

## Estimation of salinity tolerance threshold of licorice (*Glycyrrhiza glabra* L)

R. Yazdani Biouki<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup>-Corresponding author, Assistant Professor, National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran, Email: r.yazdani@areeo.ac.ir

Received: 03/07/2023

Accepted: 09/13/2023

### Abstract

### Background and objectives

Salinity is one of the most basic abiotic stresses in arid and semi-arid regions, so it limits plant vegetative and reproductive growth. Soil salinity spreads due to irrigation with salty water, improper drainage, and salt accumulation in desert and semi-desert lands. Licorice (*Glycyrrhiza glabra* L.; legume family) is one of the most valuable halophyte plants used worldwide as a medicinal-industrial plant. Considering that in the existing studies, the threshold of tolerance to licorice salinity has not been accurately reported, in the present study, the aim was to determine the threshold and investigate some quantitative characteristics of licorice in response to different salinity levels.

### Methodology

To investigate the salinity tolerance threshold of licorice plants to different levels of salinity stress, an experiment was conducted in the form of a completely randomized design with three replications in the pot environment in the greenhouse of the National Salinity Research Center located in Yazd province. Salinity treatments for irrigation water included 0.6, 3, 6, 9, 12, 15, and 18 dS/m. At planting, all pots were irrigated with tap water until establishment and greening. After four days, salinity levels were increased to reach the desired salinity. In this study, various plant characteristics such as plant height, leaf area, aerial and root parts dry matter, relative water content, ion leakage, and potassium and sodium content were measured. Additionally, salinity tolerance thresholds and a 50% reduction in yield were calculated using the Mass-Hoffman model. Data variance analysis and determination of threshold values and salinity tolerance coefficients were performed using SAS Ver 9.2 statistical software.

### Results

The analysis of variance indicated that all the studied traits in *Glycyrrhiza glabra* (licorice) were significantly affected by salinity. The increase in water salinity from the control treatment to 18 dS/m resulted in a 90% reduction in plant height, 88% in leaf area, 94% in aerial part dry weight, 73% in root dry weight, 22% in relative water content, 0.42% decrease in potassium content, and an increase of 13% and 2.63%, in ion leakage and sodium content in the plant respectively. The plant salinity tolerance threshold indicated that the plant salinity threshold was calculated based on irrigation water salinity. In addition, it was obtained for root dry matter equal to 2.89 ds m<sup>-1</sup>. The slope of root dry matter yield reduction per unit of salinity increase in terms of ds m<sup>-1</sup> was obtained as 5.50%. Also, the salinity of the irrigation water, which caused a 50% reduction in

yield and zero yield, was calculated as 10.98 and 21.06 ds m<sup>-1</sup>, respectively. Also, the salt tolerance index (ST-index) was estimated at 11.40 ds m<sup>-1</sup>.

**Conclusion**

Considering that the salinity level of irrigation water, which caused yield reduction to zero was equal to 21.06 ds m<sup>-1</sup>, this plant is classified as relatively resistant to salinity stress.

**Keywords:** Halophyte, relative water content, ion leakage, plant dry weight.

## برآورد آستانه تحمل به شوری گیاه مرتعی- دارویی شیرین بیان (*Glycyrrhiza glabra* L)

رستم یزدانی بیوکی<sup>\*۱</sup>

\*۱- نویسنده مسئول، استادیار، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران، پست الکترونیک: r.yazdani@areeo.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۲۲

### چکیده

#### مقدمه

شوری یکی از اساسی‌ترین تنش‌های غیرزنده در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد، به طوری که از مهمترین عوامل محدودکننده رشد رویشی و زایشی بیشتر گیاهان است. شوری خاک به دلیل آبیاری با آب‌های شور، زهکشی نامناسب و انباشت نمک در اراضی بیابانی و نیمه‌بیابانی در حال گسترش است. شیرین بیان (*Glycyrrhiza glabra* L.) خانواده حبوبات) یکی از گیاهان هالوفیت با ارزش بوده که در جهان به عنوان یک گیاه دارویی-صنعتی استفاده می‌شود. با توجه به اینکه در مطالعات موجود آستانه تحمل به شوری شیرین بیان به طور دقیق گزارش نشده است، در این پژوهش، هدف تعیین آستانه و بررسی برخی ویژگی‌های کمی شیرین بیان در پاسخ به سطوح مختلف شوری بود.

#### روش تحقیق

با هدف بررسی آستانه تحمل به شوری گیاه شیرین بیان به سطوح مختلف تنش شوری، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در محیط گلخانه مرکز ملی تحقیقات شوری واقع در استان یزد انجام شد. تیمارهای شوری آب آبیاری شامل ۰/۶، ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۵ و ۱۸ دسی‌زیمنس بر متر بود. در ابتدای کاشت تمامی گلدان‌ها با آب شهر تا زمان استقرار و سبز شدن آبیاری شدند و بعد به فاصله ۴ روز به ترتیب سطوح شوری افزایش داده شد تا به شوری مورد نظر برسد. در این پژوهش ویژگی‌هایی از جمله ارتفاع بوته، سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی و ریشه، محتوای نسبی آب، نشت یونی و محتوای پتاسیم و سدیم گیاه اندازه‌گیری شد. همچنین آستانه تحمل به تنش شوری و کاهش ۵۰ درصد عملکرد با استفاده از مدل ماس-هافمن محاسبه شد. تجزیه واریانس داده‌ها و تعیین اعداد مربوط به حد آستانه و ضریب تحمل به شوری با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS Ver 9.2 محاسبه شد.

#### نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس حکایت از آن بود که تمامی صفات مورد مطالعه در گیاه شیرین بیان تحت تأثیر شوری قرار گرفتند و از لحاظ آماری اثر معنی‌داری داشتند. افزایش شوری آب از تیمار شاهد تا شوری ۱۸ دسی‌زیمنس بر متر سبب کاهش ۹۰ درصد ارتفاع بوته، ۸۸ درصد سطح برگ، ۹۴ درصد وزن خشک اندام هوایی، ۷۳ درصد وزن خشک ریشه، ۲۲ درصد محتوای نسبی آب، ۰/۴۲ درصد محتوای پتاسیم و افزایش ۱۳ و ۲/۶۳ درصدی به ترتیب در میزان نشت یونی درصد سدیم گیاه شد. نتایج آستانه تحمل به شوری گیاه حکایت از آن داشت که حد آستانه شوری گیاه بر اساس شوری آب آبیاری و برای ماده خشک ریشه در حدود ۲/۸۹ دسی‌زیمنس بر متر به دست آمد. شیب کاهش عملکرد ماده خشک ریشه به ازای هر واحد افزایش شوری بر حسب دسی‌زیمنس بر متر برابر با ۵/۵۰ درصد به دست آمد. همچنین میزان شوری آب آبیاری که سبب کاهش عملکرد ۵۰ درصدی و عملکرد صفر شد به ترتیب برابر با ۱۰/۹۸ و ۲۱/۰۶ دسی‌زیمنس بر متر بود. همچنین مقدار شاخص تحمل به شوری (ST-index) برابر ۱۱/۴۰ دسی‌زیمنس بر متر برآورد گردید.

## نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه میزان شوری آب آبیاری که باعث کاهش عملکرد به میزان صفر شد، برابر با ۲۱/۰۶ دسی‌زیمنس بر متر بود، این گیاه جزو گیاهان نسبتاً مقاوم به تنش شوری طبقه‌بندی می‌شود.

واژه‌های کلیدی: شورپسند، محتوای نسبی آب، نشت یونی، وزن خشک گیاه.

## مقدمه

بیشتر تنش‌های محیطی در بخشی از دوره رشد گیاه تأثیر می‌گذارند اما تنش شوری کل دوره رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Farrokhi & Galeshi, 2005). کلوروها و سولفات‌ها از جمله یون‌هایی هستند که در بروز شوری نقش دارند. این یون‌ها به علت حلالیت زیاد مهمترین عامل بروز عوارض ناشی از شوری هستند. اصلی‌ترین منبع شوری کلرور سدیم است و واژه شور در بیشتر موارد به حضور بیش از اندازه این نمک در خاک اطلاق می‌شود (Hosseini et al., 2016). با توجه به گسترش شوری نیاز است تا نسبت به معرفی گونه‌های متحمل به شوری اقدامات لازم انجام شود. گونه‌های هالوفیت از جمله گیاهان متحمل به شوری هستند که از بین آنها می‌توان به گیاه شیرین‌بیان اشاره کرد. شیرین‌بیان (*Glycyrrhiza glabra* L.) از خانواده بقولات، یکی از قدیمی‌ترین گیاهان دارویی جهان است که نورپسند و متحمل به شوری است که میانگین تحمل به شوری آن حدود ۸ دسی‌زیمنس بر متر است (Qasemi Dehkordi, 2002). این گیاه گونه‌ای شورپسند و مناسب برای رشد و تکثیر در سامانه‌های شورورزی و احیاء اراضی در مناطق خشک و نیمه‌خشک به حساب می‌آید (Yazdani Biouki et al., 2020). شیرین‌بیان در مناطقی که میزان بارندگی سالیانه بین ۴۰۰ تا ۱۱۶۰ میلی‌متر باشد به صورت خودرو می‌روید. این گیاه در خاک‌های شنی عمیق که حاوی ترکیبات کلسیمی باشند به خوبی رشد کرده و pH مناسب خاک برای این گیاه ۵/۵ تا ۸/۲ ذکر شده است (Omidbaigi, 2008). شیرین‌بیان خاصیت نمک‌زدایی و شیرین‌کنندگی خاک را دارد (Kushie et al., 2005; 2016; Cheraghi, 2016). جنس *Glycyrrhiza* در دنیا دارای ۳۰ گونه و در ایران دارای ۳ گونه است که در بین آنها *G. glabra* L. بیشترین پراکنش را در سطح ایران دارد (Soltani

Delroba et al., 2011). از مهمترین خواص درمانی ریشه‌های این گیاه می‌توان به خاصیت ملین بودن، خلط‌آور، مدر، درمان زخم معده و اثنی‌عشر، برونشیت و التهاب نای اشاره کرد (Omidbaigi, 2008). در داروسازی از عصاره ریشه‌های این گیاه برای شیرین کردن طعم داروها به صورت گسترده استفاده می‌شود (Omidbaigi, 2008). از آنجا که این گیاه را با ریشه از زمین بیرون می‌آورند، از این رو از میزان آن در طبیعت کاسته شده، به طوری که در استان‌های جنوبی کشور (عمدتاً فارس و کرمان) در خطر انقراض قرار دارد. از این رو برای اجتناب از انقراض شیرین‌بیان در عرصه‌های طبیعی و به دلیل شورزی و اقتصادی بودن این گیاه و توسعه شورشدن آب و خاک در کشور، لازم است با تدوین و اجرای برنامه عملی و مؤثر درصدد توسعه کاشت این گیاه ارزشمند دارویی بود که برای نیل به بخشی از این اهداف، تعیین آستانه تحمل به شوری این گیاه و بررسی پاسخ به شوری برخی ویژگی‌های مرتبط با عملکرد ضرورت دارد. بسیاری از مطالعات حکایت از مقاومت گیاه شیرین‌بیان نسبت به شوری دارد اما مطالعات در مورد تعیین آستانه تحمل به شوری آن و بررسی پاسخ آن با آب آبیاری شور محدود است. Behnamnia و Shenavai zare (۲۰۱۳) با بررسی چهار سطح تنش شوری صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم در شرایط آزمایشگاهی بر برخی پارامترهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه شیرین‌بیان، گزارش کردند که شوری موجب کاهش ماده خشک گیاه گردید. آنان همچنین نشان دادند که افزایش سطوح شوری پارامترهای بیوشیمیایی مانند آنتوسیانین، پرولین، MDA، H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>، قندهای احیایی و فعالیت آنزیم گلیکول پراکسیداز را افزایش داد. همچنین مقدار ترکیبات فنلی در برگ با افزایش غلظت کلرید سدیم کاهش و در ریشه افزایش پیدا کرد. Behdad و همکاران (۲۰۲۱) با مطالعه اثرهای تنش شوری ۰،

مختلف ایران به‌ویژه در نواحی خشک و بیابانی که با پدیده شور شدن زمین‌های کشاورزی و محدودیت کاشت و تولید محصولات در این مناطق روبرو هستند، به تولید صنعتی و احیاء اراضی و حفظ منابع طبیعی در این نقاط پرداخت. لزوم انجام این موضوع، مستلزم برآورد آستانه تحمل به شوری این گیاه است. بنابراین با توجه به اینکه در مطالعات موجود آستانه تحمل به شوری شیرین‌بیان به طور دقیق گزارش نشده است، در این پژوهش هدف تعیین آستانه و بررسی برخی ویژگی‌های کمی شیرین‌بیان در پاسخ به سطوح مختلف شوری بود.

