University of Birjand

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

تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses In Crop Sciences

Vol. 18, No. 1, pp. 91-107 (Spring 2025)

https://doi.org/10.22077/escs.2024.6849.2242

Original article

Investigation on the growth response and resistance to salinity stress in the medicinal plant *Cynara scolymus* L.

E. Afsharnia[1], A.R KhavaninZadeh[2, 3*], M. Karimi[4]

1. *M.Sc. Graduate of Agronomy, Department of nature engineering, Agriculture and natural resources Faculty, Ardakan University, Yazd, Iran*
2. *Assistant Professor, Department of nature engineering, Agriculture and natural resources Faculty, Ardakan University, Yazd, Iran*
3. *Member of Medicinal and Industrial Plant Research Institue, Ardakan University, Yazd, Iran*
4. *Scientifc Member of National Saline Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran*

Received 6 October 2023; Accepted 1 January 2024

Extended abstract

Introduction

Water and soil salinity is one of the most important environmental factors limiting the growth and performance of plants around the world, especially in arid and semi-arid regions. The increase in population on the one hand and the decrease of fresh water and soil resources on the other hand has doubled the necessity of studying in relation to the identification of salinity resistant plant species and strategies for the efficiency of saline soil and water resources. Therefore, this study was conducted with the aim of finding and determining the salinity resistance of artichoke plant species and the growth rate of the species under different conditions of irrigation water salinity and evaluating the performance of vegetative and physiological growth parameters in field conditions in order to use this plant in areas with limited water salinity.

Materials and methods

In order to evaluate the salinity resistance of the artichoke medicinal plant species and to determine the salinity resistance of this species, an experiment was conducted with six salinity levels including (control), 9, 12, and 15 dS m^{-1} in a completely randomized design and in three replications in potted conditions. Four weeks after applying salinity stress, traits including photosynthetic pigments, dried leaves, leaf water content, leaf dry weight, ash content, SLA were measured. Finally, significant difference at 5 percent level statistically were calculated among treatments using analysis of variance and mean differences was calculated using Multiple Duncan test.

Results and discussion

Results showed that salinity treatment has a significant effect on the characteristics of total chlorophyll, percentage of dryness and leaf fall, percentage of leaf ash, leaf specific weight and moisture content of leaves at the level of five percent, and the Artichoke plant can tolerate salinity up to 9 dS m^{-1} but it is sensitive at higher levels of salinity. In other words, the salinity of 12 dS m^{-1} has reduced the germination of Artichoke species by more than 50% and caused a significant increase in ash percentage, as well as

* Corresponding author: Alireza KhavaninZadeh; E-Mail: Akhavaninzadeh@ardakan.ac.ir

© 2025, The Author(s). Published by University of Birjand. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

drying and leaf fall percentage by 50%, and significant decreasing in leaf water content, dry root weight while it significantly increased electrolyte leakage which can indicate a significant decrease in vegetative growth and performance of this species at this level of salinity. According to the results, per unit increase in salinity, the weight loss of Artichoke leaves was recorded as 11%. In general, Artichoke plant species, in terms of resistance to salinity, it has a relatively good tolerance, and it seems this plant species can be used for cultivation and production by using saline water sources up to 9 dS m^{-1} in condition of the study area.

Conclusions

The results showed that there is no significant difference in yield and growth of Artichoke by increasing water salinity up to 9 dS m^{-1} in the study area. In farm and pod condition, experimental treatments showed a significant effect on increasing leaf fall, ash and water content, leaf dry weight by increasing water salinity to 12 dS m^{-1} . In general, Artichoke as an important medicinal plant, is a moderate up to tolerant species in salinity and it seems it is a proper species for cultivation and plant production in area with saline water up to 9 dS m^{-1} in condition of study area. According to the results, it seems water salinity up to 12 dS m^{-1} significantly decreases vegetative growth of the species up to 50% but it is a need more studies for impact of salinity on flowering and seeding stages as well. we recommend more studies in different climate conditions to reveal impact of these conditions on salinity resistance of the plant species.

Acknowledgements

We thank the National Salinity Research Center for their cooperation in the implementation and providing water and land for experiments in this study.

Keywords: Artichoke, Medicinal plant, Physiological response, Saline water, Salinity tolerance, Vegetative period

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد هجدهم، شماره اول، بهار ۱۴۰۴

https://doi.org/10.22077/escs.2024.6849.2242

مقاله پژوهشی

بررسی واکنش رشد و مقاومت به تنش شوری در گیاه دارویی کنگرفرنگی (*Cynara scolymus* L.)

الهام افشارنیا[۱]، علیرضا خوانین‌زاده[۲،۳*]، مهدی کریمی[۴]

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی طبیعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، یزد
۲. استادیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه اردکان، یزد
۳. عضو و مدیر گروه پژوهشکده گیاهان دارویی و صنعتی دانشگاه اردکان
۴. عضو هیئت‌علمی بخش تحقیقات مرکز تحقیقات ملی شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد

مشخصات مقاله

واژه‌های کلیدی:
آب‌شور
تنش شوری
کنگرفرنگی
گیاه دارویی
مرحله رویشی
مقاومت به شوری

تاریخ دریافت:
۱۴۰۲/۰۷/۱۴

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۲/۱۰/۱۱

تاریخ انتشار:
بهار ۱۴۰۴

۱۸(۱): ۹۱-۱۰۷

چکیده

امروزه با توجه به جمعیت روزافزون و افزایش نیاز غذایی ضروری است با استفاده از منابع آب‌وخاک شور جهت تأمین نیاز غذایی این جمعیت رو به رشد با تأکید بر مدیریت و کشت گونه‌های مقاوم و سازگار گیاهی اقدام نمود. به‌منظور ارزیابی مقاومت به شوری گونه گیاهی دارویی کنگرفرنگی و تعیین مقاومت این گونه به شوری در مراحل رویشی، آزمایشی با شش سطح شوری شامل شاهد (صفر)، ۳، ۶، ۹، ۱۲ و ۱۵ دسی زیمنس بر متر در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار در شرایط گلدانی اجرا شد. در پایان معنی‌دار بودن داده‌های آزمایشی در سطح پنج درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن مورد تجزیه‌وتحلیل آماری قرار گرفت. نتایج نشان داد تیمار شوری بر صفات کلروفیل a، b، کل، نشت یونی، درصد خشکی و ریزش برگ، درصد خاکستر برگ، وزن مخصوص و محتوی رطوبت برگ اثر معنی‌داری در سطح پنج درصد دارد و گیاه کنگرفرنگی شوری تا سطح ۹ دسی زیمنس بر متر را می‌تواند در مراحل رویشی تحمل نماید اما در سطوح بالاتر شوری حساس است. به عبارتی شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر باعث کاهش بیش از ۵۰ درصد وزن خشک برگ گونه و افزایش معنی‌دار نشت یونی، درصد خاکستر و همچنین درصد خشکیدگی، درصد ریزش برگ به میزان ۵۰ درصد شده است که می‌تواند بیانگر کاهش عملکرد معنی‌دار رشد رویشی این گونه در این سطح شوری باشد. به‌طورکلی با توجه به نتایج، گونه گیاهی کنگرفرنگی ازنظر مقاومت به شوری دارای تحمل نسبتاً مناسب و خوبی در مراحل رویشی است و به نظر می‌رسد با استفاده از منابع آب‌شور تا حد ۹ دسی زیمنس بر متر می‌توان جهت کشت و برداشت ازاین‌گونه گیاهی در مراحل رویشی استفاده نمود.

مقدمه

شوری آب‌وخاک یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی محدودکننده رشد و عملکرد گیاهان در سراسر جهان، به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک است(Dawood et., 2021). اصولاً خاک شور به خاکی گفته می‌شود که غلظت املاح محلول در آن به‌اندازه‌ای باشد که عملکرد گیاه را به‌طور معنی‌داری کاهش دهد، مشروط بر آنکه سایر عوامل مانعی برای رشد محصول نباشند. از این تعریف به‌خوبی استنباط می‌شود که شوری مفهومی وابسته به گیاه است. بدین ترتیب در شرایط مساوی، خاکی با غلظت معین از املاح محلول ممکن است برای یک گیاه شور و برای گیاه دیگر شور نباشد. یکی از عوامل مهم کاهش کیفیت منابع آبی، شور شدن آن‌ها است و در صورت استفاده ازآن‌جهت آبیاری ابتدا با کاهش پتانسیل آب خاک و سپس با افزایش سدیم و کلر در

* نگارنده پاسخگو: علیرضا خوانین زاده. پست الکترونیک: Akhavaninzadeh@Ardakan.ac.ir

گیاه باعث سمیت و کاهش رشد و تولید محصول در گیاه می‌شود (Qiu et al., 2023).

