University of Birjand

Journal homepage:
https://escs.birjand.ac.ir

تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses In Crop Sciences

Vol. 17, No. 2, pp. 319-335 (Summer 2024)

http://dx.doi.org/10.22077/ESCS.2023.5771.2175

Original article

Investigating the effect of using salty water on the accumulation of elements in the aerial organs and the quality of fodder in several Salicornia species

A. Bozorgmehr [1*], H.R. Asgari[2], M. Farzam[3], G.H. Ranjbar[4]

1. Researcher of North Khorasan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center Desertification and student of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
2. Department of Desert Management and Control, University of Pasture and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Gorgan, Iran
3. Professor, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
4. National Salinity research Center, AREEO, Yazd, Iran

Received 11 November 2022; Accepted 13 June February 2023

Extended abstract

Introduction

Salinity of water and soil resources is one of the most basic agricultural problems, especially in arid and semi-arid regions. Identifying and domesticating salinity-resistant plant (halophytes) species with economic value is an important strategy for these regions.

Materials and methods

This research aimed to investigate the amount of elements and the quality of fodder in several Salicornia species under the influence of water salinity in a factorial experiment with a completely randomized design in pot culture conditions in Bojnourd (North Khorasan province) in 2018. Irrigation treatment was applied at two levels (brackish water and normal water), and Salicornia species treatment included four species (*Salicornia persica*, *S. sinus persica*, *S. europaea*, and *S. bigelovii*) and *Salicornia* var Markazi. The source of salty water was the Kal-Shoor river in Esfrain and the source of normal water was the well located in Research and Education of Agriculture and Natural Resources Center in Bojnourd. Due to the high salinity of Kal-Shoor river, normal water was used to adjust the salinity to the treatment limit of 45 dSm^{-1}. To produce seedlings, Salicornia seeds were planted in plastic combs for seedling production in April 2018. After 60 days, seedlings (10-15 cm) were transferred to pots. The irrigation circuit varied in different growth stages according to weather conditions, and irrigation was done by the weight method with the 80% moisture index of the pots.

Results and discussion

The results showed that the amount of nitrogen, phosphorus, potassium, magnesium, sodium and chlorine increased with the increase in irrigation water salinity in all species. The highest accumulations of sodium (11%) and chlorine (23.5%) were observed in *S. sinus persica* and the lowest amount of sodium (8.6%) and chlorine (21%) were observed in *S. persica*. Among the Salicornia species, the lowest amount of elements is related to potassium and phosphorus ions, which is mostly due to the limitation of the absorption of these elements under the influence of sodium ions, and as mentioned in the sources, the

[*] Corresponding author: Ali Bozorgmehr; E-Mail: Al_bozorgmehr@yahoo.com

© 2024, The Author(s). Published by University of Birjand. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

process of absorption of these elements increases gradually with the growth stages. Maintaining a more negative potential of the membrane is an important factor for salinity tolerance, considering that in saline soils, chlorine and sodium are the most common solutes, the absorption of sodium and chlorine ions is important for regulating osmotic pressure and cytoplasmic concentration. In this experiment, in both irrigation treatments, the most elements in all species were related to chlorine and sodium ions. Based on the measurement of quality variables of fodder, the percentages of protein, crude fat, and ash in salty water treatment were higher than those in normal water. The highest percentage of crude fat (1.32%) in *S.* var. Markazi was affected by saltwater treatment, which was significantly different from the other species. The highest percentages of protein in S. bigelovii and S. europaea under the influence of saltwater treatment were 6.06% and 6.31%, respectively, which were significantly different from the other species. The highest amounts of ash belonged to *S. europaea* (63%) and *S. bigelovii* (62%) in saltwater treatment, and *S. sinus persica* contained the least ash (49%) in normal water treatment. Although the increase in protein increases the quality of fodder, the increase in the amount of ash and crude fat causes limitations in animal nutrition and digestibility. Therefore, the increase of water salinity has a negative effect on the quality of fodder.

Conclusion

Brackish water treatment increased the amount of ash in all species to different proportions, which is a limiting factor for the pure consumption of salicornia in animal feed. Therefore, the relative reduction of water salinity and the selection of suitable species are effective in increasing the quality of fodder.On the other hand, the great ability of *Salicornia* species to absorb and store salts in their aerial parts provides the basis for the exploitation of their vegetative organs for the production of vegetable salt. Moreover, it is economically important along with other applications of Salicornia (production of fodder, oil, medicines, and protection).

Keywords: Ash, Halophytes, Kal-Shoor river, Salinity stress

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد هفدهم، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۳

http://dx.doi.org/10.22077/ESCS.2023.5771.2175

مقاله پژوهشی

بررسی تأثیر استفاده از آب شور بر تجمع عناصر در اندام هوایی و کیفیت علوفه‌ی چند گونه سالیکورنیا

علی بزرگمهر[1*]، حمیدرضا عسگری[2]، محمد فرزام[3]، غلامحسن رنجبر[4]

۱. دانشجوی دکتری بیابان‌زدایی، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲. دانشیار، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۳. استاد، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه فردوسی مشهد
۴. دانشیار، مرکز ملی تحقیقات شوری یزد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

مشخصات مقاله

واژه‌های کلیدی:
تنش شوری
خاکستر
رودخانه کال شور
شورپسندها

تاریخ دریافت:
۱۴۰۱/۰۸/۲۰

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۱/۰۳/۲۳

تاریخ انتشار:
تابستان ۱۴۰۳
۳۱۹-۳۳۵ :۱۷(۲)

چکیده

شوری منابع آب‌وخاک یکی از اساسی‌ترین مشکلات کشاورزی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. شناسایی و اهلی سازی گونه‌های گیاهی مقاوم به شوری و دارای ارزش اقتصادی، راهبرد مهمی برای این مناطق است. این پژوهش با هدف بررسی تأثیر استفاده از آب شور بر تجمع عناصر و کیفیت علوفه در چندگونه سالیکورنیا، به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در شرایط کاشت گلدانی در خراسان شمالی انجام شد. تیمار آبیاری در دو سطح (آب‌شور و آب معمولی) و تیمار گونه‌های سالیکورنیا شامل ۴ گونه (*Salicornia persica*, S. *sinus persica*, S. *europaea*, S. *bigelovii*) و یک توده (مرکزی) بود. آب‌شور از رودخانه کال‌شور اسفراین و آب معمولی (بدون شوری) از چاه آب واقع در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی در بجنورد تأمین شد. نتایج نشان داد با افزایش میزان شوری آب آبیاری در تمامی گونه‌ها میزان نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منیزیم، سدیم و کلر، افزایش یافت. بیشترین تجمع سدیم (۱۱٪) و کلر (۲۳/۵٪) در گونه S. *sinus persica* و کمترین میزان سدیم (۸/۶٪) و کلر (۲۱٪) در گونه S. *persica* مشاهده شد. درصد پروتئین، چربی خام و خاکستر در تیمار آب‌شور بیشتر از آب معمولی بود. بیشترین درصد چربی خام (۱/۳۲٪) در توده مرکزی و تحت تأثیر تیمار آب‌شور بود که با سایر گونه‌ها اختلاف معنی‌دار داشت. بیشترین درصد پروتئین در گونه‌های S. *bigelovii* و S. *europaea* تحت تأثیر تیمار آب‌شور به ترتیب ۶/۰۶٪ و ۶/۳۱٪ بود که با سایر گونه‌ها اختلاف معنی‌داری داشتند. بیشترین درصد خاکستر مربوط به گونه‌های اروپایی (۶۳٪) و بیگلویی (۶۲٪) در تیمار آب‌شور بود و گونه سینوس‌پرسیکا دارای کمترین خاکستر (۴۹٪) در تیمار آب معمولی بود. تیمار آب‌شور باعث افزایش میزان خاکستر در تمام گونه‌ها به نسبت‌های متفاوت شد که این فاکتور یک عامل محدودکننده برای مصرف خالص سالیکورنیا در تغذیه دام است؛ بنابراین، کاهش نسبی شوری آب و انتخاب گونه مناسب در افزایش کیفیت علوفه مؤثر است.

مقدمه

شوری آب‌وخاک یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیر زیستی است که بر بهره‌وری گیاهان تأثیر گذاشته (Munns and Gilliham, 2015) و عامل کاهش ۲۰ درصد محصولات کشاورزی در جهان است (Ramadoss et al., 2013). مساحت زمین‌های متأثر از نمک به دلیل تبخیر و تعرق زیاد، هوازدگی سنگ‌های محلی، بارندگی کمتر، استفاده از آب بی‌کیفیت و شیوه‌های آبیاری نامناسب در حال افزایش است (Shao et al., 2019). پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۵۰، مناطق تحت تأثیر نمک از ۵۰ درصد زمین‌های قابل‌کشت جهان فراتر رود (Himabindu et al., 2016; Shao et al., 2019). در میان گزینه‌های مختلف برای استفاده مجدد از منابع شور، استقرار گیاهان شورپسند پربازده برای