### مواد و روش‌ها

برای برآورد تحمل به شوری گیاه دارویی شیرین‌بیان پژوهشی به صورت گلدانی به مدت هشت ماه در گلخانه تحقیقاتی مرکز ملی تحقیقات شوری واقع در استان یزد انجام شد. مطالعه در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام گردید. تیمارهای شوری شامل سطوح ۰/۶، ۳، ۶، ۹ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر بود. کاشت گیاهان در گلدان‌های ۷ کیلوگرمی (ارتفاع ۲۰/۵ و قطر ۲۰ سانتی‌متر) انجام شد. برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در گلدان‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است.

۱۰۰، ۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰ و ۸۰۰ میلی‌مولار نمک طعام بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی و فیتوشیمیایی شیرین‌بیان، گزارش کردند که شوری به‌طور معنی‌داری پارامترهای رشدی گیاه را کاهش داد. در آزمایشی دیگر با افزایش سطح تنش شوری در شیرین‌بیان، میزان وزن خشک، ارتفاع بخش هوایی و طول ریشه و مقدار پتاسیم و فسفر در بخش هوایی کاهش یافت (Khodabandloo *et al.*, 2019). نتایج یک پژوهش، نشان‌دهنده افزایش در میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی شیرین‌بیان و تحمل بالاتر این گیاه با افزایش سطوح شوری بود (Hosseini *et al.*, 2019).

شیرین‌بیان گیاهی شورپسند بوده و ظرفیت شوزدایی دارد. از سوی دیگر، این محصول از محصولات کم‌آب‌بر با بهره‌ی بالاست که تنها در سال اول کشت باید آبیاری شود. همچنین ریشه این گیاه به صورت خشک شده یا عصاره، یکی از مهمترین اقلام صادراتی کشور در بخش گیاهان دارویی محسوب می‌شود. پودر خشک عصاره شیرین‌بیان نیز به صورت گسترده در سطح جهان تجارت می‌شود. اما در حال حاضر، این گیاه از طبیعت جمع‌آوری شده و به تدریج از میزان آن در طبیعت کاسته شده، بنابراین به دلیل آنکه ایران یکی از مناطق طبیعی و مستعد برای رشد و تکثیر این گیاه به‌شمار می‌رود، می‌توان با کاشت اصولی این گیاه در بخش‌های

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در گلدان‌ها

Table 1- Some soil physico chemical characteristics of experimental soil studied

EC (ds m-1)	pH	Phosphorus (g kg-1)	Potassium	Organic Carbon (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)
	4.5	7.36	85	0.04	44.16	35.62	20.22

۱۴ نقطه از گلدان کاشته و به تدریج تنک شدند. در ابتدای کاشت تمامی گلدان‌ها با آب شهر تا زمان استقرار و سبزشدن آبیاری شدند و بعد به فاصله ۴ روز به ترتیب سطوح شوری افزایش داده شد تا به شوری مورد نظر برسد. برخی ویژگی‌های شیمیایی آب شور استفاده شده در جدول ۲ نشان داده شده است.

بذرهای شیرین‌بیان از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد و در آبان‌ماه سال ۱۳۹۸ در گلدان‌های ۷ کیلوگرمی در محیط گلخانه کاشته شدند. به دلیل پوسته سخت شیرین‌بیان، قبل از کاشت بذرهای شیرین‌بیان به مدت ۱۰ دقیقه در اسیدسولفوریک ۹۵٪ خیس گردید و بعد با آب شسته و بر روی پارچه خشک شد. سپس بذرها در حدود

جدول ۲- برخی ویژگی‌های شیمیایی آب آبیاری مورد استفاده در آزمایش

Table 2- Some water chemical characteristics of experimental studied

EC (ds m <sup>-1</sup> )	pH	Ca <sup>2+</sup> (meq l <sup>-1</sup> )	Mg <sup>2+</sup> (meq l <sup>-1</sup> )	(meq l <sup>-1</sup> ) Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup> (meq l <sup>-1</sup> )	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq l <sup>-1</sup> )	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq l <sup>-1</sup> )	Cl <sup>-</sup> (meq l <sup>-1</sup> )	SAR
0.6	7.6	2.7	1.0	1.8	0	3.3	0	1.8	1.3
3	8.05	9.7	8.42	11.74	0.1	2.89	0	17.31	3.9
6	8.00	5.02	9.5	45.23	0.15	2.9	0	52	16.81
9	8.00	3.26	12.88	80.73	0.21	2.77	0	86.48	28.83
12	7.61	2.95	11.88	93.16	0.22	2.27	0	95.57	37
15	7.65	2.01	15.65	136.5	0.28	2.31	0	146.5	45.95
18	7.72	1.51	20.1	160.8	0.39	2.70	0	178.1	49.02

E1: هدایت الکتریکی آب قبل از آون

E2: هدایت الکتریکی آب بعد از آون

همچنین، برای اندازه‌گیری عناصر سدیم و پتاسیم عصاره نمونه‌ها توسط هضم به روش سوزاندن خشک و ترکیب با اسید کلریدریک اقدام شد (Chapman and Pratt, 1961; Waling et al., 1989).

برای تعیین آستانه تحمل به تنش شوری و کاهش ۵۰ درصد عملکرد از مدل ماس-هافمن استفاده شد. همچنین برای تعیین شاخص تحمل به تنش شوری (STI) از رابطه ۲ استفاده شد (Anagholi, 2008).

رابطه ۲:

$$STI \text{ (Salinity Tolerance index)} = eC50 + (S \times eC50)$$

$eC50$  = میزان شوری که در آن ۵۰ درصد عملکرد کاهش

می‌یابد.

$$S = \text{میزان شیب رابطه}$$

تجزیه واریانس داده‌ها و تعیین اعداد مربوط به حد آستانه و ضریب تحمل به شوری با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS Ver 9.2 محاسبه شد، همچنین مقایسه میانگین با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

### نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس حکایت از آن داشت که تمامی صفات مورد مطالعه در گیاه شیرین بیان تحت تأثیر شوری قرار گرفتند و از لحاظ آماری اثر معنی‌داری داشتند (جدول ۳).