گیاه موردمطالعه در این تحقیق کنگرفرنگی با نام علمی *Cynara scolymus* متعلق به خانواده کاسنی (Asteraceae) است این گونه گیاهی چندساله بوده که ارتفاع آن به دو متر نیز می‌رسد و دارای برگ‌های بسیار بزرگ متمایل به سفید بدون خار یا دارای دندانه‌های نوک‌تیز کوچک و دارای گل‌های لوله‌ای مایل به بنفش است بذرهای آن قهوه‌ای روشن و دارای لکه‌های قهوه‌ای تیره کشیده و براق است (De Falco et al., 2015). غنچه این گیاه خوراکی است و بیشتر به‌صورت آب‌پز پخته می‌شود. همچنین، در ایتالیا، این گیاه سبزی اصلی پیتزای چهارفصل در فصل بهار است. کنگرفرنگی گیاهی است علفی و دارویی که در ایران پرورش داده می‌شود و در طب جدید عصاره‌ی آن به‌صورت آمپول یا قطره بنام کوفیتول تجویز می‌شود. برخی از ترکیب‌های شیمیایی آن شامل ابنولین، سیناروپکتین، سیناریں، قندها، آنزیم‌ها، کافئیک اسید، اوژنول می‌باشد. از مصارف داروئی این گیاه می‌توان برای تقویت اعمال کبد، جلوگیری از تجمع چربی در سلول‌های کبدی، تحریک کلیه در دفع اوره و کلسترول، پایین آوردن کلسترول و تری‌گلیسرید خون، درمان یرقان، زردی، قولنج کبدی، سنگ کیسه صفرا و آب آوردن شکم را نام برد. برگ‌های کنگرفرنگی مصرف دارویی دارد برگ‌های سال اول به‌ویژه برگ‌های مربوط به پایه‌هایی که هنوز گل نداده‌اند جهت مصرف داروئی ترجیح داده می‌شود (Newill et al., 1996). مطالعات نشان می‌دهد گونه گیاهی کنگرفرنگی در گروه گیاهان با مقاومت متوسط به شوری قرار می‌گیرد و در مرحله رشد رویشی مقاومت بیشتری به شوری نسبت به مرحله گلدهی دارد (Graifenberg et al 1993; Francois, 1995; Licandro, 2006). همچنین نتایج مطالعات نشان می‌دهد مرحله جوانه‌زنی در این گونه مقاومت بیشتری به شوری نسبت به مرحله چند برگی دارد (Mauromicale and Licandro, 2002). تأثیر شوری و رقم بر میزان تجمع عناصر معدنی در برگ کنگرفرنگی توسط رضازاده و همکاران (Reza Zadeh et al., 2009) موردمطالعه قرار گرفت و نتایج نشان داد تجمع یون سدیم برگ در آزمایش گلدانی تا شوری ۶/۹ دسی زیمنس بر متر و در شرایط مزرعه‌ای تا ۶/۴۵ دسی زیمنس بر متر افزایش یافت و سپس با افزایش شوری به بیش از این مقدار یون سدیم کاهش یافت. میزان کلر برگ در شوری ۵/۳ (مزرعه) و ۶/۹ دسی زیمنس بر متر (گلخانه) بیشترین افزایش را نشان داد و پس‌ازآن با افزایش شوری میزان این یون کاهش یافت. غلظت یون‌های کلسیم و پتاسیم به‌موازات افزایش شوری کاهش‌یافته، به‌طوری‌که کمترین میزان کلسیم و پتاسیم در شوری ۶/۲ دسی زیمنس بر متر (گلخانه) و ۹/۲ دسی زیمنس بر متر در شرایط مزرعه مشاهده شد. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد با افزایش شوری به میزان ۶ دسی زیمنس بر متر، کاهش فنل کل و فلاونوئید مشاهده و حداکثر فعالیت آنتی‌اکسیدانی ($IC50=0.01$ mgL^{-1}) در بالاترین سطح شوری گزارش شد.

یکی از اثرات اولیه تنش شوری تغییر مقدار آب بافت گیاهی است، به عبارتی، شوری میزان انرژی لازم برای حفظ حالت طبیعی سلول را افزایش داده و درنتیجه انرژی کمتری برای نیازهای رشدی باقی می‌ماند (Munns, 2005). پیری و همکاران (Piri et al., 2018) تأثیر پیش تیمار اسید سالیسیلیک بر روی جوانه‌زنی و مقاومت به شوری در مرحله جوانه‌زنی بذور کنگرفرنگی را موردمطالعه قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد غلظت‌های ۰/۵ و ۱ میلی مولار اسید سالیسیلیک باعث افزایش معنی‌دار جوانه‌زنی کنگرفرنگی در شرایط شور در مقایسه با شاهد می‌شود و باعث افزایش معنی‌دار مقاومت به شوری گونه در مرحله جوانه‌زنی می‌شود. اثر شوری بر تأمین کلسیم و عملکرد رشد گیاه کنگرفرنگی مطالعه شد (Francois et al., 1991) و نتایج نشان داد شوری بالاتر از ۶/۱ دسی زیمنس بر متر عملکرد گیاه را ۱۱ و نیم درصد کاهش می‌دهد. اثرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی برخی از تنظیم‌کننده‌های بیولوژیک بر رشد، بهره‌وری و کیفیت گیاه کنگرفرنگی بررسی شد (El-Abagy et al., 2010) نتایج نشان داد بیشترین غلظت سالیسیلیک اسید (۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر)، تمام پارامترهای رشد رویشی ازجمله ارتفاع گیاه، تعداد برگ، وزن برگ و ماده خشک در گیاه را کاهش می‌دهد. با توجه به رشد جمعیت و نیاز روزافزون مصرف گیاهان دارویی در اثر افزایش بیماری‌ها، با هدف معرفی گیاه دارویی کنگرفرنگی و تعیین مقاومت به شوری آن در مرحله رویشی و همچنین با هدف بهره‌وری و استفاده از منابع آب‌وخاک موجود و شور به‌ویژه در مناطق مرکزی کشور که با محدودیت شدید منابع آبی متعارف مواجه می‌باشند، جهت تولید و تکثیر و بهره‌برداری از این گیاه ارزشمند در این مناطق مطالعه حاضر انجام شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در شرایط گلخانه با پوشش سقفی سایه‌انداز و دور باز و به‌صورت گلدانی در مرکز ملی تحقیقات شوری واقع در شهرستان یزد با ارتفاع ۱۲۳۰ متر از سطح دریا انجام شده است. به‌منظور حصول حداکثر یکنواختی در گیاهان، در مرحله اول نسبت به تولید نشای گیاه کنگرفرنگی از طریق سینی کشت در گلخانه در اواخر بهمن‌ماه اقدام شد. سپس بوته‌های یکنواخت و مشابه انتخاب و در هفته اول فروردین‌ماه به داخل گلدان‌های هفت کیلویی منتقل شد. پس از استقرار، بوته‌های اضافی حذف و نهایتاً در هر گلدان ۵ بوته مشابه نگهداری گردید. نمونه‌گیری از گیاه در اوایل تیرماه در مراحل پایانی رشد رویشی (Salata et al 2015) انجام شد.

