48. The 3rd Iranian Weed Science Congress, 17-18 February. 2010. Iranian Weed Science Society, Babolsar, Iran. [In Persian].
- Fischer, R. A., Rees, D., Sayre, K. D., Lu, Z. M., Condon, A. G., Saavedra, A. L., 1998. Wheat yield progress associated with higher stomatal conductance and photosynthetic rate, and cooler canopies. Crop Science. 38, 1467-1475. <https://doi.org/10.2135/cropsci1998.0011183X003800060011x>
- Haghighi, A., Izady, Y., Haji Mahmoudi, M., Moosavi, S. A., 2021. Investigation of seed germination responses of aged Chia (*Salvia hispanica*) seeds to different levels of salinity stresses by three models. Iranian Journal of Seed Research. 7, 171-189. [In Persian]. <https://doi.org/10.52547/yujs.7.2.171>
- Hamada, A. M., El-Enany, A. E., 1994. Effect of NaCl salinity on growth, pigment and mineral element contents, and gas exchange of broad bean and pea plants. Biologia Plantarum. 36, 75-81. <https://doi.org/10.1007/BF02921273>
- Hasani, Z., Amraie, N., Ahmadi, K., Omid, H., 2021. Effect of priming on seed germination and morpho-physiological traits of *Portulaca oleracea* L. under salinity stress. Iranian Journal of Seed Science and Research. 8, 293-310. [In Persian]. <https://doi.org/10.22124/JMS.2021.5281>
- Heikal, Y. M., El-Esawi, M. A., Naidu, R., Elshamy, M. M., 2022. Eco-biochemical responses, phytoremediation potential and molecular genetic analysis of *Alhagi maurorum* grown in metal-contaminated soils. BMC Plant Biology. 22, 1-26. <https://doi.org/10.1186/s12870-022-03768-6>
- Howizeh, H., Dinarvand, M., Salehi, H., 2002. Medicinal plants of Khuzestan. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research. 14, 55-72. [In Persian].
- Hussain, S., Khan, F., Cao, W., Wu, L., Geng, M., 2016. Seed priming alters the production and detoxification of reactive oxygen intermediates in rice seedlings grown under sub-optimal temperature and nutrient supply. Frontiers in Plant Science. 7, 439-452. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00439>
- ISTA., 2012. International rules for seed testing, edition 2012. International seed testing association (ISTA)., Bassersdorf, Switzerland.
- Izadi, Y., Moosavi, S. A., Gharineh, M. H., 2022. Salinity affects eco-physiological aspects and biochemical compositions in chia (*Salvia hispanica* L.) during germination and seedling growth. Scientia Horticulturae. 306, 111461. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111461>
- Izadi, Y., Nabipour, M., 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, 231-246. [In Persian]. <https://doi.org/10.22077/escs.2020.3569.1880>
- Jafari, S., Hamdi, S. M. M., 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, 726-736. [In Persian].
- Karbalaee Gholizadeh, S., Mir Mahmoodi, T., Khaliliaqdam, N., 2015. The effects of priming by folic acid and hydrogen peroxide on morpho-physiological traits in cannabis seeds (*Cannabis sativa* L.). Journal of Biodiversity and Environmental Sciences. 2, 407-416.
- Kurban, H., Saneoka, H., Nehira, K., Adilla, R., Premachandra, G. S., Fujita, K., 1999. Effect of salinity on growth, photosynthesis and mineral composition in leguminous plant *Alhagi pseudoalhagi* (Bieb.). Soil science and plant nutrition. 45, 851-862. <https://doi.org/10.1080/00380768.1998.10414482>
- Lajorak Shirpour, F., Izadi, Y., Moosavi, S. A., 2022. Estimation of cardinal temperatures for tomato (*Solanum lycopersicom*) seed germination using nonlinear regression models. Iranian Journal of Seed Research. 8, 81-96. [In Persian]. <https://doi.org/10.52547/yujs.8.2.81>
- Malekzade, S., Fallah, S., 2015. Effects of seed priming methods on germination parameters of Ajowan (*Carum copticum*) seed. Iranian Journal of Seed Research. 1, 91-101. [In Persian]. <https://doi.org/10.29252/yujs.1.2.91>
- Mass, E.V., Hoffman, G.J. 1997. Crop salt tolerance current assessment. Journal of Irrigation and Drainage Division. 103, 115-134. <https://doi.org/10.1061/JRCEA4.0001137>