* نگارنده پاسخگو: علی بزرگمهر. پست الکترونیک: Al_bozorgmehr@yahoo.com

نمک‌زدایی روشی بسیار مناسب و اقتصادی است (Nikalje et al., 2018). هالوفیت‌ها گیاهان مقاوم به نمک هستند که چرخه زندگی خود را تحت غلظت نمک زیاد از طریق سازگاری‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و مولکولی کامل می‌کنند (Nikalje et al., 2018). مطالعه جمعیت‌های مختلف شورزی‌ها و ارزیابی عملکرد آن‌ها به‌منظور اهلی‌سازی آن‌ها می‌تواند در حل بحران شوری بسیار مؤثر واقع شود (Flowers et al., 2015). با افزایش جمعیت جهان، همراه با افزایش شهرنشینی و درآمد، انتظار می‌رود مصرف محصولات حیوانی تا سال ۲۰۵۰ تا ۷۰ درصد افزایش یابد (FAO, 2017). این افزایش در تقاضا نیازمند مقادیر بیشتری از خوراک دام برای تولید است. تغییر آب‌وهوا، ایجاد کمبود در منابع آب شیرین و افزایش شوری خاک و آب‌های زیرزمینی، منجر به کمبود علوفه برای نشخوارکنندگان در برخی کشورها خواهد شد (Singh et al., 2014). امروزه یکی از انواع موفق زراعت شورزی‌ها، کاشت سالیکورنیا است (Ventura et al., 2014). این گیاه انتخاب بسیار مناسبی به‌منظور کشاورزی در مناطق شور ساحلی بدون بهره‌گیری از آب‌های شیرین برای آبیاری و با هدف تولید غذا، علوفه، سوخت زیستی و روغن است (Khoshkhalgh Sima et al., 2019). گونه‌های سالیکورنیا ازجمله گیاهان شورپسند هستند که با شوری خاک و آب و دمای بالا سازگار بوده و علوفه مناسبی را در این شرایط سخت فراهم می‌کنند (Abdal, 2009) اما مقدار زیاد خاکستر در سالیکورنیا (۲۵۰ الی ۳۰۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک) استفاده خالص از آن را در رژیم غذایی نشخوارکنندگان محدود می‌کند (Zhang et al., 2015). نصرآبادی و همکاران (Nasrabadi et al., 2022) نشان دادند که سالیکورنیا می‌تواند به‌عنوان یک جایگزین جزئی برای علوفه معمولی در رژیم غذایی گوسفند استفاده شود، به‌طوری‌که جایگزینی نسبی یونجه با *S. bigelovii* یا *S. persica* اثر نامطلوبی بر قابلیت هضم مواد مغذی در گوسفند و تولید متان آزمایشگاهی نداشت و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل را در گوسفند بهبود بخشید. سالیکورنیا با تولید ۲۳/۱ تن ماده خشک در هکتار دارای پتانسیل اقتصادی به‌عنوان یک محصول جایگزین می‌تواند باشد که با آب دارای شوری یا آب دریا نیز آبیاری شود، این گیاه با حذف املاح سدیم در هنگام برداشت می‌تواند به احیای خاک‌های شور کمک کند (Ishikawa et al., 2002). سیسای و همکاران (Sisay et al., 2022) نشان دادند که گیاهان شورپسند حتی بین اکوتیپ‌های مشابه استراتژی‌های مختلفی برای مقابله با شوری زیاد دارند.

تحقیقات پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی نشان داد، وقتی هدف از کشت گیاه سالیکورنیا تولید علوفه دام باشد، بهترین زمان برداشت به‌منظور علوفه در اکوتیپ‌های مختلف ۱۰ تا ۱۵ روز پیش از شروع گل‌دهی و در بازه زمانی ۸۰ تا ۱۰۰ روزگی از زمان کاشت بذر است. با افزایش سن گیاه میزان تولید زیست‌توده افزایش پیدا می‌کند؛ اما به دلیل ایجاد حالت خشبی و همچنین تغییر شاخص‌های کیفی علوفه نظیر پروتئین خام، فیبر و خاکستر، کیفیت علوفه برداشت‌شده پایین خواهد بود (Khoshkhalgh Sima et al., 2019). صادقی و همکاران (Sadeghi et al., 2017) اثر دو منبع تأمین آب ساحل دریا و حاشیه رودخانه شور بر ترکیب شیمیایی گیاه سالیکورنیا اروپایی را در استان بوشهر بررسی کردند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که میزان کلسیم تحت تأثیر منبع آب قرار نگرفت اما در مرحله رویشی مقدار آن به‌طور معنی‌داری بیشتر از مرحله گلدهی بود. همچنین آن‌ها دریافتند منبع آب آبیاری و همچنین مرحله رشد گیاه بر میزان فسفر و پتاسیم اختلاف معنی‌دار نداشت ولی میزان سدیم در سالیکورنیا تحت تأثیر آب رودخانه شور در مقایسه با آب دریا بیشتر بود. راتور و همکاران (Rathore et al., 2022) تأثیر شوری خاک و آب را بر روی سالیکورنیا *Salicornia brachiata* بررسی کردند. نتایج حاکی از آن بود که میزان نیتروژن در گیاه در آب معمولی نسبت به آب‌شور در طول فصل رشد افزایش یافت، اما در ماه سوم از دوره رشد میزان آن در تیمار آب‌شور به‌طور معنی‌داری بیشتر از آب معمولی بود. میزان فسفر، پتاسم و منیزیم در همه مراحل رشد در آب‌شور به‌طور معنی‌داری کمتر از آب معمولی بود و همچنین میزان سدیم، کلر و کلسیم در آب‌شور به‌طور معنی‌داری بالاتر از آب معمولی بود. آرائوس و همکاران (Araus et al., 2021) به بررسی اثر سطح شوری (۰/۳، ۲۵ و ۴۰ دسی زیمنس بر متر) در دو منطقه برجذب عناصر بر گیاه سالیکورنیا *S. europaea* پرداختند. نتایج نشان داد میزان جذب فسفر تحت تأثیر سطوح شوری آب آبیاری قرار گرفت به‌طوری‌که با افزایش شوری، میزان جذب فسفر توسط گیاه کاهش یافت و میزان جذب پتاسیم، سدیم و کلسیم افزایش یافت. نتایج بررسی اثر شوری (نمک طعام) با غلظت ۵، ۱۰۰، ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی‌مول بر لیتر بر سه گونه سالیکورنیا (*S. perspolitana*، *Salicornia persica* و *S.*

bigelovii) نشان داد که گونه *S. bigelovii* بیشترین تجمع سدیم و کمترین تجمع عناصر پتاسیم، کلسیم و منیزیم را داشت و گونه *S. perspolitana* در ۶۰۰ میلی‌مول نمک بیشترین تجمع عناصر پتاسیم، کلسیم و منیزیم را داشته و ازنظر تجمع اسمولیت‌ها در سطوح شوری نسبت به سایر گونه‌ها برتری نشان داد (Tayebi and Ghanbari, 2019). این پژوهش تأثیر آب‌شور با منبع کال‌شور خراسان شمالی در مقایسه با آب معمولی (آب چاه) بر میزان تجمع عناصر و برخی ویژگی‌های کیفی علوفه در گونه‌های مختلف سالیکورنیا، موردبررسی قرار گرفته است. رود کال‌شور در خراسان شمالی در شرایط اقلیمی خشک شهرستان اسفراین قرار دارد که دارای آب‌وخاک شور است، در بخش‌هایی از رودخانه با شوری بسیار زیاد فقط گیاه سالیکورنیا (*Salicornia europaea*) به‌صورت طبیعی رشد می‌نماید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از دو تیمار میزان شوری آب آبیاری و گونه‌های مختلف سالیکورنیا در سه تکرار در سال ۱۳۹۸ تا ۱۳۹۹ در محل مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان شمالی انجام شد. تیمار آبیاری شامل دو سطح، آب کال‌شور با شوری ۴۵ $dS\ m^{-1}$ و آب معمولی ۱/۵ $dS\ m^{-1}$ (آب چاه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی واقع در بجنورد) و تیمار گونه سالیکورنیا شامل ۴ گونه (*Salicornia persica*، *Salicornia europaea*، *Salicornia bigelovii*، *Salicornia sinus persica*) و یک توده سالیکورنیا (مرکزی) بود. به‌منظور آبیاری با آب‌شور از آب کال‌شور اسفراین استفاده شد و با توجه شوری زیاد آب کال‌شور برای رساندن به سطح شوری تیمار ۴۵ دسی زیمنس بر متر با استفاده از آب معمولی رقیق‌سازی شد. آنالیز شیمیایی به تفکیک نوع آب در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. مشخصات آنالیز شیمیایی آب کال شور، تیمار آب شور و آب معمولی

Table 1. Chemical characteristics of Kal-Shoor water, normal water and salty water treatment.

Sample	نمونه	EC	pH	CO_3^{2-}	HCO_3^-	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	TDS	SAR
		$dS\ m^{-1}$		---------- meq l^{-1} ----------						$mg\ l^{-1}$	
Normal water	**آب معمولی**	1.5	7.7	0	6.3	6.9	3.5	3.5	10.5	1107	5.6
Salty water	**آب شور**	45	7.6	0	37.5	367.5	22	82	330.7	28800	45.9
Kal Shoor water	**آب کال شور**	110	8.1	0	50	1170	48	232	1051.6	70400	889

بذور گونه سالیکورنیا شامل گونه‌های *S. persica*، *S. europaea*، *S. bigelovii* و *S. sinus persica* و یک توده (مرکزی) از مرکز ملی تحقیقات شوری یزد با قوه ۴۵ الی ۸۰٪ تهیه شد. برای تولید نشاء بذور سالیکورنیا در فروردین‌ماه ۱۳۹۸ در شانه‌های پلاستیکی مخصوص کاشته شدند. در مرحله جوانه‌زنی و سبز شدن آبیاری با آب معمولی انجام شد. بعد از مدت ۶۰ روز (تاریخ ۱۳۹۸/۰۳/۵) نشاءهای ۱۰ الی ۱۵ سانتی‌متری به گلدان‌ها انتقال یافتند. بدین منظور گلدان‌هایی به قطر دهانه ۲۲ سانتی‌متر و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر انتخاب گردید و هریک از گلدان‌ها با استفاده از خاک بدون محدودیت شوری که از منطقه بدرانلو در شهر بجنورد تهیه شده بود، به‌طور مساوی پر شدند. گلدان‌ها با آب معمولی کاملاً آبیاری و اشباع شدند و پس از خروج کامل آب ثقلی اقدام به کاشت ۲۰ نشاء در هر گلدان گردید (شکل ۱). گلدان‌ها در هوای آزاد قرار گرفتند و مقدار آبیاری در مراحل مختلف رشد با توجه به شرایط آب و هوایی متغیر بود و آبیاری به روش توزین گلدان‌ها با شاخص ۸۰ درصد رطوبت صورت گرفت. آنالیز خاک گلدان بر اساس روش وان ریوویجک (Van Reeuwijk, 2002) انجام شد که مشخصات فیزیکی و شیمیایی آن در جدول ۲ آمده است.