سطوح مختلف شوری آب و آبیاری

جهت تأمین آب شور با س طوح مختلف، از آب چاهی واقع در عقدا اردکان با میزان شوری ۲۰۰ دسی زیمنس بر متر و اضافه نمودن حجم مشخصی از آب غیر شور و تنظیم شوری موردنظر با استفاده از شوری سنج اقدام شد. حجم موردنیاز سطوح مختلف شوری در بشکه‌های ۲۰۰ لیتری ذخیره و استفاده گردید و پس از تخلیه مخازن مجدد آب شور با همان سطوح شوری تهیه و در مخازن جهت استفاده مجدد ذخیره گردید. آبیاری گلدان‌ها به نحوی انجام شد که کمترین تنش رطوبتی به گیاه وارد شود. ظرفیت مزرعه‌ای معادل ۱۸ درصد در نظر گرفته شد و بر اساس وزن گلدان‌ها نسبت به آبیاری گلدان‌ها در زمانی که رطوبت خاک به ۹ درصد وزنی رسید، اقدام شد. بدین منظور وزن گلدان (شامل گلدان + شن + و خاک) در حالت ظرفیت مزرعه قبل از کاشت گیاهان اندازه‌گیری شد. روزانه نسبت به توزین گلدان‌ها اقدام و کسری رطوبت از طریق آبیاری تأمین شد (Alizadeh et al., 2009). به‌منظور جلوگیری از تجمع املاح در گلدان‌ها و اعمال تنش‌های شوری موردنظر، نسبت به تعیین هدایت الکتریکی آب زهکش در هر گلدان اقدام گردید. حجم آب مصرفی نیز به نحوی تنظیم شد که هدایت الکتریکی زهکش معادل هدایت الکتریکی آب آبیاری باشد. پس از آبیاری شوری زهکش‌ها توسط EC متر پرتابل (cond330i آلمان ۲۰۰۴) اندازه‌گیری گردید.

اندازه‌گیری پارامترهای گیاهی

به‌منظور بررسی پاسخ گیاه به تنش شوری، در مرحله تکمیل رشد رویشی، نسبت به اندازه‌گیری شاخص‌های نشت یونی، سطح و وزن برگ، سطح ویژه برگ، محتوای نسبی آب برگ، کلروفیل a و b و کلروفیل کل، عدد SPAD و درصد خاکستر برگ، ریزش برگ و خشکی برگ به شرح ذیل اقدام گردید.

اندازه‌گیری نشت یونی، سطح ویژه برگ: جهت اندازه‌گیری میزان تخریب سلولی از طریق نشت یونی، یک قطعه برگ از برگ‌های توسعه‌یافته گرفته و پس از شستشو با آب مقطر، ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر روی آن‌ها ریخته و با سه تکرار در محیط آزمایشگاه قرار داده شد. پس از ۲۴ ساعت لوله‌های حاوی برگ شیکر شده و شوری آب (EC1) درون آن‌ها اندازه‌گیری شد. سپس لوله‌های آزمایش را به مدت ۱/۵ ساعت در حمام آب جوش (بن ماری) قرار داده و پس از سرد شدن شوری آب درون لوله‌ها (EC2) اندازه‌گیری و درصد نشت یونی سلول‌های برگ طبق رابطه زیر محاسبه شد (Hnilikova et al., 2019)

$$\text{درصد نشت یونی} = (EC1/EC2) \times 100 \quad [۱]$$

جهت تعیین سطح برگ از هر شاخه یک برگ و جمعاً از هر گلدان بین پنج الی شش برگ توسعه‌یافته وسط شاخه‌ها به‌طور تصادفی انتخاب و با دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (اسکنری مدل AM200, 2002) سطح آن‌ها برحسب میلی‌متر مربع، اندازه‌گیری شد.

به‌منظور محاسبه سطح ویژه برگ، برگ‌هایی که سطح برگ آن‌ها محاسبه شده بودند، به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک شدند و سپس وزن خشک برگ‌ها محاسبه شد. از تقسیم وزن برحسب میلی‌گرم بر سطح برگ برحسب میلی‌متر مربع سطح ویژه برگ محاسبه شد (Bajji et al., 2002).

$$\text{سطح ویژه برگ } (mm^2.mg^{-1}) = \text{سطح برگ} \div \text{وزن خشک برگ} \quad [۲]$$

محتوای نسبی آب برگ: برگ‌های انتخاب‌شده در بخش مرکزی شاخه‌ها جهت تعیین محتوای نسبی آب برگ، داخل قوطی دربسته و داخل یخ گذاشته و به آزمایشگاه منتقل شدند. بلافاصله برگ‌ها وزن شده و روی آن‌ها ۲۰ میلی‌متر آب مقطر ریخته و پس از ۲۰ ساعت در محیط آزمایشگاه برگ‌ها از آب خارج و با دستمال‌کاغذی آب سطح آن‌ها گرفته و پس از توزین با ترازوی حساس با دقت ۰/۱ میلی‌گرم، داخل پاکت کاغذی و درون آون در دمای ۷۰ درجه به مدت ۴۸

ساعت خشک شدند. سپس برگ‌ها توزین و درصد محتوای نسبی آب برگ طبق رابطه زیر محاسبه شد (Salwa et al., 2010).

$$RWC=(W_f- W_d/ W_t- W_d)\times 100 \quad [۳]$$

RWC: محتوای نسبی آب برگ، Wf: وزن برگ تازه، Wt: وزن برگ آماس شده، Wd: وزن خشک برگ.

اندازه‌گیری کلروفیل کل: ابتدا ۰/۱ گرم از برگ تازه درون هاون چینی داخل استن ساییده و عصاره‌گیری گردید. پس از سانتریفیوژ، شدت جذب محلول بالایی توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (Genesys 6. آلمان. ۲۰۰۴) در طول‌موج ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر قرائت و پس از محاسبه کلروفیل a و کلروفیل b، کلروفیل کل برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ، از روابط زیر محاسبه شد (Lichtenthaler, 1987).

$$Chla=((19.3\times A663)-(0.86\times A645))\times V/100W \quad [۴]$$

$$Chl\ b=((19.3\times A645)-(3.6\times A663))\times V/100W \quad [۵]$$

$$\text{کلروفیل کل} = a \text{ کلروفیل} + b \text{ کلروفیل} \quad [۶]$$

A663: قرائت اسپکتوفتومتر در طول‌موج ۶۶۳ نانومتر، A645: قرائت اسپکتوفتومتر در طول‌موج ۶۴۵ نانومتر، V: حجم استن، W: وزن نمونه

درصد خاکستر: ۲ گرم از هر نمونه را به مدت ۱۲ ساعت در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد در کوره الکتریکی قرار داده و میزان خاکستر نمونه‌ها به روش وزن سنجی تعیین شد (Khan et al., 2000).

درصد ریزش و خشکی برگ: ابتدا تعداد کل شاخه‌ها شمارش‌شده، سپس تعداد برگ یک شاخه که نماینده شاخه‌ها بود شمارش و از حاصل‌ضرب تعداد برگ آن شاخه، تعداد کل برگ‌های گیاه محاسبه گردید. به‌منظور تعیین درصد خشکیدگی برگ‌ها، تعداد سه الی چهار بوته داخل هر گلدان شمارش و سطح کل برگ‌های بوته ۱۰۰٪ در نظر گرفته شد و سپس به‌صورت چشمی درصد خشکی برگ تخمین زده شد.

آنالیز داده‌ها

در این پژوهش از آزمون کلموگروف اسمیرنوف جهت بررسی توزیع نرمال داده‌ها استفاده گردید. برای آنالیز داده‌ها از نرم‌افزار SPSS و برای رسم شکل از نرم‌افزار EXCEL استفاده گردید. همچنین به‌منظور ارزیابی تفاوت تأثیر تیمارها با یکدیگر بر روی صفات اندازه‌گیری شده از آزمون تجزیه واریانس و جهت مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده در تیمارهای مختلف شوری از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد جهت تحلیل آماری استفاده شد. تیمارهای این پژوهش در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی و با سه تکرار در گلخانه مرکز ملی تحقیقات شوری واقع در شهر یزد اجرا گردید.

نتایج و بحث

نتایج آنالیز خاک نشان می‌دهد خاک مورداستفاده حاوی بیش از ۳۰ درصد آهک است، بنابراین خاک آهکی محسوب می‌شود. نظر به اینکه میزان کربن آلی خاک بسیار پایین است، خاک موردمطالعه ازنظر حاصلخیزی فقیر محسوب شده و مصرف کودهای شیمیایی نظیر کودهای نیتروژنی، فسفری و پتاسیمی و به‌منظور افزایش سطح حاصلخیزی خاک و حصول عملکرد مناسب توصیه می‌شود (جدول ۱).