برای کنترل شوری خاک، پس از هر نوبت آبیاری، میزان شوری زهاب هر گلدان (EC<sub>dw</sub>) با دستگاه هدایت‌سنج اندازه‌گیری شد. ۱۰ ماه پس از اعمال تنش شوری، در شهریورماه ۱۳۹۹ قسمت‌های رویشی بوته‌ها برداشت گردید. ویژگی‌هایی از جمله ارتفاع بوته، سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، محتوای نسبی آب، نشت یونی و میزان عناصر سدیم و پتاسیم بررسی شدند. بدین منظور، ارتفاع گیاه با استفاده از خط‌کش و برحسب سانتی‌متر، سطح برگ با استفاده از دستگاه سطح برگ‌سنج (Windias 3) اندازه‌گیری گردید. سپس بوته‌ها (بخش هوایی و ریشه‌ها) به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سلسیوس در دستگاه آون قرار گرفته و بعد وزن خشک آنها توسط ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ (RWC) به روش Ritchie و Nguyen (۱۹۹۰) انجام شد. برای تعیین نشت‌پذیری غشا، ابتدا نیم‌گرم بافت گیاه را پس از شستشو با آب مقطر در ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر در قوطی‌های فیلم استریل شده در دمای اتاق به مدت دو ساعت شناور کرده و در پایان دو ساعت، هدایت الکتریکی آب توسط EC متر در دمای اتاق سنجیده شد. سپس نمونه‌ها به آون با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد منتقل شد و به مدت ۲۰ دقیقه در این شرایط قرار گرفت. پس از خشک شدن نمونه‌ها، دوباره هدایت الکتریکی نمونه‌ها را اندازه گرفته و بوسیله رابطه ۱ نشت‌پذیری غشا برحسب درصد اندازه‌گیری شد.

$$\text{رابطه ۱: } (E1/E2) \times 100 = \text{نشت‌پذیری غشا سلولی}$$

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس تأثیر تنش شوری بر برخی صفات مورد مطالعه در گیاه شیرین بیان

**Table 3- Analysis of variance of the effect of salinity stress on some studied characteristics in *Glycyrrhiza glabra* L**

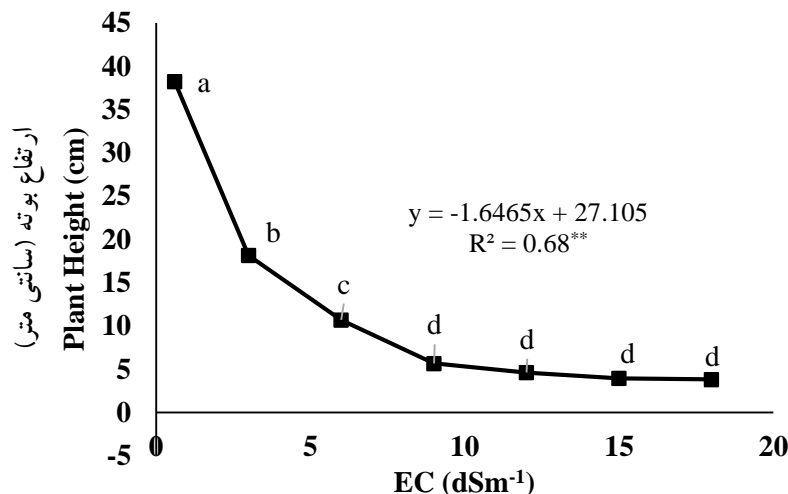
S.O.V	df	Plant height	Leaf area	Shoot dry weight	Root dry weight	Relative water content	Ion leakage	Potassium	Sodium
Salinity stress	6	477.41**	238.44**	0.69**	0.49**	299.35**	95.78**	0.09**	2.94**
Error	14	1.40	0.44	0.03	0.002	4.03	5.62	0.01	0.06
CV		9.75	6.51	15.37	5.86	12.67	7.06	9.12	17.28

\*\* معنی داری در سطح احتمال ۰/۰۱ / \*\* Significant at the level of 0.01

کاهش ارتفاع گیاه را با افزایش تنش شوری در گیاه شیرین بیان گزارش کردند. کاهش ارتفاع و وزن خشک در شرایط تنش شوری را می توان به سبب کاهش یا عدم انتقال مواد غذایی از لپه ها به جنین نسبت داد، همچنین از سایر عوامل کاهش دهنده رشد در شرایط تنش شوری، می توان به کاهش جذب آب به وسیله بذر در شرایط تنش و متعاقباً کاهش ترشح هورمون هایی مانند جیبرلین اسید اشاره کرد (Zhao *et al.*, 2017). به نظر می رسد در این مطالعه افزایش تنش شوری با کاهش جذب آب به دلیل سمیت یونی سبب کاهش رشد گیاه شده است.

ارتفاع بوته

افزایش شوری به طور معنی داری سبب کاهش ارتفاع گیاه شد، به طوری که افزایش شوری از تیمار شاهد تا شوری ۱۸ دسی زیمنس بر متر سبب کاهش ۹۰ درصدی (حدود ۳۵ سانتی متر) در ارتفاع گیاه شد. حتی گیاهان تحت تیمار شوری ۹، ۱۲، ۱۵ و ۱۸ دسی زیمنس بر متر از لحاظ آماری اختلاف معنی داری از نظر ارتفاع گیاه با یکدیگر نداشتند (شکل ۱) که این موضوع مؤید تحمل بالای گیاه به شوری است. مطابق با نتایج این آزمایش، مطالعات Behnamnia و Shenavai zare (۲۰۱۳) نیز



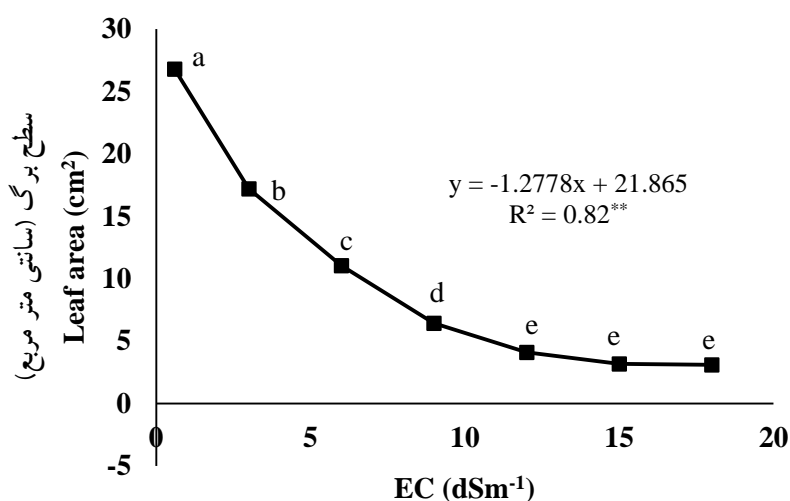
شکل ۱- مقایسه میانگین ارتفاع بوته در گیاه شیرین بیان (حروف مختلف نشان دهنده وجود اختلاف آماری در سطح ۱٪ است).