- Medrano, H., Tomás, M., Martorell, S., Flexas, J., Hernández, E., Rosselló, J., Bota, J., 2015. From leaf to whole-plant water use efficiency (WUE) in complex canopies: limitations of leaf WUE as a selection target. *The Crop Journal*. 3, 220-228. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2015.04.002>
- Mehdikhani, H., Izadi Darbandi, E., Rastgoo, M., Kafi, M., 2019. Study of salinity tolerance and its effect on some of the morphophysiological traits of *Bassia* (*Bassia scoparia* L.). *Environmental Stresses in Crop Sciences*. 12, 1313-1322. [In Persian]. <https://doi.org/10.22077/escs.2019.1248.1254>
- Moradi, A., Ghanbari, A., Rashed Mohassel, M. H., Izadi Darbandi, E., 2015. Investigation of some eco-physiological and management aspects in *Alhaji pseudalhagi* invasive weed. Ph. D. dissertation, Faculty of Agriculture, Department of Agronomy and Plant Breeding, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. [In Persian].
- Mozaffarian, V., 2001. Flora of Iran (Vol 38; Chenopodiaceae). Institute of Forests and Rangelands Publications. Iran. pp. 38. [In Persian].
- Nabati, J., Kafi, M., Masoumi, A., Zare Mehrjerdi, M., Boroumand Rezazadeh, E., Khaninejad, S., 2018. Salinity stress and some physiological relationships in *Kochia* (*Kochia scoparia*). *Environmental Stresses in Crop Sciences*. 11, 401-412. [In Persian]. <https://doi.org/10.22077/escs.2017.151.1036>
- Papan, P., Moezzi, A., Chorom, M., Rahnama, A., 2022. Biochemical and physiological response of quinoa to application of different levels of nitrogen and salinity irrigation water. *Environmental Stresses in Crop Sciences*. 15, 501-515. [In Persian]. <https://doi.org/10.22077/escs.2021.3846.1923>
- 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, 181-192. [In Persian]. <https://doi.org/10.29252/yujs.7.1.181>
- Ranjbar, G., Pirasteh-Anosheh, H., Shiran Tafti, M., Nikkiah, M., 2021. Effect of water salinity on biomass, ash content and some ions concentration in pickleweed (*Salicornia bigelovii* Torr.). *Environmental Stresses in Crop Sciences*. 14, 1069-1079. [In Persian]. <https://doi.org/10.22077/escs.2020.3670.1889>
- Rhaman, M. S., Rauf, F., Tania, S. S., Khatun, M., 2020. Seed priming methods: application in field crops and future perspectives. *Asian Journal Research Crop Science*. 5, 8-19. <https://doi.org/10.9734/AJRCS/2020/v5i230091>
- Saeedinia, M., Broomand Nasab, S., Hooshmand, A.R., Soltani Mohammadi, A., Andarzian, B., 2016. Applicability of CWSI index for irrigation scheduling of maize using saline water in Ahvaz. *Water and Soil Science*. 26, 173-185. [In Persian].
- Santana, D.G.D., Carvalho, F.J., Toorop, P., 2018. How to analyze germination of species with empty seeds using contemporary statistical methods? *Acta Botanica Brasilica*. 32, 271-278. <https://doi.org/10.1590/0102-33062017abb0322>
- Snedaker, S. C., 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, 325-327. <https://doi.org/10.1071/MF98001>
- Tahmasbi, B., Ghaderi-Far, F., Sadeghipour, H. R., Galeshi, S., 2015. Enhanced accumulation of fatty acids and lipid hydroperoxides during ageing of sunflower seeds. *Journal of Plant Process and Function*. 4, 73-83. [In Persian]. <https://doi.org/10.23222727.1394.4.12.7.7>
- Talebi, S., 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, 119-126. [In Persian]. <https://doi.org/10.29252/yujs.2.1.119>
- Zangoie, M., Parsa, S., Jami Al-Ahmadi, M., Izanloo, A., 2023. Effect of irrigation water salinity, ecotype and plant density on the camelthorn (*Alhagi camelorum* Fisch.) shoot and root minerals concentration and yield. *Environmental Stresses in Crop Sciences*. Accepted. [In Persian]. <https://doi.org/10.22077/escs.2023.5459.2150>
- Zeng, J., Zeng, F., Arndt, S.K., Guo, H., Yan, H., Xing, W., Liu, B., 2008. Growth, physiological characteristics and ion distribution of NaCl stressed *Alhagi sparsifolia* seedlings. *Chinese Science Bulletin*. 53, 169-176. <https://doi.org/10.1007/s11434-008-6020-5>

Zobayed, S.M.A., Murch, S.J., El-Demerdash, M.A., Saxena, P.K., 2006. NaCl enhances growth and morphogenesis potential of *Alhagi*

graecorum. In Vitro Cellular and Developmental Biology-Plant. 42, 607-613. <https://doi.org/10.1079/IVP2006811>