جدول ۱. برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورداستفاده در تحقیق

Table 1. Some physical and chemical characteristics of the soil used for the study

هدایت الکتریکی	اسیدیته	کلسیم	منیزیم	سدیم	مجموع کلسیم و منیزیم
EC	pH	Ca	Mg	Na	Ca+Mg
$ds.m^{-1}$		---------- $meq.lit^{-1}$ ----------			
5.23	8.06	15.2	12	31.63	17.2

Table 1. Continued **جدول ۱. ادامه**

مس	روی	منگنز	آهن	پتاسیم	فسفر	کربنات کلسیم	نیتروژن	کربن آلی	بافت خاک
Cu	Zn	Mn	Fe	K	P	$CaCO_3$	N	O.C	Soil texture
---------- $mg.kg^{-1}$ ----------						----------% ----------			
0.62	0.34	3.18	3.8	150	8.2	30.92	0.02	0.22	S.L

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب مورد استفاده

جهت آبیاری از آب با مشخصات شور از چاه منطقه عقدا استفاده شد. همانطور که در جدول ۲ مشخص است آب با شوری زیاد (بیش از ۲۵ $dS.m^{-1}$) و اسیدیته نزدیک به هشت می‌باشد که با رقیق سازی آب به‌عنوان آب طبیعی در تیمارهای مختلف به‌منظور تنظیم شوری استفاده شد.

جدول ۲. ویژگی‌های کیفی آب بسیار شور منطقه عقدا پس از رقیق شدن به نسبت ۱ به ۲۰ با آب شهری

Table 2. Some characteristics of very saline water in Aqda region after diluting it in a ratio of 1 to 20 with urban water.

هدایت الکتریکی EC	اسیدیته pH	کلسیم Ca	منیزیم Mg	سدیم Na	مجموع کلسیم و منیزیم Ca+Mg
$dS.m^{-1}$	---------- $meq.lit^{-1}$ ----------				
5.23	6.44	15.2	12	31.63	17.2

اثر تنش شوری بر عملکرد و اجزاء گیاه کنگرفرنگی

بر اساس جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) شوری تأثیر معنی‌داری بر کلیه صفات موردانداز‌ه‌گیری شده داشت.

تغییرات میانگین صفات گیاهی در اثر شوری

نتایج نشان داد اکثر میانگین صفات موردانداز‌ه‌گیری گیاه به‌طور معنی‌دار تحت تأثیر میزان شوری آب آبیاری قرار گرفت به‌طوری‌که در کلیه صفات اندازه‌گیری شده میزان پارامترهای اندازه‌گیری شده در شاهد به‌طور معنی‌داری با سایر تیمارهای شوری متفاوت بود و بیشترین اثر منفی در سطح شوری ۱۵ دسی زیمنس بر متر آب آبیاری مشاهده شد (جدول ۴).

اثر شوری بر میزان کلروفیل برگ به روش SPAD

با افزایش شوری آب آبیاری، میزان کلروفیل نسبی گیاه (عدد اسپد) کنگرفرنگی به‌طور معنی‌داری کاهش نشان داد به‌طوری‌که میزان عدد کلروفیل متر در تیمارهای شاهد و ۱۵ دسیزیمنس بر متر به ترتیب معادل ۴۸/۲ و ۳۷/۰۳ است و به‌عبارت‌دیگر افزایش شوری آب آبیاری از ۲ به ۱۵ دسی زیمنس بر متر باعث کاهش میزان کلروفیل به میزان ۳۳ درصد شده است (شکل ۱).

جدول ۳. تجزیه واریانس اثرات شش سطح شوری آب آبیاری بر عملکرد و اجزا عملکرد کنگرفرنگی

Table 3. Analysis of variance for the effects of six levels of irrigation water salinity on *artichoke* yield and yield components

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	میزان خاکستر Ash content	وزن خشک برگ Leaf dry weight	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Total Chlorophyll
شوری آب آبیاری Water saliniry	5	0.50	56.6	12.9	1.05	21.2
خطا Error	12	0.005	1.3	0.12	0.02	0.23
ضریب تغییرات CV%		*8.3*	*12.2*	*5.10*	*10.1*	*5.8*

Table 3. Continued **جدول ۳. ادامه**

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	خشکی برگ Dry leaf	ریزش برگ Leaf fall	محتوای نسبی آب برگ Relative leaf water content	نشت یونی Electrolyte leakage	سطح ویژه برگ Specific leaf area	کلروفیل برگ Spad
شوری آب آبیاری Water saliniry	5	2564	288.1	230.1	204.4	0.04	130.6
خطا Error	12	21.8	6.7	45.6	1.2	0.001	0.90
ضریب تغییرات CV%		*14.5*	*15.9*	*8.10*	*4.50*	*2.40*	*2.30*

*Significant at the 5% probability level *معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد

جدول ۴. مقایسه میانگین صفات گونه گیاهی کنگر فرنگی به روش آزمون دانکن در سطح ۵ درصد

Table 4. Comparison of mean characteristics for Artichoke species by Duncan's test (P<0.05)

سطوح شوری Salinity	کلروفیل a Ch_a	کلروفیل b Ch_b	ریزش برگ Leaf fall	خشکی برگ Dry leaf	وزن خشک برگ Leaf dry weight	سطح ویژه برگ Specific leaf area level
dS m^{-1}	------- mgg^{-1}------		%	%	Gr	mm^2/mg
0	9.55^{a}	2.11^{a}	0^{a}	0^{a}	17.30^{a}	49.61^{a}
3	8.65^{b}	1.88^{b}	8.95^{b}	11.17^{b}	15.70^{b}	31.80^{b}
6	6.93^{bc}	1.56^{c}	19.09^{c}	`9.4^{b}	10.02^{c}	23.73^{c}
9	6.28^{cd}	1.23^{c}	19.79^{cd}	33.32^{c}	9.30^{c}	14.30^{d}
12	5.80^{d}	1.07^{d}	24.20^{de}	51.10^{d}	9.01^{c}	8.12^{d}
15	3.76^{f}	0.44^{e}	25.13^{e}	79.86^{e}	6.03^{c}	5.07^{e}

Table 4. Continued **جدول ۴. ادامه**

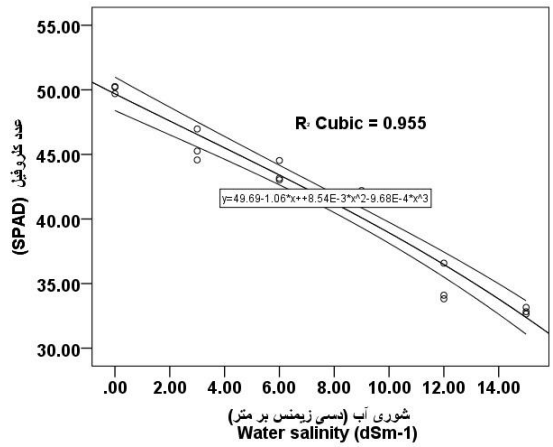
سطوح شوری Salinity	کلروفیل کل Total Chl	سبزینگی Spad	محتوی رطوبت نسبی برگ RWC[1]	نشت یونی Ele.LE[2]	وزن خشک خاکستر Ash content
dS m^{-1}	mg/g		%	%	Gr
0	11.87^{a}	48.20^{a}	65.80^{a}	12.24^{a}	0.56^{a}
3	9.36^{bc}	44.58^{bc}	79.53^{b}	17.32^{b}	0.72^{b}
6	7.72^{c}	41.74^{bc}	84.58^{b}	$23.0b^{c}$	0.81^{bc}
9	7.58^{c}	39.77^{bc}	87.65^{c}	27.50^{c}	0.91^{cd}
12	6.90^{c}	3.39^{d}	88.30^{cd}	31.00^{d}	1.92^{de}
15	6.93^{c}	37.03^{e}	88.40^{d}	34.30^{d}	1.03^{e}

حروف مشترک بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشد.

Common letters indicate no significant difference at the 5% level.

1-Relative leaf water content; 2- Electrolyte leakage

همبستگی غیرخطی و منفی بین میزان عدد اسپد و افزایش شوری به‌گونه‌ای است که طبق رابطه برازش داده‌شده غیرخطی بالغبر ۹۵ درصد تغییرات و کاهش عدد اسپد ناشی از افزایش شوری است.