**Figure 1- Means comparison of plant height in *Glycyrrhiza glabra* L (Different letters in graph indicate the statistical difference at the 1% level)**

## سطح برگ

افزایش شوری برگ‌ها ابتدا کلروزه و بعد شروع به ریزش می‌کنند. همچنین مطالعات Hosseini و همکاران (۲۰۱۹) بر تغییرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی شیرین بیان تحت سطوح تنش شوری ۰، ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌مولار حکایت از آن داشت که افزایش شوری تا سطح شوری ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌مولار سبب افزایش برگ‌های نکروزه و کاهش وزن تر ریشه و گیاه شدند.

در راستای کاهش ارتفاع با افزایش شوری، سطح برگ گیاه نیز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر شوری کاهش یافت، به‌طوری‌که این کاهش از تیمار شاهد تا شوری ۱۸ دسی‌زیمنس بر متر، در حدود ۲۴ سانتی‌متر مربع سطح برگ (۸۸ درصد) بود (شکل ۲). تحقیقات Khan و همکاران (۲۰۰۶) در شرایط تنش شوری نشان داده است که با



شکل ۲- مقایسه میانگین سطح برگ در گیاه شیرین بیان (حروف مختلف نشان‌دهنده وجود اختلاف آماری در سطح ۱٪ است).

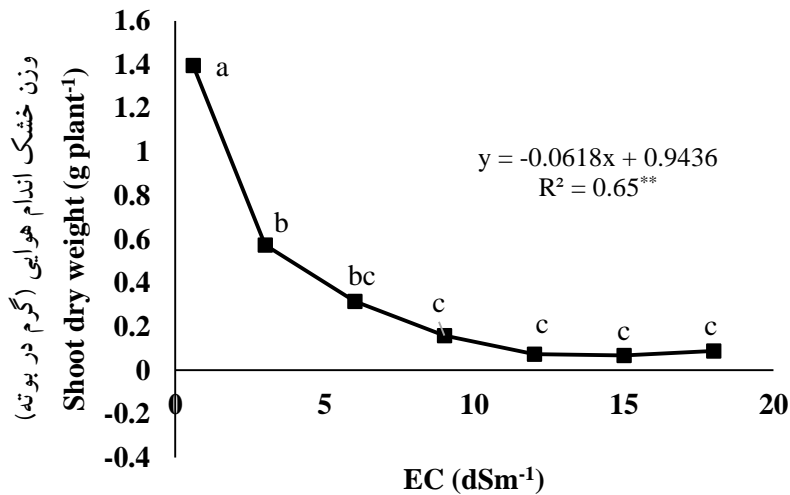
Figure 2- Means comparison of leaf area in *Glycyrrhiza glabra* L (Different letters in graph indicate the statistical difference at the 1% level).

## وزن خشک اندام هوایی و ریشه

حکایت از آن داشت که افزایش شوری تا سطح شوری ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌مولار سبب کاهش وزن تر ریشه و گیاه شد. به‌طورکلی کاهش میزان رشد در اثر تنش شوری را می‌توان به دلیل اثر ابتدایی آسیب کاتیون سدیم به علت کاهش فعالیت کانال پتاسیمی و نیز سمیت کلر که با جلوگیری از جذب نیتراتی که در رشد رویشی نقش مؤثری دارد، ارتباط داد (Hamidian *et al.*, 2023). گزارش‌ها حکایت از آن دارد که محدودیت روزنه‌ای فتوسنتز عامل مهمی در کاهش رشد هالوفیت‌ها در شرایط شور است (Zhao *et al.*, 2017). به نظر می‌رسد در این مطالعه افزایش تنش شوری با کاهش جذب آب به دلیل سمیت یونی سبب کاهش رشد گیاه شده است.

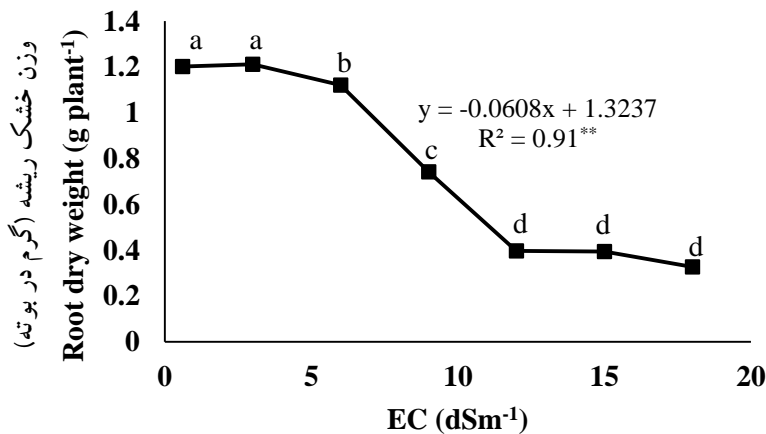
وزن خشک گیاه نیز به‌طور معنی‌داری با افزایش شوری کاهش یافت، به‌طوری‌که گیاهان تحت تیمار ۱۸ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به گیاهان تیمار شاهد ۱/۳۱ گرم کاهش نشان دادند (شکل ۳). وزن خشک ریشه گیاه نیز با افزایش شوری کاهش یافت، به‌گونه‌ای که میزان کاهش از تیمار ۰/۶ دسی‌زیمنس بر متر تا شوری ۱۸ دسی‌زیمنس بر متر برابر با ۰/۸۸ گرم بود (شکل ۴). این صفت نیز مانند سایر صفات ذکر شده تحت تأثیر شوری کاهش یافت. مطالعات Hosseini و همکاران (۲۰۱۹) بر تغییرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی شیرین بیان تحت سطوح شوری ۰، ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌مولار





شکل ۳- مقایسه میانگین وزن خشک اندام هوایی در گیاه شیرین بیان (حروف مختلف نشان دهنده وجود اختلاف آماری در سطح ۱٪ است).

Figure 3- Means comparison of aerial part dry weight in *Glycyrrhiza glabra* L. (Different letters in graph indicate the statistical difference at the 1% level.)