اندازه‌گیری ویژگی کیفی علوفه و میزان عناصر در گونه‌های سالیکورنیا

به‌منظور اندازه‌گیری درصد عناصر در هرگونه، نمونه‌های گیاه در مرحله شروع گلدهی (۱۰۰ روز پس از کاشت) از هرگونه برداشت و داخل آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند سپس آسیاب و ۲ گرم از آن انتخاب و میزان عناصر موجود در اندام هوایی در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری عناصر سدیم، پتاسیم قابل‌دسترس، کلسیم و منیزیم به روش ترسوزانی آماده‌سازی شد (Horwitz et al., 1970). مقدار سدیم و پتاسیم در

نمونه‌ها با استفاده از دستگاه شعله سنج (Biotech, Germany)، نیتروژن به روش کجلدال و کلسیم و منیزیم به‌وسیله دستگاه جذب اتمی (Konik, Germany) اندازه‌گیری شد (Jackson,1973). برای اندازه‌گیری میزان فسفر قابل‌دسترس از روش واندات‌مولیبدات زرد و با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر اندازه‌گیری شد (Jackson,1973). میزان کلر با استفاده از روش گوش و دریو (Ghosh and Drew, 1991) اندازه‌گیری شد. چربی خام نمونه‌ها به روش سوکسله تعیین شد (AOAC, 1990). برای اندازه‌گیری خاکستر گیاه، ۲ گرم ماده خشک آسیاب شده را به مدت ۳ ساعت در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد در کوره قرار داده شد (AOAC, 1990). پروتئین خام (CP) بر اساس محاسبه درصد نیتروژن با روش کجدال تعیین و سپس درصد پروتئین خام با استفاده از رابطه $\%CP=N\times 6.25$ محاسبه شد (AOAC, 1990).

تجزیه آماری و نحوه ارائه نتایج

در مرحله نخست آزمون نرمال بودن داده‌ها (آزمون کولموگروف-اسمیرنوف) انجام گرفت سپس تجزیه واریانس داده‌ها از طریق آزمون F ($P<0.05$) با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش LSD ($P<0.05$) انجام شد. نمودارها و جداول حاصل از نتایج با استفاده از نرم‌افزار اکسل ارائه‌شده است.

الف

ب

شکل ۱. وضعیت رشد گونه‌های سالیکورنیا، الف- تیمار آب معمولی ب-تیمار آب‌شور

Fig. 1. Growth status of Salicornia species, a- normal water treatment b- salty water treatment

جدول ۲. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک استفاده‌شده در گلدان‌ها

Table 2. Physical and chemical characteristics of soil used in pots

نمونه خاک Soil sample	درصد رطوبت اشباع Saturated moisture	pH	EC	CO_3^{2-}	HCO_3^-	Cl^-	$(Ca+Mg)^{2+}$	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+
	%		dS m^{-1}	---------- meq l^{-1} ----------						
	47.75	7.8	1.69	0	9	11	10	8	2	8.3
خاک گلدان Potting soil	SAR	TNV	OC	N	P	K ava.	بافت خاک Soil texcure	Sand	Clay	Silt
		----------%----------			mg kg^{-1}			----------%----------		
	3.7	26.97	0.46	0.045	11.2	92.1	Silt loam	14	20.8	65.2

نتایج و بحث

کیفیت علوفه در گونه‌های سالیکورنیا تحت دو تیمار آبیاری

نتایج تجزیه واریانس متغیرهای کیفی علوفه گونه‌های سالیکورنیا شامل درصد چربی خام، درصد پروتئین، درصد خاکستر در جدول ۳ نشان داده شده است. نتایج تجزیه واریانس درصد چربی خام در گیاه سالیکورنیا نشان داد، اثر اصلی سطح شوری در سطح ۱٪ معنی‌دار بود، ولی اثر اصلی گونه سالیکورنیا و اثر متقابل سطح شوری با گونه سالیکورنیا بر میزان چربی خام معنی‌دار نبود.

مقایسه میانگین اثر متقابل سطح شوری و گونه‌های سالیکورنیا بر درصد چربی خام نشان داد که درصد چربی خام در همه گونه‌ها به‌استثناء گونه *S. sinus persica*، در تیمار آب‌شور به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (شکل ۲). بیشترین درصد چربی خام در توده مرکزی (۱/۳۲ درصد) در تیمار آبیاری با آب‌شور بود که با سایر گونه‌ها بخصوص در تیمار آب معمولی در سطح کمتر از ۵٪ دارای اختلاف معنی‌داری بود. کمترین درصد چربی خام (۱/۰۵ درصد) در توده مرکزی و *S. bigelovii* در تیمار آب معمولی بود. برخی نتایج در خصوص تأثیر شوری بر میزان چربی نشان دادند که حفظ نفوذپذیری غشا با تنظیم سطوح اسیدهای چرب غیراشباع نقش کلیدی در ایجاد تحمل به نمک در میان چندین گیاه عالی داشت (Lopez- Pérez et al., 2009) و تغییرات در سطوح اسیدهای چرب غیراشباع، مانند اسید اولئیک، لینولئیک و لینولنیک، می‌تواند به ایجاد سازگاری و تحمل دانه‌های انگور در برابر استرس کمک کند (Pérez-Navarro et al., 2019; Lopez-Perez et al., 2009). در رقم زیتون حساس به نمک در اثر آبیاری با آب شور، از دست دادن روغن و اسیدهای چرب مشاهده شد (Moretti et al., 2019) این نتایج نشان می‌دهد تغییرات اسیدهای چرب در گیاهان تحت تأثیر شوری، متفاوت است.

جدول ۳. تجزیه واریانس متغیرهای مربوط به کیفیت علوفه در گیاه سالیکورنیا

Table 3. Analysis of variance (F test) of the variables related to fodder quality in Salicornia species

			MSE	میانگین مربعات	
S.O.V.	منابع تغییر	درجه آزادی df	درصد چربی خام ٪Crude fat	درصد پروتئین ٪Protein	درصد خاکستر ٪Ash
Salinity level	سطح شوری	1	0.147**	4.650**	252.30**
Species	گونه	4	0.026^{ns}	0.222*	80.55**
Species*Salinity	گونه * شوری	4	0.070^{ns}	0.856**	5.55^{ns}
Error	خطا	20	0.235	0.050	2.20
CV (%)	ضریب تغییرات (درصد)		9.41	4.26	2.56

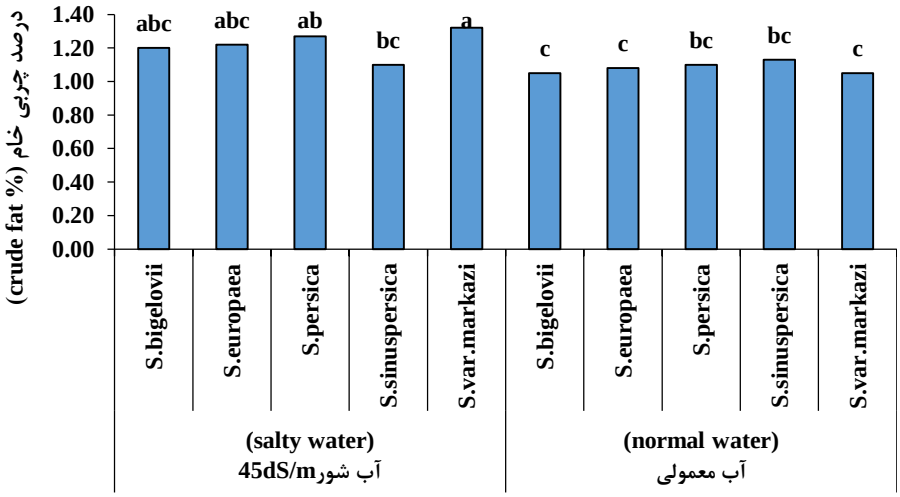
*، ** و n.s به ترتب معنی‌دار و غیر معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

ns, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

نتایج تجزیه واریانس درصد پروتئین در گونه‌های سالیکورنیا نشان داد که اثر سطح شوری در سطح یک درصد و اثر گونه در سطح ۵ درصد و اثر متقابل سطح شوری با گونه در سطح یک درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین اثر متقابل سطح شوری با گونه‌های سالیکورنیا بر میزان پروتئین نشان داد (شکل ۳) درصد پروتئین در همه گونه‌ها در تیمار آب‌شور به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. بیشترین درصد پروتئین در گونه‌های *S. bigelovii* و *S. europaea* تحت تأثیر آبیاری با آب‌شور به ترتیب با میانگین ۶/۰۶٪ و ۶/۳۱٪ بود که با سایر تیمارها در سطح کمتر از ۵٪ اختلاف معنی‌داری بود. کمترین درصد پروتئین در گونه *S. europaea* تحت تأثیر آب معمولی با میانگین ۴/۳۷ درصد بود (شکل ۴). درصد پروتئین بر اساس میزان نیتروژن در گیاه محاسبه می‌شود (AOAC, 1990)، بر اساس نتایج اندازه‌گیری غلظت عناصر، با افزایش شوری مقدار نیتروژن در گونه‌های سالیکورنیا افزایش یافت (شکل ۵) که به همان نسبت در افزایش پروتئین خام تأثیر دارد.