شکل ۱. تغییرات عدد SPAD در شرایط شوری متفاوت در گیاه کنگرفرنگی

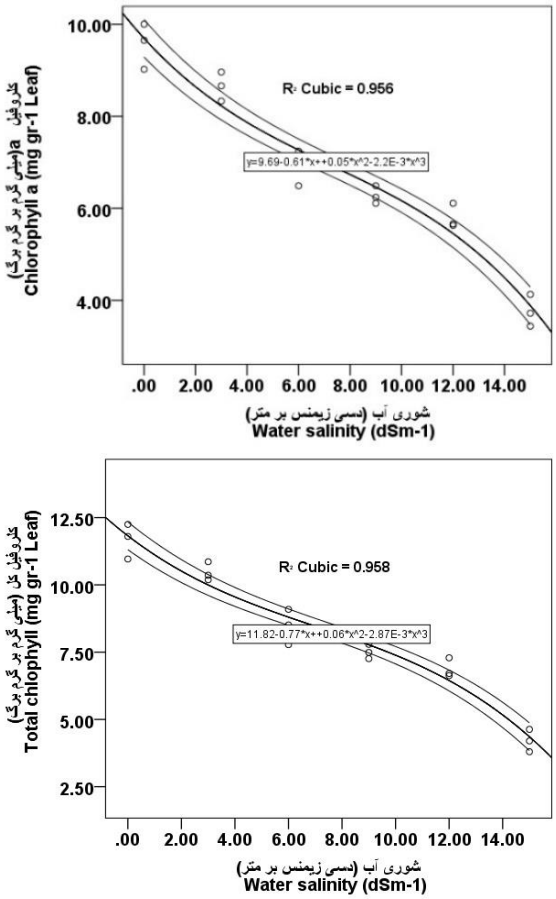
Fig. 1. Changes in SPAD number under different salinity conditions in artichoke plant

اثر تنش شوری بر میزان کلروفیل a ,b و کل

نتایج نشان داد تنش شوری موجب کاهش مقدار کلروفیل a نسبت به گیاه شاهد در سطح احتمال پنج درصد می‌شود به‌طوری‌که بیشترین میزان کلروفیل a در تیمار شاهد با میانگین ۹/۵ میلی‌گرم در گرم و کمترین مقدار آن ۳/۸ میلی‌گرم در گرم در شوری ۱۵ دسی زیمنس بر متر ثبت شد (شکل ۲) و این کاهش در مقایسه با شاهد معادل ۶۰ درصد است. با افزایش شوری آب آبیاری میزان کلروفیل b در برگ گیاه کنگرفرنگی به‌طور معنی‌داری کاهش‌یافته به‌طوری‌که بیشترین میانگین ۲/۱۱ میلی‌گرم در گرم در تیمار شاهد و کمترین میانگین معادل ۰/۴۴ میلی‌گرم در گرم در شوری آب آبیاری ۱۵ دسی زیمنس بر متر ثبت شد. در میزان کلروفیل b در شوری ۹ و ۱۲ دسی زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. درصورتی‌که میزان کلروفیل b در شوری ۱۵ دسی زیمنس بر متر نسبت به شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر ۳۰ درصد افزایش یافته است. کلروفیل b در برگ در تیمار آب شور ۱۵ دسی زیمنس بر متر ۷۹ درصد نسبت به

تیمار شاهد کاهش یافت (شکل ۲)، لذا تأثیر منفی شوری بر کاهش کلروفیل b بیش از کلروفیل a بوده است.

نتایج نشان داد تنش شوری باعث کاهش میزان کلروفیل کل برگ گیاه کنگرفرنگی در مقایسه با گیاه شاهد می‌شود (شکل ۲) بیشترین میانگین ۱۱/۷ میلی‌گرم در گرم در تیمار شاهد و کمترین میانگین معادل ۴/۲ میلی‌گرم در گرم در شوری آب آبیاری ۱۵ دسی زیمنس بر متر مشاهده شد.



شکل ۲. تغییرات کلروفیل a، b و کل به ترتیب از چپ به راست تحت تیمارهای شوری مختلف در گیاه کنگرفرنگی

Fig. 2. Changes of chlorophyll a, b and total from left to right under different salinity treatments in artichoke plant

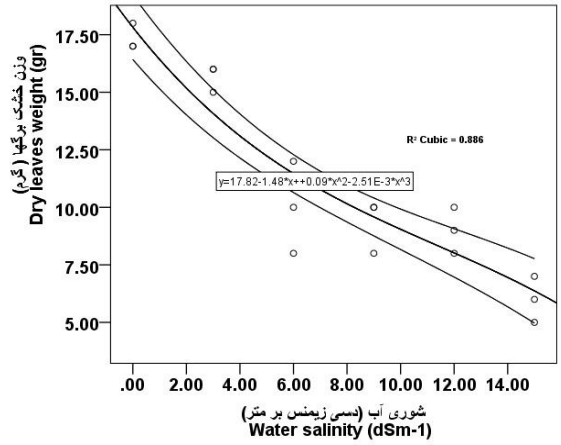
کاهش میزان کلروفیل کل در شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر معادل ۴۰ درصد و در شوری ۱۵ دسی زیمنس بر متر در مقایسه با تیمار شاهد بالغ بر ۵۰ درصد کاهش یافته است (شکل ۲).

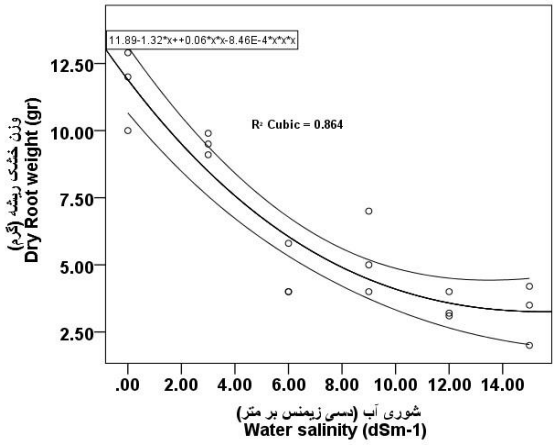
اثر تنش شوری بر وزن خشک اندام هوایی و زمینی

نتایج نشان داد با افزایش شوری آب آبیاری وزن خشک برگ روند کاهشی دارد (شکل ۳). بیشترین عملکرد برگ خشک معادل ۱۷/۳ گرم به ازای هر گلدان بود که از تیمار شاهد حاصل شد. با افزایش شوری آب آبیاری به ۶ دسی زیمنس بر متر میزان عملکرد برگ خشک به حدود ۱۰ گرم در هر گلدان کاهش یافت.

اثر تنش شوری بر سطح ویژه برگ

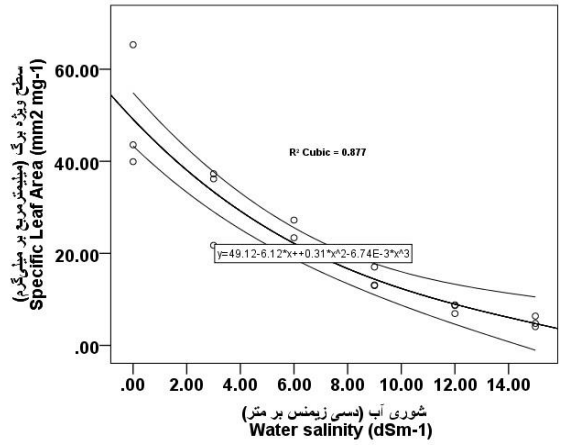
داده‌ها به دلیل عدم توزیع نرمال با استفاده از توان ۰/۱ دارای توزیع نرمال شدند. شکل (۴) نشان می‌دهد با افزایش غلظت شوری در آب آبیاری سطح ویژه برگ گیاه به‌طور معنی‌داری کاهش‌یافته به‌طوری‌که بیشترین میانگین ۴۹/۶ میلی‌متر مربع بر میلی‌گرم در تیمار شاهد و کمترین میانگین معادل ۵/۱ میلی‌متر مربع بر میلی‌گرم در شوری آب آبیاری ۱۵ دسی زیمنس بر متر است. با افزایش تنش شوری به میزان ۱۲ دسی زیمنس بر متر بالغبر ۸۰ درصد کاهش نشان داد (شکل ۴ و جدول ۴).