شکل ۴- مقایسه میانگین وزن خشک ریشه در گیاه شیرین بیان (حروف مختلف نشان دهنده وجود اختلاف آماری در سطح ۱٪ است).

Figure 4- Means comparison of root dry weight in *Glycyrrhiza glabra* L. (Different letters in graph indicate the statistical difference at the 1% level)

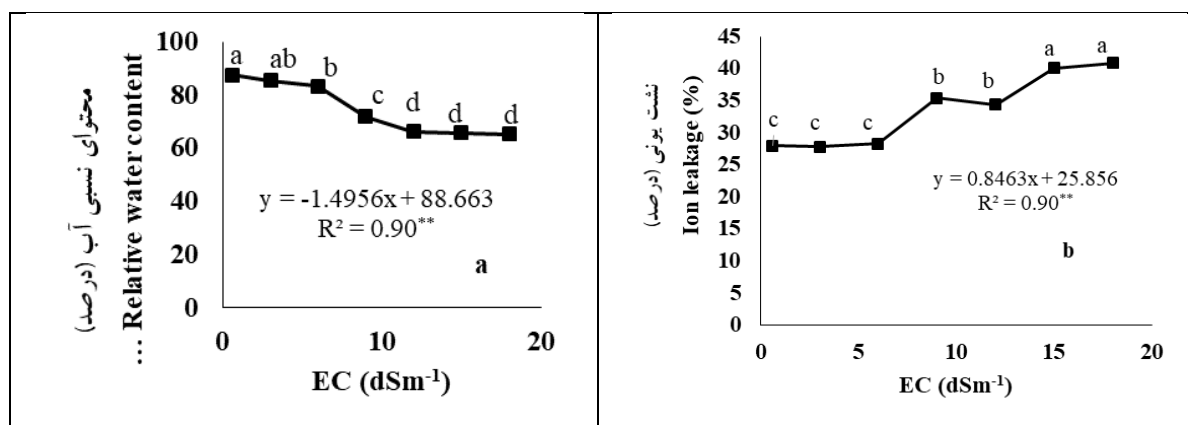
شوری ۱۸ دسی‌زیمنس بر متر دارای ۱۲/۸۸ درصد نشت یونی بالاتر نسبت به گیاهان تیمار شاهد بودند (شکل ۵-۵). مطابق با این پژوهش، مطالعات سطوح تنش شوری شاهد، ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر بر فعالیت شیرین بیان نشان داده است که شوری سبب کاهش رشد گیاه، افزایش نشت الکتروولیت و کاهش نسبت پتاسیم به سدیم گیاه شد (Khodabandelo et al., 2019). همچنین

محتوای نسبی آب و نشت یونی

نتایج حکایت از کاهش محتوای نسبی آب با افزایش شوری داشت، به طوری که گیاهان تحت تیمار شوری ۱۸ دسی‌زیمنس بر متر با کاهش ۲۲/۱۶ درصد نسبت به گیاهان شاهد محتوای نسبی آب کمتری داشتند (شکل ۵-۵). میزان نشت یونی گیاه با افزایش شوری به طور معنی‌داری افزایش یافت، همان‌طور که ملاحظه می‌شود گیاهان تیمار شده با

از تیمار شاهد تا سطح شوری ۶ دسی‌زیمنس اختلاف معنی‌داری را از لحاظ نشت یونی با یکدیگر نداشتند و می‌توان علت آن را به دلیل ماهیت هالوفیت بودن گیاه و متحمل بودن آن بیان کرد. نشت یونی از جمله ویژگی‌های فیزیولوژیکی است که تحت تأثیر تنش‌های محیطی قرار می‌گیرد و اندازه‌گیری مقدار نشت یونی شاخص خوبی برای برآورد میزان آسیب اکسیداتیو وارد شده به غشا می‌باشد (Dkhil and Denden, 2012). به نظر می‌رسد در این پژوهش افزایش نشت یونی عاملی از آسیب غشاها و کاهش پایداری غشاها می‌باشد که به دلیل تنش اکسیداتیو ناشی از تنش شوری است.

Behdad و همکاران (۲۰۲۱) با مطالعه اثرهای تنش شوری ۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰ و ۸۰۰ میلی‌مولار نمک طعام بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی و فیتوشیمیایی شیرین‌بیان گزارش کردند که شوری به‌طور معنی‌داری پارامترهای رشدی گیاه را کاهش داد. آنان علت آن را تنش اسمزی، کمبود آب و عدم تعادل یونی به سبب افزایش بیش از حد جذب کلرید سدیم بیان کردند (Coban & Baydar, 2016). تحقیقات نشان داده است که افزایش غلظت نمک در سلول‌های گیاه به‌وسیله آسیب اکسیداتیو به دلیل تولید گونه‌های فعال اکسیژن باعث سمیت سلولی می‌گردد (He *et al.*, 2007). هر چند که در این مطالعه افزایش شوری



شکل ۵- مقایسه میانگین محتوای نسبی آب (a) و نشت یونی (b) در گیاه شیرین‌بیان (حروف مختلف نشان‌دهنده وجود اختلاف آماری در سطح ۱٪ است).

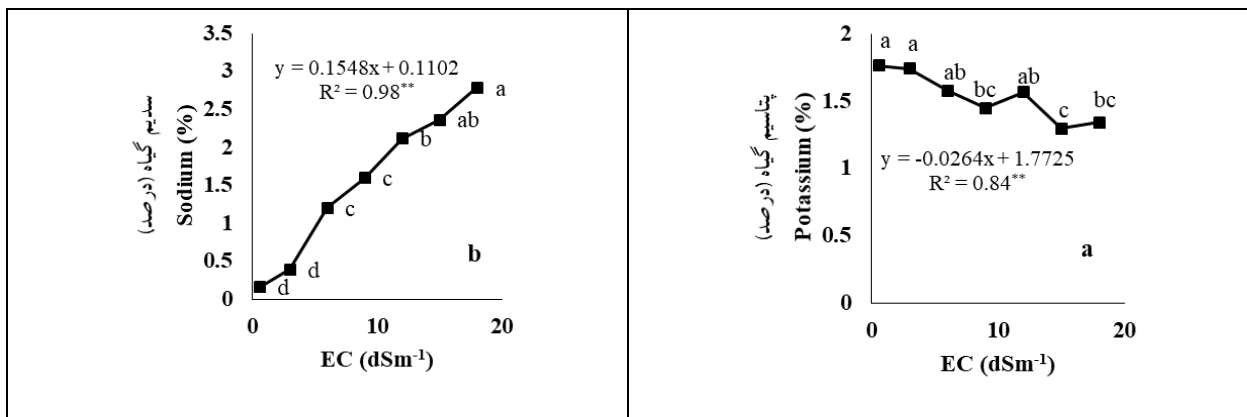
Figure 5- Means comparison of relative water content (a) ion leakage (b) in *Glycyrrhiza glabra* L. (Different letters in graph indicate the statistical difference at the 1% level).