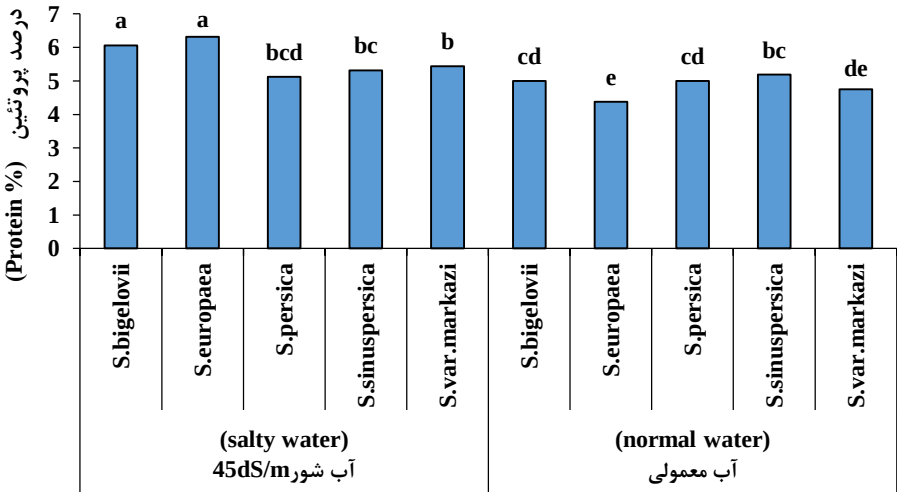
نتایج تجزیه واریانس درصد خاکستر در گونه‌های سالیکورنیا نشان داد، اثر اصلی سطح شوری و اثر اصلی گونه در سطح یک درصد معنی‌دار بود و اثر متقابل سطح شوری با گونه بر میزان خاکستر معنی‌دار نبود. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سطح شوری با گونه‌های سالیکورنیا بر درصد

خاکستر نشان داد در همه گونه‌ها در تیمار آب‌شور نسبت به آب معمولی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (شکل ۴). بیشترین مقدار خاکستر در گونه‌های *S. bigelovii* و *S. europaea* تحت تأثیر آبیاری با آب‌شور با میانگین ۶۳ درصد بود که با سایر تیمارها به‌غیراز توده مرکزی در تیمار آب‌شور در سطح کمتر از ۵٪ دارای اختلاف معنی‌داری بودند. کمترین مقدار خاکستر در گونه *S. sinus persica* تحت تأثیر آب معمولی با میانگین ۴۹ درصد بود که با تیمار آب‌شور و سایر گونه‌ها دارای اختلاف معنی‌داری بود. مطالعه گلن و اولری (Glenn and O'Leary, 1992) درباره ۱۰ شورزی مختلف نشان داد که *Atriplex lentiformis* کم‌ترین مقدار میزان آب و خاکستر را دارد و *Salicornia europaea* بیشترین محتوای آب و خاکستر را به خود اختصاص داد. رنجبر و همکاران (Ranjbar et al., 2015; Ranjbar et al., 2021) گزارش کردند که در گونه‌های سالیکورنیا تحت تأثیر آبیاری با آب‌شور درصد خاکستر افزایش داشت. در بررسی صفات کیفی علوفه جمعیت‌های مختلف شورپسند توسط رنجبر و پیرسته انوشه (Ranjbar and Pirasteh Anoushe, 2020) محتوی خاکستر، فیبر قابل‌هضم و پروتئین خام در سطوح مختلف شوری، دارای



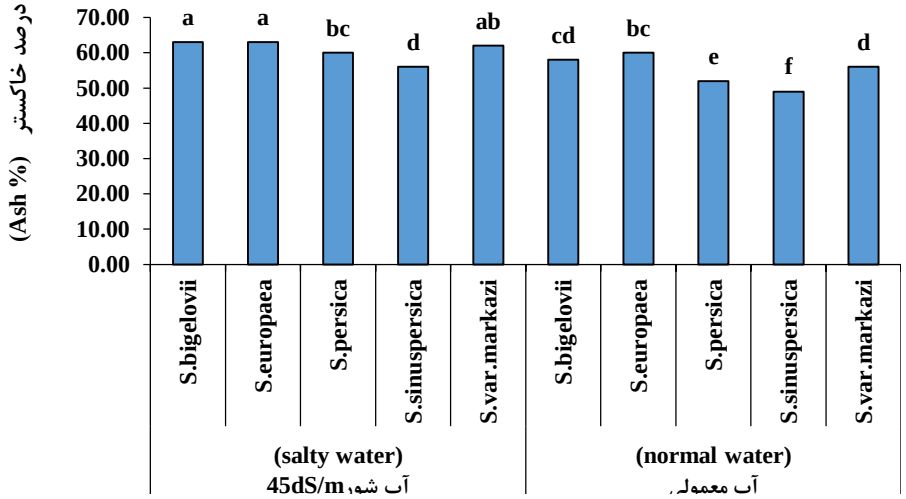
شکل ۲. مقایسه میانگین اثرات متقابل سطح شوری و گونه بر درصد چربی خام گونه‌های سالیکورنیا

Fig. 2. Mean comparison of interaction effects of salinity level and species on crude fat percentage of *Salicornia* species



شکل ۳. مقایسه میانگین اثرات متقابل سطح شوری و گونه بر درصد پروتئین گونه‌های سالیکورنیا

Fig. 3. Mean comparison of interaction effects of salinity level and species on protein percentage of *Salicornia* species



شکل ۴. مقایسه میانگین اثرات متقابل سطح شوری و گونه بر درصد خاکستر گونه‌های سالیکورنیا

Fig. 4. Mean comparison of interaction effects of salinity level and species on ash percentage of *Salicornia* species

تفاوت معنی‌داری بود به‌طوری‌که میزان خاکستر تمامی اکوتیپ‌ها با افزایش شوری افزایش پیدا کرد. نتایج تحقیق خوش‌خلق سیما و همکاران (KhoshKhalq Sima et al., 2019) نشان داد که بقایای گیاه سالیکورنیا پس از برداشت دانه، کاه سالیکورنیا گرچه حاوی مقدار زیادی نمک است ولی می‌تواند حداقل تا سطح ۲۱ درصد بر اساس ماده خشک جایگزین بخش علوفه‌ای جیره شود و افزایش میزان خاکستر خام جیره اثری بر میزان مصرف خوراک و وضعیت سلامتی ظاهری دام‌ها نداشت اما سبب افزایش مصرف آب شد که دلیل آن وجود مقدار نمک در کاه سالیکورنیا است.

میزان غلظت عناصر در گونه‌های سالیکورنیا تحت دو تیمار آبیاری

نتایج تجزیه واریانس متغیرهای غلظت عناصر شامل ازت، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، سدیم و کلر در گونه‌های مورد آزمایش تحت تأثیر تیمار آب‌شور و معمولی در جدول ۴ نشان داده شده است.

بررسی نتایج تجزیه واریانس میزان نیتروژن نشان داد که اثر اصلی سطح شوری بر میزان نیتروژن معنی‌دار نشد، اما اثر اصلی گونه سالیکورنیا و اثر متقابل سطح شوری در گونه سالیکورنیا بر میزان نیتروژن در سطح یک درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سطح شوری و گونه سالیکورنیا نشان داد (شکل ۵) میزان نیتروژن در همه گونه‌ها در تیمار آب‌شور افزایش‌یافته است به‌طوری‌که گونه‌های S. *europaea* و S. *bigelovii* با میانگین ۱/۰۱ و ۰/۹۷ درصد بیشترین میزان نیتروژن را داشتند که با سایر تیمارها در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری داشت. کمترین میزان نیتروژن را S. *europaea* در تیمار آب معمولی (۰/۷٪) داشت. بررسی روند غلظت عناصر در گونه‌ها تحت تأثیر تیمار آبیاری نشان داد که نیتروژن در گونه‌های S. *europaea*، S. *bigelovii* و توده مرکزی در تیمار آب‌شور نسب به آب معمولی به‌طور معنی‌داری افزایش داشت، درحالی‌که در گونه S. *persica* و S. *sinus persica* میزان نیتروژن نسبت به آب معمولی اختلاف معنی‌دار نداشت. نتایج تحقیقات هرین‌کیوایچ و همکاران (Hrynkiewicz et al., 2019) نشان داد که میزان نیتروژن گونه S. *europaea* در خاک با شوری ۱۱۲ دسی زیمنس بر متر نسبت به خاک با شوری ۵۵ دسی زیمنس بر متر افزایش داشت ولی این اختلاف معنی‌دار نبود همچنین میزان ازت در اندام‌های هوایی گونه S.*europaea* را بین ۰/۶۸ تا ۱/۳۱ درصد گزارش کرده‌اند. راتور و همکاران (Rathore et al., 2021) نشان دادند که میزان نیتروژن در *Salicornia brachiate* در ماه سوم رشد در مرحله دوم رشد رویشی در شاخساره در آبیاری با آب دریا نسبت به آب شیرین افزایش‌یافته است اما این اختلاف معنی‌داری نبود این درحالی‌که میزان ازت در ماه چهارم در مرحله گلدهی در آبیاری با آب معمولی به‌طور معنی‌دار کاهش یافت. در این پژوهشی نیز اندازه‌گیری عناصر ازجمله نیتروژن در مرحله گلدهی صورت گرفته است و با نتایج فوق مطابقت دارد.