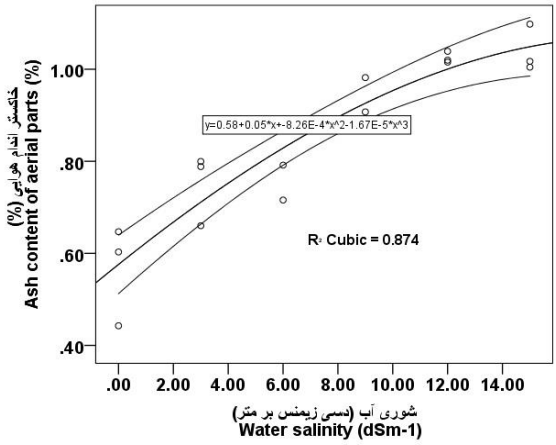
شکل ۳. تغییرات وزن خشک اندام زمینی و هوایی گیاه کنگرفرنگی تحت تیمارهای شوری مختلف

Fig. 3. Dry weight changes of ground and aerial parts of Artichoke under different salinity treatments



شکل ۴. تغییرات سطح ویژه برگ تحت تیمارهای شوری مختلف در گیاه کنگر فرنگی

Fig. 4. Changes in specific leaf area under different salinity treatments in Artichoke



شکل ۵. تغییرات میزان خاکستر اندام هوایی گیاه کنگرفرنگی تحت تیمارهای شوری مختلف

Fig. 5. Changes in the amount of ash in Artichoke shoots under different salinity treatments

اثر تنش شوری بر درصد خاکستر برگ

نتایج نشان داد با افزایش شوری آب آبیاری میزان خاکستر برگ به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد و روند افزایشی میزان خاکستر تا شوری آب آبیاری ۱۲ دسی زیمنس بر متر ادامه و سپس ثابت می‌شود (شکل ۵). میزان خاکستر برگ در تیمار شاهد معادل ۲۸ درصد (معادل ۰/۵۶ گرم) بود که کمترین درصد خاکستر در شرایط این تحقیق است. درصد خاکستر برگ در تیمارهای آب آبیاری ۱۲ و ۱۵ دسی زیمنس بر متر به ترتیب معادل ۵۰/۵ و ۵۱ درصد بود و ازنظر آماری اختلاف معنی‌داری بین این دو تیمار وجود نداشت (جدول ۴).

اثر تنش شوری بر میزان ریزش و خشکی برگ

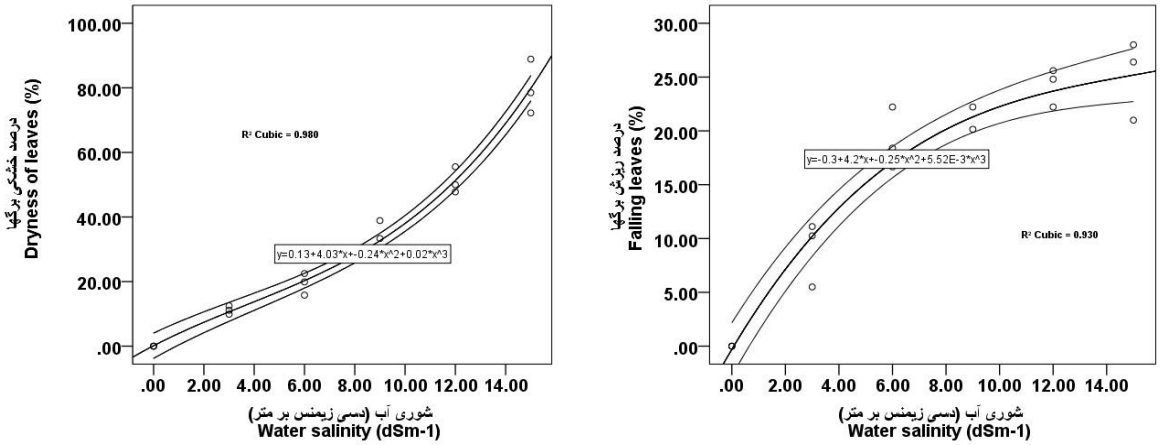
نتایج نشان داد با افزایش شوری آب آبیاری میزان ریزش برگ افزایش‌یافته و روند افزایشی میزان ریزش تا شوری آب آبیاری ۱۵ دسی زیمنس بر متر افزایش معنی‌داری دارد (شکل ۶).

در تیمار شاهد عدم میزان ریزش برگ مشاهده شد. درصد ریزش برگ در تیمارهای آب آبیاری ۱۲ و ۱۵ دسی زیمنس بر متر به ترتیب معادل ۲۴/۲۰ و ۲۵/۱۳ درصد بود و ازنظر آماری اختلاف معنی‌داری بین این دو تیمار وجود نداشت. شکل (۶) نشان می‌دهد با افزایش شوری آب آبیاری میزان خشکی برگ افزایش یافت. روند افزایشی میزان خشکی تا شوری آب آبیاری ۱۵ دسی زیمنس بر متر افزایش معنی‌داری

داشت. در تیمار شاهد عدم میزان خشکی برگ مشاهده شد. درصد خشکی برگ در تیمارهای آب آبیاری ۱۲ و ۱۵ دسی زیمنس بر متر به ترتیب معادل ۵۱/۱ و ۷۹/۸ درصد بود.

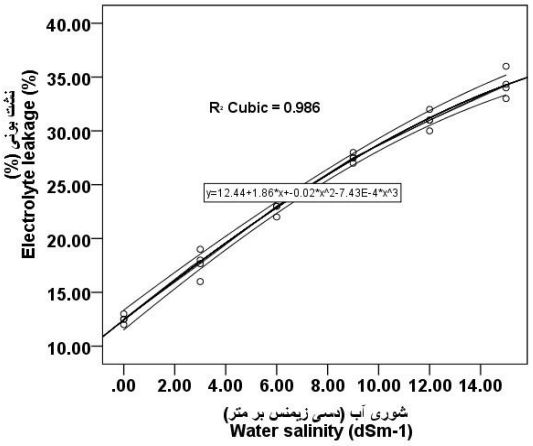
اثر شوری بر میزان نشت یونی

نتایج نشان داد با افزایش شوری آب آبیاری میزان نشت یونی برگ به‌طور معنی‌داری افزایش‌یافته و این روند تا میزان شوری آب آبیاری ۱۵ دسی زیمنس بر متر ادامه دارد (شکل ۷). کمترین میزان نشت یونی در تیمار شاهد و معادل ۱۲/۲۴ درصد بود درحالی‌که میزان نشت یونی در تیمارهای آب آبیاری ۱۲ و ۱۵ دسی زیمنس بر متر به ترتیب معادل ۳۱ و ۳۴/۳ درصد بود و ازنظر آماری اختلاف معنی‌داری بین این دو تیمار با شاهد وجود دارد.



شکل ۶. میزان ریزش و خشکی برگ گیاه کنگرفرنگی تحت تیمارهای شوری مختلف

Figure 6. The amount of leaf fall and dryness of Artichoke under different salinity treatments

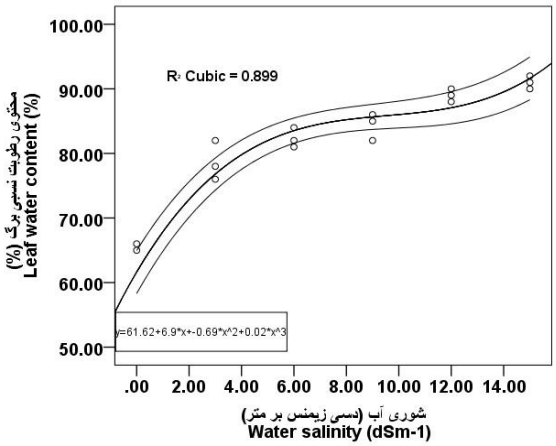


شکل ۷. میزان نشت یونی گیاه کنگرفرنگی تحت تیمارهای شوری مختلف

Fig. 7. Ion leakage rate of Artichoke plant under different salinity treatments

اثر شوری بر میزان محتوای نسبی آب برگ

نتایج نشان داد با افزایش شوری آب میزان محتوای نسبی آب برگ به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (شکل ۸). کمترین میزان محتوای نسبی آب برگ در تیمار شاهد معادل ۶۵/۸ درصد. درحالی‌که در تیمارهای آب آبیاری ۱۲ و ۱۵ دسی زیمنس بر متر قریب به ۸۸ درصد بود و ازنظر آماری اختلاف معنی‌داری با شاهد نشان داد.