به‌طوری‌که افزایش میزان سدیم از گیاهان تیمار شاهد تا گیاهان تیمار شده با شوری ۱۸ دسی‌زیمنس بر متر برابر با ۲/۶۳ درصد بود (شکل ۶-۵). افزایش یون سدیم و کاهش یون پتاسیم با افزایش شوری در بسیاری از تحقیقات گزارش شده است. در واقع نسبت سدیم به پتاسیم از عوامل تعیین‌کننده حساسیت گیاه به شوری و میزان جذب پتاسیم با افزایش غلظت سدیم در محیط ریشه می‌باشد، که جذب کمتر پتاسیم حکایت از عامل بازدارندگی تنش شوری از جذب پتاسیم به وسیله گیاه دارد (Khodabandloo *et al.*, 2019). به نظر می‌رسد در این پژوهش با افزایش شوری و بالا رفتن معنی‌دار

محتوای پتاسیم و سدیم گیاه نتایج نشان داد که مقدار پتاسیم گیاه با افزایش شوری از سطح ۰/۴۴ دسی‌زیمنس بر متر تا شوری ۱۸ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی‌داری به میزان ۰/۴۲ درصد کاهش یافت (شکل ۶-۵). با وجود این اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای شاهد، ۳، ۶ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده نشد. به نظر می‌رسد گیاه شیرین‌بیان با توجه به اینکه جزو گیاهان هالوفیت می‌باشد توانسته افزایش شوری مقادیر پتاسیم موجود در اندام‌های خود را حفظ کند. با این حال، افزایش شوری به‌طور معنی‌داری سبب افزایش مقادیر سدیم گیاه شد،

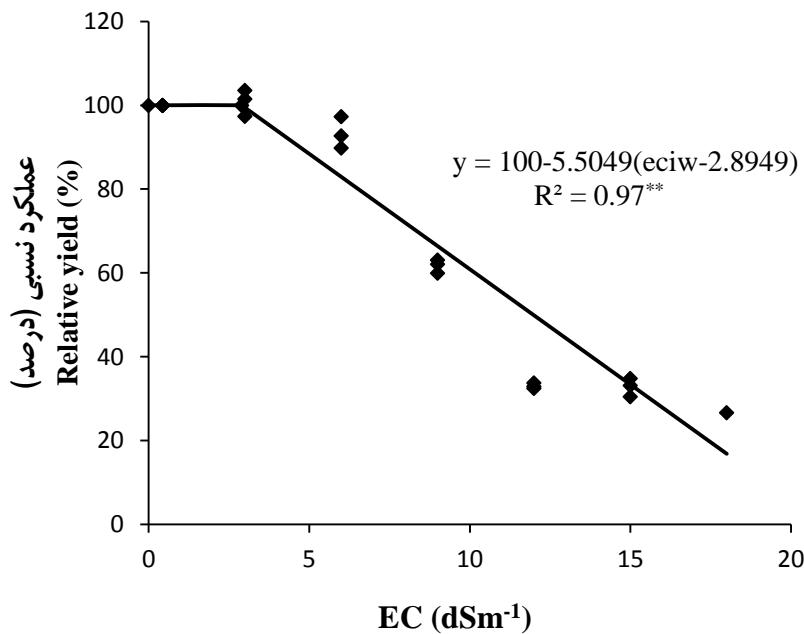
سرعت توسعه برگ تحت تأثیر مقدار سدیم قرار می‌گیرد، از این رو مقدار سدیم می‌تواند شاخص خوبی برای برآورد مقاومت به شوری باشد (Harati et al., 2017). در این مطالعه، کاهش رشد گیاه با افزایش شوری می‌تواند به دلیل تجمع یون‌های سدیم و کاهش جذب پتاسیم و در نتیجه افزایش ظرفیت اسمزی محیط کشت و عدم توانایی گیاه در جذب آب در این شرایط باشد (Jamil et al., 2006).

یون سدیم و کاهش یون پتاسیم سبب کاهش قابل توجهی از وزن خشک گیاه نشده است. یکی از عوامل سازش اسمزی گیاهان هالوفیت، تحمل غلظت‌های بالای سدیم در بافت برگ می‌باشد. این نوع گیاهان ظرفیت بالایی برای تجمع یون‌های سدیم و پتاسیم دارند (Khodabandloo et al., 2019). کاهش رشد و عملکرد وابسته به غلظت نمک می‌باشد، هر اندازه غلظت نمک بیشتر باشد، کاهش رشد بیشتر است و



شکل ۶- مقایسه میانگین پتاسیم (a) و سدیم (b) در گیاه شیرین‌بیان (حروف مختلف در هر ستون نشان‌دهنده وجود اختلاف آماری در سطح ۱٪ است).

Figure 6- Means comparison of potassium (a) sodium (b) in *Glycyrrhiza glabra* L. (Different letters in graph indicate the statistical difference at the 1% level)



شکل ۷- واکنش عملکرد نسبی ریشه شیرین‌بیان به تنش شوری بر اساس مدل ماس-هافمن

Figure 7- The response of the relative yield of licorice root to salinity stress based on Moss-Hoffman model

## نتیجه‌گیری

حد آستانه شوری گیاه بر اساس شوری آب آبیاری و برای ماده خشک ریشه برابر ۲/۸۹ دسی‌زیمنس بر متر به دست آمد (شکل ۷). همچنین شیب کاهش عملکرد ماده خشک ریشه به ازای هر واحد افزایش شوری بر حسب دسی‌زیمنس بر متر برابر با ۵/۵۰ درصد برآورد شد (شکل ۷). میزان شوری آب آبیاری که سبب کاهش عملکرد ۵۰ درصدی و عملکرد صفر شد به ترتیب برابر با ۱۰/۹۸ و ۲۱/۰۶ دسی‌زیمنس بر متر بود (شکل ۸). مقدار شاخص تحمل به شوری (ST-index) برابر ۱۱/۴۰ دسی‌زیمنس بر متر برآورد گردید (رابطه ۲). با توجه به اینکه میزان شوری آب آبیاری که سبب کاهش عملکرد به میزان صفر شد، برابر با ۲۱/۰۶ دسی‌زیمنس بر متر بود، این گیاه جزو گیاهان نسبتاً مقاوم به تنش شوری طبقه‌بندی می‌شود.