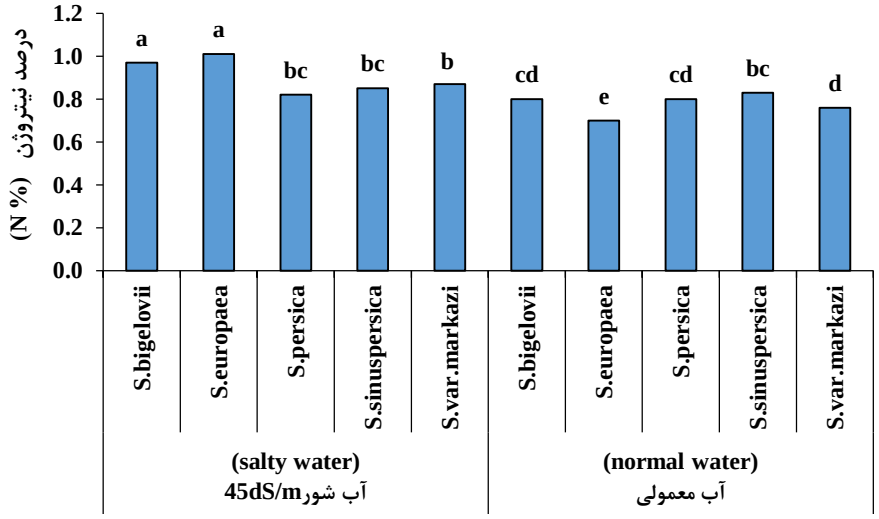
جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس میزان عناصر (درصد) در گونه‌های سالیکورنیا

Table 4. Analysis of variance the amount of elements in Salicornia species

S.O.V.	منابع تغییر	درجه آزادی df	MSE			میانگین مربعات			
			درصد نیتروژن %N	فسفر P	پتاسیم K^+	کلسیم Ca^{2+}	منیزیم Mg^{2+}	سدیم Na^+	کلر Cl^-
Salinity level	سطح شوری	1	0.119 **	0.12**	0.015^{ns}	1.479**	0.156**	50.49**	141.70**
Species	گونه	4	0.006**	0.001**	0.029**	0.206**	0.045**	35.18**	27.88**
Species*Salinity	گونه * شوری	4	0.021**	0.001^{ns}	0.003*	0.112**	0.005**	6.96**	10.65*
Error	خطا	20	0.001	0.001	0.001	0.013	0.001	2.97	17.53
CV(%)	ضریب تغییرات		2.7	7.59	3.99	4.86	3.59	3.95	4.26

*، ** و n.s به ترتب معنی‌دار و غیر معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

ns, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

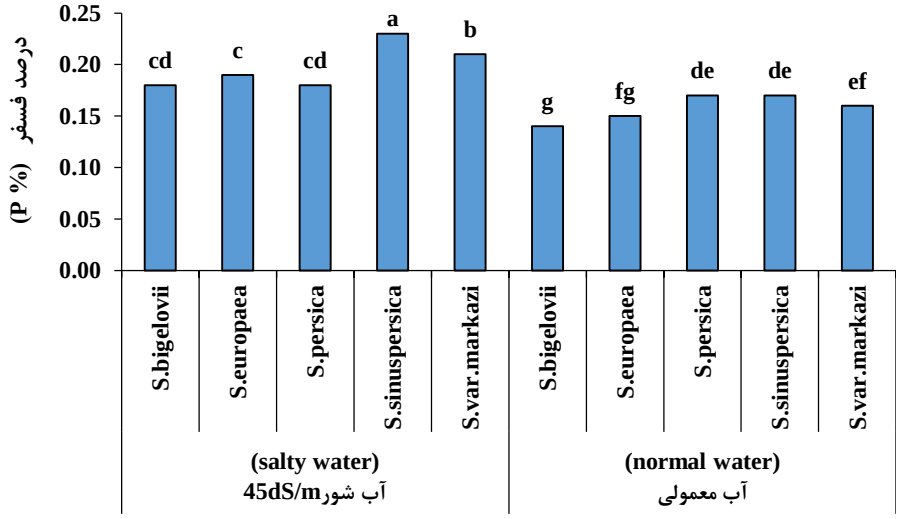


شکل ۵. مقایسه میانگین اثرات متقابل سطح شوری و گونه بر میزان نیتروژن در گونه‌های سالیکورنیا

Fig. 5. Mean comparison of interaction effects of salinity level and species on the amount of nitrogen in Salicornia species

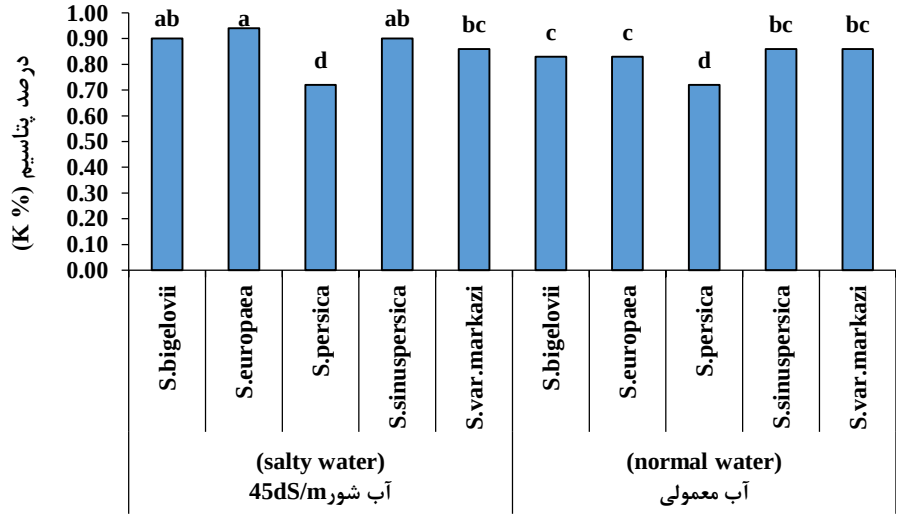
بررسی نتایج تجزیه واریانس میزان فسفر در گونه‌های سالیکورنیا تحت تأثیر تیمارهای آبیاری نشان داد، اثر اصلی سطح شوری بر فسفر در سطح ۵٪ معنی‌دار بود و اثر اصلی گونه سالیکورنیا همچنین اثر متقابل سطح شوری در گونه سالیکورنیا بر میزان فسفر در سطح یک درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سطح شوری با گونه سالیکورنیا بر میزان فسفر نشان داد میزان فسفر در همه گونه‌ها در تیمار آب‌شور افزایش داشت (شکل ۶) به‌طوری‌که گونه‌های *S. sinus persica* و توده مرکزی با میانگین ۰/۲۳ و ۰/۲۱ درصد بیشترین میزان فسفر را داشتند که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشتند. کمترین میزان فسفر در گونه *S. bigelovii* تحت تأثیر آب معمولی با میانگین ۰/۱۴ درصد بود. نتایج بررسی اثر سطح شوری بر میزان فسفر توسط گونه‌های مختلف نشان داد با افزایش شوری در همه گونه‌های سالیکورنیا فسفر به‌طور معنی‌داری افزایش داشت. آرائوس و همکاران (Araus et al., 2021) نشان دادند میزان جذب فسفر تحت تأثیر سطوح شوری آب آبیاری با شوری ۲۵ و ۴۰ دسی زیمنس بر متر در *S. europaea* باعث کاهش جذب فسفر توسط گیاه شد، اما دارای اختلاف معنی‌داری نبود. در این تحقیق با افزایش شوری میزان جذب فسفر در گیاه بیشتر شده است که می‌تواند متأثر مواد مغذی موجود در آب کال شور (منبع تهیه آب‌شور) باشد، زیرا بر اساس آنالیز کیفی آب کال شور توسط اداره کل حفاظت محیط‌زیست در سال ۱۳۹۸ در طی چهار مرحله در محل برداشت نمونه آب، به‌طور متوسط میزان فسفات (PO_4) میلی‌گرم بر لیتر بود که بیشتر از حد مجاز در آب‌های سطحی (۵ میلی‌گرم بر لیتر) است (Ministry of Energy, 2010).

بررسی نتایج تجزیه واریانس بر میزان پتاسیم در گونه‌های سالیکورنیا تحت تأثیر تیمارهای آبیاری نشان داد اثر اصلی سطح شوری بر درصد پتاسیم معنی‌دار نبود ولی اثر اصلی گونه سالیکورنیا، همچنین اثر متقابل سطح شوری با گونه سالیکورنیا در سطح یک درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سطح شوری و گونه سالیکورنیا بر درصد پتاسیم نشان داد گونه‌های *S. europaea*، *S. sinus* *S. persica* و *S. bigelovii* تحت تأثیر تیمار آب‌شور به ترتیب با میانگین ۰/۹۴، ۰/۹ و ۰/۹ درصد بیشترین میزان پتاسیم را داشتند که با سایر تیمارها در سطح یک درصد دارای اختلاف معنی‌دار بودند (شکل ۷). کمترین میزان پتاسیم در توده مرکزی تحت تأثیر آب معمولی با میانگین ۰/۶۸ درصد بود. آرائوس و همکاران (Araus et al., 2021) نشان داد میزان پتاسیم تحت تأثیر سطوح شوری آب آبیاری با شوری ۲۵ و ۴۰ دسی‌زیمنس بر متر در گیاه سالیکورنیا گونه *S. europaea* با افزایش سطح شوری به‌طور معنی‌داری افزایش یافت به‌طوری‌که میزان پتاسیم در این‌گونه بین ۰/۳۰ تا ۰/۶۴ تحت تأثیر شوری آب آبیاری نوسان داشته است که با نتایج این تحقیق مشابه است.



شکل ۶. مقایسه میانگین اثرات متقابل سطح شوری و گونه بر میزان فسفر در گونه‌های سالیکورنیا

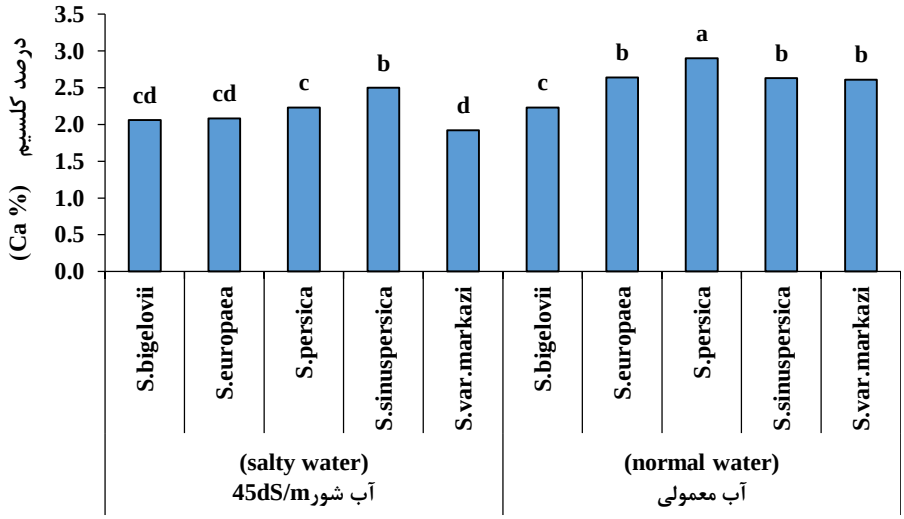
Fig. 6. Mean comparison of interaction effects of salinity level and species on the amount of phosphorus in *Salicornia* species



شکل ۷. مقایسه میانگین اثرات متقابل سطح شوری و گونه بر میزان پتاسیم گونه‌های سالیکورنیا

Fig. 7. Mean comparison of interaction effects of salinity level and species on the potassium content of *Salicornia* species

بررسی نتایج تجزیه واریانس میزان کلسیم در گونه‌های سالیکورنیا تحت تأثیر تیمارهای آبیاری نشان داد، اثر اصلی سطح شوری و گونه گیاهی و همچنین اثر متقابل سطح شوری با گونه سالیکورنیا بر میزان کلسیم در سطح یک درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سطح شوری با گونه سالیکورنیا نشان داد میزان کلسیم در همه گونه‌ها تحت تأثیر آب‌شور کاهش داشت. به‌طوری‌که گونه *S. persica* با میانگین ۲/۹ درصد بیشترین میزان کلسیم را در تیمار آب معمولی داشت که با سایر گونه‌ها در سطح یک درصد اختلاف معنی‌دار بود. کمترین میزان کلسیم در توده مرکزی تحت تأثیر آبیاری با آب‌شور با میانگین ۱/۹۲ درصد بود (شکل ۸).

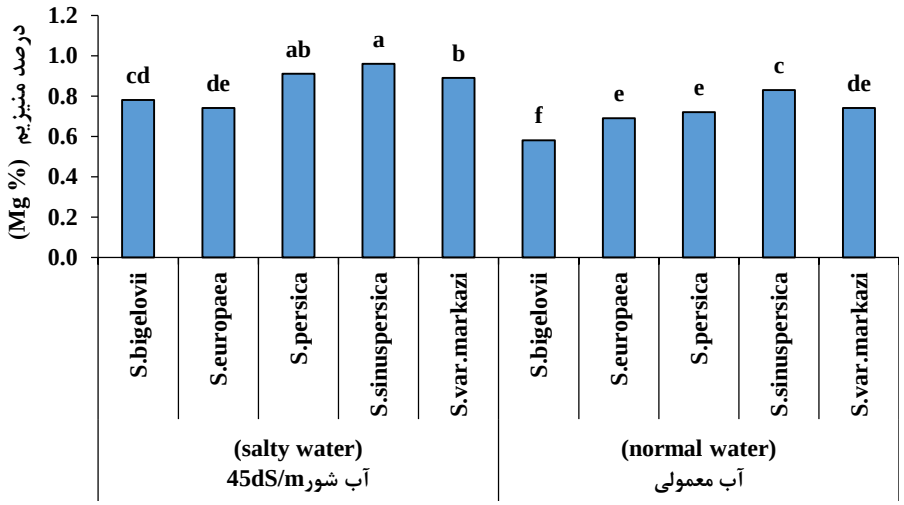


شکل ۸. مقایسه میانگین اثرات متقابل سطح شوری و گونه بر میزان کلسیم گونه‌های سالیکورنیا

Fig. 8. Mean comparison of interaction effects of salinity level and species on the calcium content of *Salicornia* species

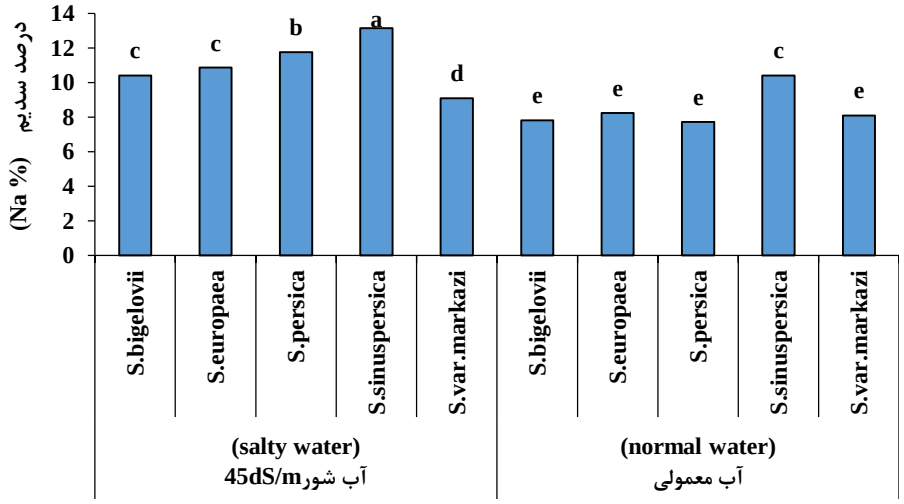
بررسی نتایج تجزیه واریانس میزان منیزیم در گونه‌های سالیکورنیا تحت تأثیر تیمارهای آبیاری نشان داد اثر اصلی سطح شوری و گونه گیاهی همچنین اثر متقابل سطح شوری با گونه سالیکورنیا بر منیزیم در سطح یک درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سطح شوری با گونه سالیکورنیا نشان داد، میزان منیزیم در همه گونه‌ها تحت تأثیر آب‌شور افزایش داشت (شکل ۹)، به‌طوری‌که گونه *S. sinus persica* و *S. persica* در آب‌شور به ترتیب با میانگین ۰/۹۶ و ۰/۹۱ درصد بیشترین میزان منیزیم را داشتند که با سایر تیمارها در سطح یک درصد اختلاف معنی‌دار داشتند. کمترین میزان منیزیم در *S. bigelovii* تحت تأثیر آبیاری با آب معمولی با میانگین ۰/۵۸ درصد بود. راتور و همکاران (Rathore et al., 2022) نشان دادند که میزان کلسیم و در شاخساره *Salicornia brachiate* در ماه سوم رشد (مرحله گلدهی) در آبیاری با آب دریا نسبت به آب معمولی به‌طور معنی‌داری افزایش‌یافته است ولی میزان منیزیم در همه مراحل رشد در آب‌شور به‌طور معنی‌دار کمتر از آب معمولی بوده است که با نتیجه این تحقیق متفاوت است و این امر می‌تواند ناشی از عکس‌العمل نوع گونه (Sisay et al., 2022) و میزان منیزیم در منبع آبیاری (آب کال‌شور) ارتباط داشته باشد (جدول ۱).

بررسی نتایج تجزیه واریانس میزان سدیم در گونه‌های سالیکورنیا تحت تأثیر تیمارهای آبیاری نشان داد اثر اصلی سطح شوری و گونه گیاهی همچنین اثر متقابل سطح شوری با گونه سالیکورنیا بر میزان سدیم در سطح یک درصد معنی‌دار بودند. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سطح شوری و گونه سالیکورنیا بر میزان سدیم نشان داد در همه گونه‌ها تحت تأثیر آب‌شور میزان سدیم افزایش داشت (شکل ۱۰) به‌طوری‌که گونه *S. sinus persica* با میانگین ۱۳/۱۴ درصد بیشترین میزان سدیم را داشت و با سایر گونه‌ها در سطح یک درصد دارای اختلاف معنی‌دار بود. کمترین میزان سدیم در گونه‌های *S. bigelovii* و *S. persica* تحت تأثیر آب معمولی با میانگین به ترتیب ۷/۸۲ و ۷/۷۲ درصد بود.



شکل ۹. مقایسه میانگین اثرات متقابل سطح شوری و گونه بر میزان منیزیم گونه‌های سالیکورنیا

Fig. 9. Mean comparison of interaction effects of salinity level and species on the magnesium content of *Salicornia* species



شکل ۱۰. مقایسه میانگین اثرات متقابل سطح شوری و گونه بر میزان سدیم گونه‌های سالیکورنیا

Fig. 10. Mean comparison of interaction effects of salinity level and species on sodium content of Salicornia species

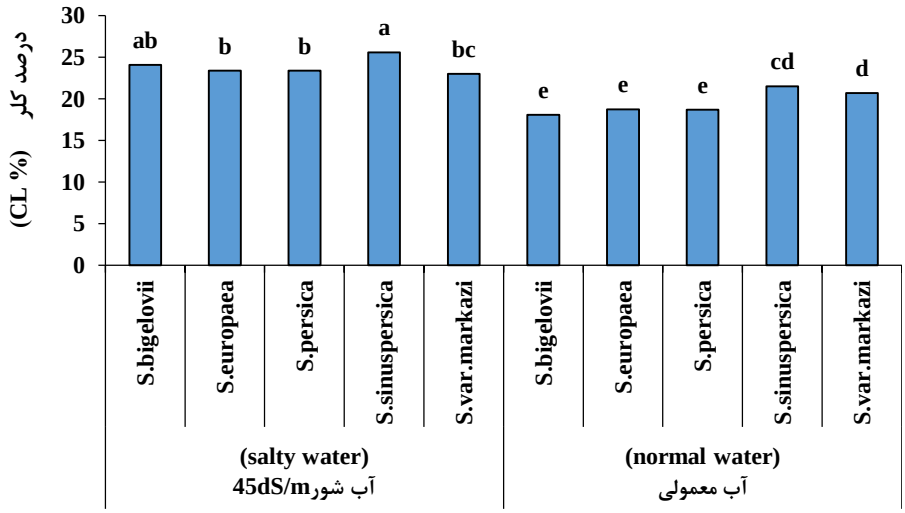
بررسی روند غلظت سدیم در گونه‌های مختلف تحت تأثیر شوری نشان داد که در همه گونه‌ها میزان سدیم با افزایش شوری آب افزایش داشت و در سطح یک درصد معنی‌دار بود اما در توده مرکزی میزان سدیم در دو سطح آب‌شور و آب معمولی اختلاف معنی‌دار نداشت. آرائوس و همکاران (Araus et al., 2021) نشان دادند، میزان سدیم تحت تأثیر آب آبیاری با شوری ۲۵ و ۴۰ دسی زیمنس بر متر در *S. europaea* با افزایش سطح شوری به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. راتور و همکاران (Rathore et al., 2022) نشان دادند که میزان کلر و سدیم در *Salicornia brachiate* در طول فصل رشد در شاخساره در آبیاری با آب دریا نسبت به آب معمولی به‌طور معنی‌دار افزایش یافت که نتایج این پژوهش نیز با آن‌ها مشابه است.