## منابع مورد استفاده

- on growth, anthocyanins, membrane permeability and chlorophyll fluorescence of Okra (*Abelmoschus esculentus* L.) seedlings. *American Journal of Plant Physiology*. 7:174-183.
- Farrokhi, A. and Galeshi, S., 2005. Investigating the effect of salinity, seed size and their mutual effects on germination, seed reserve conversion efficiency and soybean seedling growth (*Glycine max*) Iranian Journal of Agriculture Science, 36(5): 1233-1239. (In Persian with English summary)
- Hamidian, H., sodaiezhadeh, H., Yazdani-Bioui, R., Hakimzadeh Ardakani, M.A., Soltani, M. and Khajeh Hosseini, S., 2023. Effect of salinity stress and planting method on morphological and physiological characteristics of licorice in greenhouse. *Journal of Water Research in Agriculture*, 37(1): 35-48. (In Persian with English summary)
- Harati, E., Kashefi, B. and Matinizadeh, M., 2017. Investigation of reducing detrimental effects of salt stress on morphological and physiological traits of (*Thymus daenensis* Celak.) through salicylic acid application. *Plant Production Technology*. 16:111-125. (In Persian)
- He, Z., He, C., Zhang, Z., Zou, Z. and Wang, H., 2007. Changes of antioxidative enzymes and cell membrane osmosis in tomato colonized by arbuscular mycorrhizae under NaCl stress. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 59: 128-133. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2007.04.023>
- Hosseini, H., Mousavi-Fard, S., Fatehi, F. and Qaderi, A., 2016. Changes in phytochemical and morpho-physiological traits of Thyme (*Thymus vulgaris* CV Varico 3) under different salinity levels. *Journal of Medicinal Plants*, 16(10): 22-33. (In Persian with English summary)
- Hosseini, M.S., Samsampour, D., Ebrahimi, M. and Khanahmadi, M., 2019. Study of physiological and biochemical changes of Iraninan Licorice (*Glycyrrhiza Glabra*) under salinity stress in filed condition. *Journal of Crop Breeding*, 11 (29) :193-201. <https://doi.org/10.29252/jcb.11.29.193>. (In Persian with English summary)
- Jamil, M., Deog Bal, L., Kwang Yong, J., Ashraf, M., Sheong Chun, L. and Eui Shik, R., 2006. Effect of salt (NaCl) stress on germination and early seedling growth of four vegetables species. *Journal of Central European Agriculture*. 7: 273-282. <https://doi.org/10.5513/jcea.v7i2.370>
- Khan, M. A., Ahmad, M. Z. and Hameed, A., 2006. Effect of sea salt and L-ascorbic acid on the seed germination of halophytes. *Journal of Arid Environments*. 67: 535-540. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.03.001>
- Anaghali, A., 2008. Salinity tolerance indexes in three Cotton cultivars (*Gossypium hirsutum* L.). *Journal of Agriculture and Natural Resources Sciences*, 15: 90-97. (In Persian with English summary)
- Behdad, A., Mohsenzadeh, S. and Azizi, M., 2021. Growth, leaf gas exchange and physiological parameters of two *Glycyrrhiza glabra* L. populations subjected to salt stress condition. *Rhizosphere*, 17: 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2021.100319>
- Behnamnia, M. and Shenavai zare, A., 2013. The Effect of salicylic acid in the condition of salt stress on licorice seedlings (*Glycyrrhiza glabra* L.). *Journal of Plant Process and Function*, 2 (5) :73-83. (In Persian with English summary)
- Chapman, H.D. and Pratt, P. F., 1961. *Methods of analysis for soils, plants and waters*. University of California, Division of Agricultural Science.
- Cheraghi, A., 2016. The effect of licorice waste on soil moisture and salinity. *Publications of Agriculture and Natural Resources Research and Education Center province. Technical Journal*, 32(1):15-22. (In Persian)
- Coban, O., Baydar, N.G., 2016. Brassinosteroid effects on some physical and biochemical properties and secondary metabolite accumulation in peppermint (*Mentha piperita* L.) under salt stress. *Industrial Crops Production*.86:251-258. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.03.049>
- Dkhil, B.B. and Denden, M., 2012. Effect of salt stress

- Soltani Delroba, N., Karamian, R. and Ranjbar, M., 2011. Interactive effects of salicylic acid and cold stress on activities of antioxidant enzymes in *Glycyrrhiza glabra* L. *Journal of Herbal Drugs*, 2(1): 7-13. (In Persian)
- Waling, I., Van Vark, W., Houba, V.J.G. and Vander Lee, J.J., 1989. Soil and plant analysis, a series of syllabi, Part 7, Plant Analysis Procedures, Wageningen Agriculture University.
- Yazdani Biouki, R., Banakar, M.H. and Khajeh Hosseini, S., 2020. 2nd International Conference on Haloculture. The National Salinity Research Center. (In Persian)
- Zhao, L., Yang, Z., Guo, Q., Mao, S., Li, S., Sun, F., Wang, H. and Yang, C., 2017. Transcriptomic Profiling and Physiological Responses of Halophyte *Kochia sieversiana* Provide Insights into Salt Tolerance. *Frontiers in Plant Science*, 24: 1-13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01985>
- Khodabandeloo, M., Amanifar, S., Mohsenifard, E. and Askari, M.S., 2019. Evaluation of symbiosis efficiency of arbuscular mycorrhiza (*Rhizophagus intraradices*) and root endophyte *Piriformospora indica* under salinity stress in *Glycyrrhiza glabra* L. *Applied Soil Research*, 7(3): 40-53. (In Persian with English summary)
- Omidbaigi, R., 2008. Production and Processing of medicinal plants. Astan'e Qods'e Razavi Publication, Iran. Vol 3. 397 pp. (In Persian)
- Qasemi Dehkordi, N. 2002. Iranian herbal pharmacopoeia. Ministry of Health and Medical Education. Vice- Chancellor in food and drugs affairs. 795 p. (In Persian)
- Ritchie, S.W. and Nguyen, H.T., 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Science*, 30: 105-111. <https://doi.org/10.2135/cropsci1990.0011183X003000010025x>