بررسی نتایج تجزیه واریانس میزان کلر در گونه‌های سالیکورنیا تحت تأثیر تیمارهای آبیاری نشان داد اثر ساده سطح شوری و گونه گیاهی همچنین اثر متقابل سطح شوری با گونه سالیکورنیا بر میزان کلر توسط گونه‌های سالیکورنیا در سطح یک درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سطح شوری با گونه سالیکورنیا بر میزان کلر نشان داد در همه گونه‌ها تحت تأثیر آب‌شور میزان کلر به‌طور معنی‌دار افزایش داشتند به‌طوری‌که گونه *S. sinus persica* با میانگین ۲۵/۶٪ بیشترین میزان بود و با سایر گونه‌ها در سطح یک درصد دارای اختلاف معنی‌دار داشت. کمترین میزان کلر

در گونه‌های *S. bigelovii* و *S. persica* تحت تأثیر آبیاری با آب معمولی با میانگین ۱۸/۱ و ۱۸/۷ درصد بودند. بررسی روند غلظت کلر در گونه‌های مختلف تحت تأثیر شوری نشان داد در همه گونه‌ها میزان کلر با افزایش شوری آب افزایش داشت و اختلاف در سطح کمتر از ۵٪ معنی‌دار بود (شکل ۱۱).

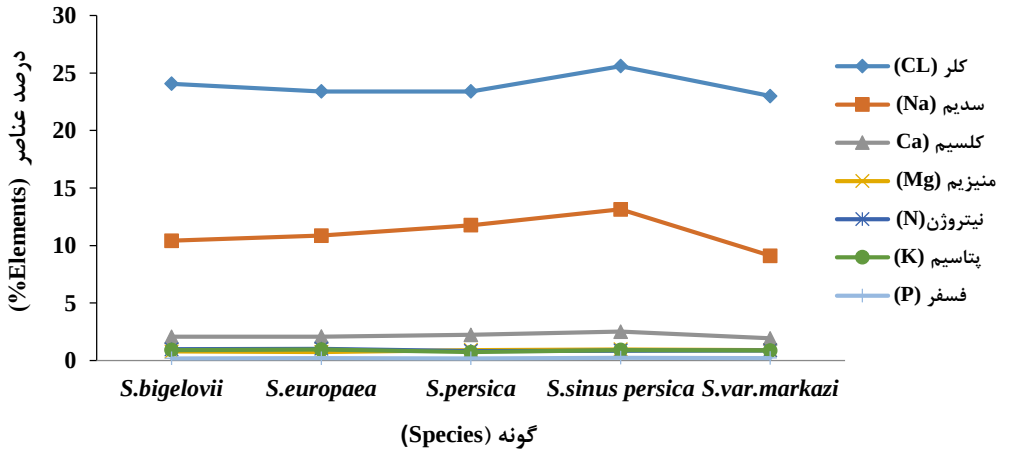
به‌طورکلی بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، با افزایش شوری آب آبیاری تجمع سدیم و کلر در اندام‌های هوایی گونه‌های سالیکورنیا زیادتر از پتاسیم، فسفر، نیتروژن، کلسیم و منیزیم بود که نشان‌دهنده ماهیت شورپسند بودن این گیاه است (شکل ۱۲ و ۱۳).

این گیاه می‌تواند تا ۵۰ درصد وزن خشک، سدیم در شاخساره خود ذخیره کند (Davy et al., 2001) در این گزارش حدود ۱۱ درصد وزن خشک از عناصر را سدیم و ۲۳ درصد را کلر تشکیل داده است. تنش شوری باعث تجمع سدیم و کلر و کاهش غلظت یون‌های دیگر می‌شود که به‌نوبه خود باعث عدم تعادل عناصر غذایی در گیاه می‌شود (Munns and Tester, 2008). فلاورز و همکاران (Flowers et al., 2015) بیان کردند که کلید تحمل نمک در هالوفیت‌ها توانایی آن‌ها برای کنترل یون‌های Na^+ و Cl^- با حفظ غلظت‌های سیتوپلاسمی Mg^{2+} و K^+ برای



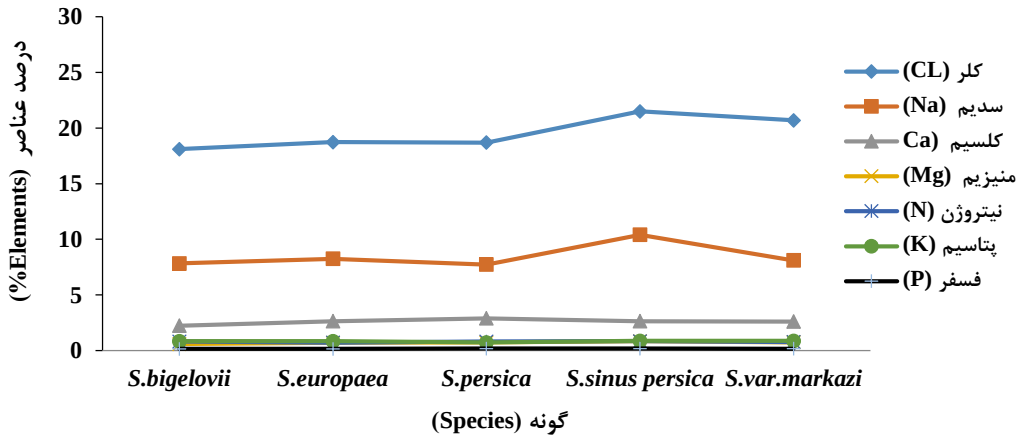
شکل ۱۱. مقایسه میانگین اثرات متقابل سطح شوری و گونه سالیکورنیا بر میزان کلر گونه‌های سالیکورنیا

Fig. 11. Mean comparison of interaction effects of salinity level and species on the chlorine content of *Salicornia* species



شکل ۱۲. مقایسه میزان عناصر در گونه‌های سالیکورنیا تحت تیمار آب شور

Fig. 12. Comparing of elements in *Salicorina* species under salty water treatment



شکل ۱۳. مقایسه میزان عناصر در گونه‌های سالیکورنیا تحت تیمار آب معمولی

Fig. 13. Comparing of elements in *Salicornia* species under normal water treatment

فعال‌سازی فعالیت‌های حیاتی آنزیم است. راتور و همکاران (Rathore et al., 2021) بیان کردند که یکی از ویژگی‌های حیاتی S. *brachiata* توانایی آن در تجمع یون‌های بیشتر Na^+ و Cl^- برای حفظ پتانسیل اسمزی تحت تنش شوری است که می‌تواند برای گیاه‌پالایی خاک‌های آلوده به نمک استفاده شود.

نتیجه‌گیری نهایی

کیفیت علوفه با اندازه‌گیری درصد پروتئین، چربی خام و خاکستر در مرحله شروع گل‌دهی گونه‌های مورد آزمایش نشان داد که افزایش املاح و شوری آب در کیفیت علوفه تأثیر منفی دارد و منجر به افزایش میزان خاکستر گونه‌های سالیکورنیا می‌شود. بیشترین میزان خاکستر مربوط به گونه‌های اروپایی و بیگلویی در تیمار آب‌شور بود و سینوس‌پرسیکا کمترین میزان خاکستر را در تیمار آب معمولی داشت. میزان خاکستر، چربی خام و پروتئین در تیمار آب‌شور بیشتر از آب معمولی بود. اگرچه افزایش پروتئین باعث افزایش کیفی علوفه است ولی افزایش میزان خاکستر و چربی خام باعث محدودیت در تغذیه دام و قابلیت هضم می‌شوند؛ بنابراین بر اساس نتایج این پژوهش کاهش نسبی شوری آب آبیاری در کاهش میزان خاکستر و درنتیجه بهبود کیفیت علوفه مؤثر است.

حفظ پتانسیل منفی بیشتر غشاء عامل مهمی برای تحمل شوری است، با توجه به این‌که در خاک‌های شور میزان کلر و سدیم رایج‌ترین املاح هستند، جذب یون‌های سدیم و کلر برای تنظیم فشار اسمزی و غلظت سیتوپلاسمی بااهمیت است. در این آزمایش در تیمار آب‌شور میزان عناصر در اندام هوایی گونه‌های سالیکورنیا بیشتر از آب معمولی بود و اختلاف معنی‌داری نیز بین گونه‌های مورد آزمایش داشت و به‌طورکلی در هر دو تیمار آبیاری بیشترین عناصر در همه گونه‌ها مربوط به یون کلر و سدیم بود که از این پتانسیل می‌توان برای گیاه‌پالایی خاک‌های آلوده به نمک استفاده کرد. در بین گونه‌های مورد آزمایش بیشترین میزان کلر و سدیم مربوط به گونه سینوس‌پرسیکا در تیمار آب شور بود و سایر گونه‌ها بخصوص در میزان کلر در تیمار آب شور دارای اختلاف معنی‌دار نبودند ولی با تیمار آب معمولی دارای اختلاف معنی‌داری بودند. در بین گونه‌های مختلف کمترین میزان عناصر مربوط به یون پتاسیم و فسفر است که این امر بیشتر به دلیل محدودیت جذب این عناصر تحت تأثیر یون سدیم است. همان‌گونه که در منابع ذکرشده است، به‌تدریج با افزایش مراحل رشد، روند جذب این عناصر افزایش می‌یابد. هرچقدر میزان جذب یون پتاسیم بیشتر باشد میزان مقاومت گیاه در مقابل تنش‌ها بیشتر می‌شود. توانایی زیاد گونه‌های سالیکورنیا برای جذب و ذخیره املاح در اندام هوایی، زمینه بهره‌برداری از اندام رویشی آن‌ها را برای تولید نمک گیاهی فراهم می‌نماید و در کنار سایر کاربردهای سالیکورنیا (علوفه، روغن، خواص دارویی و حفاظتی) به لحاظ اقتصادی بااهمیت است.

نهایتاً، نتایج این پژوهش نشان داد که شرایط اقلیمی، میزان املاح و مواد مغذی در خاک و آب، مرحله رشد و بستر رشد، در میزان غلظت عناصر گونه‌های سالیکورنیا تأثیر دارد و نیازمند پژوهش بیشتر است.

منابع

Abdal, M.S., 2009. Salicornia production in Kuwait. World Applied Sciences Journal. 6(8), 1033-1038. https://idosi.org/wasj/wasj6(8)/4.pdf

AOAC, 1990. Official methods of analysis, 15th Edition. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC. https://www.scirp.org/reference/ReferencesPapers?ReferenceID=1929875

Araus, J.L., Rezzouk, F.Z., Thushar, S., Shahid, M., Elouafi, I.A., Bort, J., Serret, M.D., 2021. Effect of irrigation salinity and ecotype on the growth, physiological indicators and seed yield and quality of *Salicornia europaea*. Plant Science. 304, 110819. https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2021.110819

Davy, A., Bishop, G., Costa, C., 2001. *Salicornia* L. (*Salicornia pusilla* J. Woods, *S. ramosissima* J. Woods, *S. europaea* L., S. obscura P.W. Ball & Tutin, S. nitens P.W. Ball & Tutin, *S. fragilis* P. W. Ball & Tutin and S. dolichostachya Moss). Journal of Ecology. 89, 681-707. https://doi.org/10.1046/j.0022-0477.2001.00607

FAO, 2017. FAO statistics division, crop production. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. https://www.fao.org/statistics/databases/en/

Flowers, T.J., Colmer, T.D., 2015. Plant salt tolerance: adaptations in halophytes. Annals of Botany. 115(3), 327-331. https://doi.org/10.1093/aob/mcu267

Ghosh, G., Drew, M. C., 1991. Comparison of analytical methods for extraction of chloride from plant tissue using36Cl as tracer. Plant Soil. 136, 265–268. https://doi.org/10.1007/BF02150058

Glenn, E.P., Coates, W.E., Riley, J.J., Kuehl, R.O., Swingle, R.S., 1992. *Salicornia bigelovii* Torr.: a seawater-irrigated forage for goats. Animal Feed Science and Technology. 40, 21-30. https://doi.org/10.1016/0377-8401(92)90109-j

Himabindu, Y., Chakradhar, T., Reddy, M.C., Kanygin, A., Redding, K.E., Chandrasekhar, T., 2016. Salt-tolerant genes from halophytes are potential key players of salt tolerance in glycophytes. Environmental and Experimental Botany. 124, 39–63. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2015.11.010

Horwitz, W., 1970. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists, Washington DC: Association.

Hrynkiewicz, K., Patz Ruppel, S., 2019. *Salicornia europaea* L. as an underutilized saline-tolerant plant inhabited by endophytic diazotrophs. Journal of Advanced Research. 19, 49-56. https://doi.org/10.1016/j.jare.2019.05.002

Ishikawa, N., Shimizu, K., Koizumi, T., Shimizu, T., Enishi, O., 2002. Nutrient value of saltwort (*Salicornia herbacea* L.) as feed for ruminants. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. 15(7), 998-1001. https://doi.org/10.5713/ajas.2002.998

Jackson, M. L., 1973. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall of India Pvt. Ltd., New Delhi,498. https://www.scirp.org/reference/ReferencesPapers?ReferenceID=1453838

Khoshkhalgh Sima, N., Ebadi, A., Riahi Samani, N., Darvish Rouhani, B., 2019. *Salicornia* applications, economic power, cultivation and exploitation. Agricultural Research, Education and Extension Organization, Office of Knowledge Network and Extension Media. [In Persian].

López-Pérez, L., Martínez-Ballesta, M. C., Maurel, C., Carvajal, M. 2009. Changes in plasma membrane lipids, aquaporins and proton pump of broccoli roots, as an adaptation mechanism to salinity. Phytochemistry. 70(4), 492-500. https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2009.01.014

Ministry of Energy, 2010. Environmental Criteria of Treated Waste Water and Return Flow Reuse. No. 535. P, 135.

Moretti, S., Francini, A., Hernández, M. L., Martínez-Rivas, J. M., Sebastiani, L., 2019. Effect of saline irrigation on physiological traits, fatty acid composition and desaturase genes expression in olive fruit mesocarp. Plant Physiology and Biochemistry. 141, 423-430. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.06.015

Munns, R., Gilliham, M., 2015. Salinity tolerance of crops-what is the cost? New Phytologist. 208, 668–673. https://doi.org/10.1111/nph.13519

Munns, R., Tester, M., 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annu. Rev. Plant Biol. 59, 651–681.

https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911

Nasrabadi, M., Rouzbehan, Y., Fazaeli, H., Rezaei, J., 2022. Influence of partial replacement of alfalfa with two *Salicornia* forages on digestion, rumen variables, blood biochemistry metabolites and antioxidant capacity in sheep. Small Ruminant Research. 214, 106744. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2022.106744

Nikalje, G.C., Srivastava, A.K., Pandey, G.K., Suprasanna, P., 2018. Halophytes in biosaline agriculture: mechanism, utilization, and value addition. Land Degradation Development. 29, 1081–1095. https://doi.org/10.1002/ldr.2819

Pérez-Navarro, J., Da Ros, A., Masuero, D., Izquierdo-Cañas, P. M., Hermosín-Gutiérrez, I., Gómez-Alonso, S., Mattivi, F., Vrhovsek, R., 2019. LC-MS/MS analysis of free fatty acid composition and other lipids in skins and seeds of Vitis vinifera grape cultivars. Food Research International. 125, 108556. http://hdl.handle.net/10449/57310125:108556

Ramadoss, D., Lakkineni, V.K., Bose Ali, P., Annapurna, S., 2013. Mitigation of salt stress in wheat seedlings by halotolerant bacteria isolated from saline habitats. SpringerPlus. 2, 6. https://doi.org/10.1186/2193-1801-2-6

Ranjbar, G.H., Pirasteh-Anosheh, H., Shiran Tafti, M., Nikkhah, 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(4), 1069-1079. [In Persian with English summary]. https://doi.org/10.22077/escs.2020.3670.1889

Ranjbar, G.H., Pirasteh-Anoushe, H., 2020. Comparison of the Accumulation of Elements, Ash Content and Biomass of Some Halophytes Species under Irrigating with Sea Water. Desert management. 7(14), 63-74. https://doi.org/10.22034/jdmal.2020.38476

Ranjbar, G.H., Pirasteh-Anoushe, H., 2015. A glance to the salinity research in Iran with emphasis on improvement of field crops production, Iranian Journal of Agricultural Sciences. 17(2),165-178. [In Persian]. http://agrobreedjournal.ir/article-1-525-fa.html

Rathore, A.P., Kumari, A., Chaudhary, D.R., Rathore, M.S., 2021. Phenological and physio-biochemical variations in *Salicornia brachiata* Roxb. under different soil and water treatments (salinity). Aquatic Botany. 174, 103429. https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2021.103429

Rathore, A. P., Doongar Chaudhary, R., Bhavanath, J., 2022. Assessing the effects of *Salicornia brachiata* Roxb. growth on coastal saline soil quality over temporal and spatial scales. Applied Soil Ecology. 169: 104-196. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2021.104196

Sadeghi, M.H., Sari, M., Rezai, M., 2017. The effect of water supply source and growth stages on the chemical composition of *Salicornia europaea*. The 7th Congress of Animal Sciences of Iran, Sanandaj University, Sanandaj, Kurdistan. [In Persian].

Shao, H., Chu, L., Lu, H., Qi, W., Chen, X., Liu, J., Kuang, S., Tang, B., Wong, V., 2019. Towards sustainable agriculture for the salt-affected soil. Land Degradation Development. 30, 574–579. https://doi.org/10.1002/ldr.3218

Singh, D., Buhmann, A.K., Flowers, T.J., Seal, C.E., Papenbrock, J., 2014. Salicornia as a crop plant in temperate regions: selection of genetically characterized ecotypes and optimization of their cultivation conditions. AoB Plants. 10, 6. https://doi.org/10.1093/aobpla/plu071

Sisay, T.A., Nurbekova, Z., Oshanova, D., Dubey, A.K., Khatri, K., Mudgal, V., Srivastava, R. K., 2022. Effect of Salinity and Nitrogen Fertilization Levels on Growth Parameters of *Sarcocornia fruticosa*, *Salicornia brachiata*, and *Arthrocnemum macrostachyum*. Agronomy. 12(8), 1749. https://doi.org/10.3390/agronomy12081749

Tayebi, B., Ghanbari, A., 2019. Effect of NaCl concentrations on some morphological and physiological characteristics of three Salicornia species underhydroponiccondition. Journal of Crop Ecophysiology. (50)2,13, 269-286. [In Persian with English summary]. https://doi.org/10.30495/JCEP.2019.666252

Van Reeuwijk, LP., 2002. editor. Procedures for soil analysis. Wageningen: ISRIC.

Ventura, Y., Eshel, A., Pasternak, D., Sagi, M., 2014. The development of halophyte-based agriculture: past and present. Annals of Botany. 115, 529-540. https://doi.org/10.1093/aob/mcu173

Zhang, S., Wei, M., Cao, C., Ju, Y., Deng, Y., Ye, T., Xia, Z. M., Chen, M., 2015. Effect and mechanism of *Salicornia bigelovii* Torr plant salt on blood pressure in SD rats. Food & Function. 6, 920-926. https://doi.org/10.1039/C4FO00800F