شکل ۸. تغییرات محتوی آب نسبی برگ گیاه کنگرفرنگی تحت تیمارهای شوری مختلف

Fig. 8. Changes in relative water content of Artichoke leaves under different salinity treatments

نتیجه‌گیری و بحث

در تحقیق حاضر صفات فیزیولوژیکی و رویشی گیاه کنگرفرنگی تحت تأثیر تنش شوری آب موردمطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد با افزایش سطح تنش شوری، اثر منفی شوری بر صفات فیزیولوژیکی و رویشی کنگرفرنگی معنی‌دار است. تنش آب شور باعث کاهش معنی‌دار صفات رویشی و فیزیولوژیکی نظیر کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، وزن خشک گیاه، سطح ویژه برگ در گیاه کنگرفرنگی شد. همچنین اثرات منفی تنش شوری در خشکی برگ و ریزش برگ بیشتر مشهود بود. در این آزمایش افزایش شوری باعث افزایش معنی‌دار نشت یونی شد. مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد با افزایش شوری در گیاه کنگرفرنگی بخصوص به میزان ۱۲ دسی زیمنس بر متر، مقدار نشت یونی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. این نتایج با نتایج نیلیکوا و همکاران (Hnilikova et al., 2019)، در بررسی اثر شوری بر افزایش نشت یونی در چند گونه گیاهی انتخاب شده مطابقت دارد. تنش شوری سبب تشکیل گونه‌های فعال اکسیژن در گیاه و واکنش‌های اکسیداتیو تخریب لیپیدهای غشا و ازهم‌گسیختگی آن‌ها می‌شود (Kafi et al., 2018) و این عامل می‌تواند باعث افزایش نشت یونی شود. کلسیم باعث استحکام دیواره سلولی می‌شود و به دلیل تنش شوری، جذب این عنصر دچار اختلال می‌شود و لذا باعث تخریب و افزایش نفوذپذیری دیواره سلولی و درنتیجه افزایش نشت یونی می‌شود.

بنابراین علاوه بر کاهش تقسیم سلولی، سلول‌ها نیز مستعد تخریب در اثر تجمع یون‌های ویژه مثل سدیم و کلر می‌شوند. تخریب سلولی رابطه مثبت و معنی‌داری با سدیم و همبستگی منفی با کلسیم دارد (Ran et al., 2022). بیشترین میانگین کلروفیل برگ به روش اسپد در گیاه کنگرفرنگی مربوط به تیمار شاهد معادل (۴۸/۲) و کمترین آن مربوط به تیمار آب شور با شوری ۱۵ دسی زیمنس بر متر معادل (۳۷/۰۳) بود. کاهش اعداد کلروفیل متر مربوط به برگ با کاهش کلروفیل کل نیز مطابقت دارد؛ اما کاهش سطح برگ نیز می‌تواند در این تغییرات مؤثر باشد. با افزایش سطح برگ ممکن است تراکم سلولی کاهش یافته که خود عاملی بر کاهش تراکم واحدهای کلروفیلی بوده و درنتیجه درصد سبزینگی را کاهش می‌دهد. این نتایج با نتایج (Sohail et al., 2009) مبنی بر کاهش میزان کلروفیل با افزایش شوری مطابقت دارد. مطالعات مختلفی آثار زردی برگ و ایجاد خشکی در برگ گونه‌های گیاهی را ناشی از تنش شوری گزارش نموده‌اند (Choudhury et al., 2017; Cao et al., 2018) که منطبق با نتایج این تحقیق است به‌گونه‌ای که درصد خشکی برگ و کاهش کلروفیل و زردی برگ گیاه کنگرفرنگی با افزایش میزان شوری به میزان معنی‌داری افزایش نشان داد. کمبود آب و کیفیت آب از عوامل مهم و محدودکننده در میزان تولید و کیفیت میوه گیاه کنگر فرنگی گزارش شده است (Lopez et al., 2007) و لذا لازم است مطالعات بیشتری در خصوص تأثیر میزان شوری بر عملکرد محصول و کیفیت محصول تولیدی علاوه بر مراحل رشد رویشی انجام شود. در مطالعه حاضر تأثیر شوری در شرایط گلدانی در مراحل رویشی موردمطالعه قرار گرفته است و لذا در مطالعات بعدی می‌توان تأثیر شوری در مراحل زایشی و کیفیت و کمیت محصول تولیدی و میوه موردتوجه باشد. با توجه به نتایج این تحقیق و بررسی منابع به نظر می‌رسد بتوان در مراحل اولیه و رشد رویشی و به‌منظور بهره‌برداری از اندام‌های رویشی این گیاه جهت مصارف دارویی که اهمیت زیادی نیز دارند(Salata et al., 2015)، آبیاری با میزان شوری معادل ۹ دسی زیمنس بر متر در شرایط منطقه مطالعاتی انجام داد. البته جهت تعمیم نتایج شرایط محیطی و اقلیمی به‌عنوان عوامل مهم و اثرگذار در مناطق مختلف لازم هست موردتوجه باشد. از طرفی کشت گونه کنگرفرنگی با استفاده از روش قلمه از یقه گیاه و تحت تیمار خاص باعث تسریع گل و میوه دهی می‌شود (Lopez et al., 2007) که ممکن است کشت به این روش در مقایسه با روش کشت مستقیم و بذری در این تحقیق، باعث تفاوت در میزان مقاومت به شوری گیاه شود که نیاز به بررسی بیشتر در این زمینه است تا تأثیر روش کشت در عملکرد و مقاومت به گونه گیاهی نسبت به شوری مشخص شود. همچنین این محققین گزارش نمودند استفاده از اسید جیبرلیک یک روش شناخته‌شده و مرسوم در کشت کنگرفرنگی در منطقه مورسیا اسپانیا است که به‌منظور تحریک و تسریع گلدهی انجام می‌شود و در رابطه با زمان و میزان و غلظت مصرفی ملاحظات لازم باید موردتوجه باشد تا عملکرد کیفی محصول مناسب باشد. مطالعه‌ای به‌منظور بررسی تأثیر شوری و قلیائیت معادل ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی مولار را بر میزان عملکرد کنگرفرنگی انجام و نتایج نشان داد میزان وزن برگ و ساقه تر به‌طور معنی‌داری در همه تیمارها بیش از وزن تر ریشه است و وزن هر دو این پارامترها با افزایش شوری به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد

(Dawood et al., 2021) که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد به‌طوری‌که تأثیر شوری بر کاهش وزن خشک و به‌ویژه وزن تر ریشه بیشتر از وزن خشک و به‌ویژه تر بخش هوایی است. بنابراین به نظر می‌رسد با افزایش میزان شوری جذب آب در ریشه با محدودیت بیشتری مواجه شده و لذا وزن تر ریشه تحت تأثیر تنش شوری قرار می‌گیرد. لذا از بعد تولید و عملکرد رویشی به نظر می‌رسد این گونه گیاهی در اثر افزایش شوری ازنظر عملکرد بخش هوایی کمتر از اندام زمینی تحت تأثیر قرار می‌گیرد و این نکته مثبتی در رابطه با رشد و عملکرد رویشی گونه گیاهی در شرایط شور می‌تواند باشد. با توجه به نظر (Shannon et al., 1994) برگ گیاهی که در خاک شور رشد می‌کنند اغلب ضخیم‌تر و شاداب‌تر از گیاهان رشد کرده در خاک غیر شور هستند. افزایش ضخامت برگ در پاسخ به شوری می‌تواند مربوط به عواملی نظیر جذب آب بیشتر و نیز افزایش تعداد لایه‌های سلولی مزوفیل یا اندازه سلول شود. در گیاهان پنبه که در معرض شوری قرار داشتند، برگ‌ها ضخیم‌تر بوده زیرا تعداد لایه‌های سلولی افزایش‌یافته و سلول‌های مزوفیل نیز بزرگ‌تر بودند (Shannon et al., 1994). با توجه به نظرات فوق میزان سبزینگی و ضخامت برگ گیاهان تحت تنش می‌تواند شاخصی برای مقایسه بین ارقام جهت تحمل شوری باشد (Kozlowski, 1997). مقایسه میانگین‌های میزان کلروفیل در کنگرفرنگی نشان می‌دهد که با افزایش شوری بیش از ۴ دسی زیمنس میزان کلروفیل کل کاهش معنی‌داری نشان می‌دهد. به نظر می‌رسد یکی از مهم‌ترین واکنش‌های سلولی که تحت تأثیر شوری قرار می‌گیرد، فرآیندهای فتوسنتزی است. اختلال در این فرآیندها به‌طور مستقیم باعث کاهش تثبیت کربن و تولید بیوماس گیاهان می‌شود (Flowers, 1999). اندازه‌گیری محتوای کلروفیل یکی از شاخص‌های مقاومت به شوری در گیاهان زراعی است (Sairam, 2002). خاوری‌نژاد و مستوفی(Khavari-nejad and Mostofi, 1998) بررسی اثر شوری بر گیاه گوجه‌فرنگی مبنی بر کاهش مقدار کلروفیل کل، کلروفیل a و بتاکاروتن را گزارش نموده‌اند که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. کاهش محتوای کلروفیل تحت تنش شوری ممکن است نتیجه تشکیل آنزیم‌های پروتئولیتیک نظیر کلروفیلاز باشد که باعث تجزیه کلروفیل می‌گردد و به سیستم فتوسنتزی آسیب می‌رساند (Tuna, 2008). نتایج این مطالعه حاکی از اختلاف معنی‌دار محتوای نسبی آب برگ با احتمال ۹۵ درصد بین سطوح مختلف شوری است. مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد با افزایش شوری در گیاه کنگرفرنگی بخصوص به میزان ۱۲ دسی زیمنس بر متر، مقدار محتوای نسبی آب برگ به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد که با نتایج (Salwa et al., 2010; Junedi et al., 2023) مطابقت دارد. محتوای نسبی آب برگ شاخص مناسبی از وضعیت آبی گیاه است. برگ‌هایی که در شرایط شوری، محتوای نسبی آب برگ بیشتری دارند، مقاومت بیشتری در مقابل ائتلاف آب سلولی خواهند داشت. توانایی حفظ محتوای نسبی آب برگ بالاتر در هر پتانسیل آبی، بیانگر استحکام دیواره سلول‌ها و تحمل آن‌ها در برابر فروپاشی متأثر از تلفات تنش است (Khan et al., 1994). با توجه به نتایج به نظر می‌رسد مکانیسم مقاومت گیاه کنگرفرنگی به شوری از طریق تنظیم فشار اسمزی و قدرت جذب آب درون‌سلولی در شوری بالا است. کاهش معنی‌دار وزن خشک برگ در سطوح مختلف شوری به‌ویژه در شوری بیش از ۱۲ دسی زیمنس بر متر در گیاه کنگرفرنگی نسبت به شاهد مشاهده شد. اثر تنش شوری بر رشد و عملکرد گیاهان مختلف توسط محققین مختلفی موردمطالعه قرار گرفته (Maas et al., 1990; Cao et al., 2018) و در اکثر مطالعات تأثیر تنش شوری شدید در کاهش معنی‌دار عملکرد گزارش شده است. نتایج تحقیقات مزرعه‌ای کریمی (Karimi, 2019) نشان داد با افزایش شوری آب آبیاری از دو به دوازده دسی زیمنس بر متر میزان عملکرد دانه گندم رقم بم تغییر معنی‌داری نداشت. بنابراین می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود تحمل به شوری گیاه کنگرفرنگی در شرایط این پژوهش کمتر از گیاه گندم رقم بم در شرایط مزرعه‌ای است. شوری حد آستانه یکی از شاخص‌هایی است که برای ارزیابی اقتصادی تحمل به شوری گیاهان استفاده می‌شود و آن عبارت است از میزانی از شوری آب آبیاری که باعث کاهش ۵۰ درصدی عملکرد گیاه شود (Ayers and Westcott, 1985)، لذا چنین نتیجه‌گیری می‌شود که حد آستانه تحمل به شوری گیاه کنگرفرنگی در مراحل رشد رویشی و در شرایط این تحقیق آب آبیاری با شوری معادل ۹ دسی زیمنس بر متر است. نتایج این پژوهش با نتایج به‌دست‌آمده توسط کشاورز (Keshavarz., 2014) و قاسمی (Ghasemi., 2018) مبنی بر این‌که با افزایش تنش شوری، وزن خشک اندام هوایی کاهش می‌یابد، مطابقت دارد. با افزایش میزان تنش، وزن خشک اندام هوایی کاهش یافت به‌طوری‌که گیاه برای مقابله با شوری، میزان جذب توسط ریشه و رشد اندام‌های هوایی

خود را کاهش می‌دهد (Bohnert and Jensen., 1996, Haider et al., 2023). سطح ویژه برگ با افزایش شوری آب آبیاری، کاهش یافت که با نتایج علیزاده و همکاران (Alizadeh et al., 2009)، مبنی بر تأثیر شوری بر خصوصیات رویشی و فیزیولوژیکی دو رقم گوجه‌فرنگی مطابقت دارد. سطح ویژه برگ شاخصی از ضخامت برگ است و چون سطح برگ را نسبت به وزن خشک آن‌ها در نظر می‌گیرند، لذا معیاری از وزن مخصوص یا ضخامت نسبی برگ است. افزایش سطح شوری باعث کاهش معنی‌دار توده زنده گیاهی در ریشه، برگ و شاخه می‌شود. در شرایط شور تجزیه پروتئین‌ها افزایش‌یافته و درنتیجه گیاه وزن خود را از دست می‌دهد. نتایج حاکی از اختلاف معنی‌دار درصد ریزش با احتمال ۹۵ درصد بین سطوح شوری اعمال‌شده است. نتایج نشان داد با افزایش شوری در گونه کنگرفرنگی از ۳ به ۱۲ دسی زیمنس بر متر باعث ریزش تقریباً ۵۰ درصد برگ‌ها شده است که می‌تواند بیانگر کاهش معنی‌دار عملکرد رویشی گونه در این شوری باشد. مطالعات مختلفی نیز نشان می‌دهد که با افزایش میزان شوری آب آبیاری میزان ریزش برگ گیاهان افزایش می‌یابد (Rahmani et al., 2003). مطالعات نشان می‌دهند برگ در گیاهان تحت تنش شوری کوچک، ضخیم و برگ‌های مسن‌تر دچار پیری زودرس می‌شوند (Heydari, 2001). درصد خاکستر برگ در سطوح مختلف شوری تحت تأثیر معنی‌دار آب شور بود. در گیاه کنگرفرنگی بیشترین میانگین خاکستر مربوط به تیمار آب شور با شوری ۱۵ دسی زیمنس بر متر و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد بوده است به عبارتی با افزایش شوری، میزان خاکستر به‌طور معنی‌داری افزایش یافت که با نتایج تنش شوری در گیاهان سالیکورنیا (Bozorgmehr et al., 2023) مطابقت دارد. علت افزایش درصد خاکستر افزایش تجمع املاح محلول در اندام‌های گیاهی به دلیل افزایش شوری آب آبیاری ذکر شده است. تنش شوری در گیاهان بر جذب، انتقال و قابل‌دسترس بودن عناصر به دلیل اثر شدید یونی و رقابتی یون‌ها مؤثر است. (Grattan and Grieve, 1999 , Khan et al., 2000)

نتیجه‌گیری نهایی

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، پارامترهای رشد در مرحله رویشی گیاه کنگرفرنگی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر شوری آبیاری قرار گرفت. پارامترهای مورد ارزیابی شامل میزان کلروفیل کل، کلروفیل a و b ، سطح ویژه برگ، وزن خشک گیاه، خشکیدگی و ریزش برگ‌ها، محتوی آب برگی و میزان خاکستر و نشت یونی آن‌ها به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر افزایش شوری آب آبیاری قرار گرفت. با توجه به نتایج گیاه کنگرفرنگی با مقاومت شوری نسبتاً مناسب به شوری آب آبیاری در مرحله رشد رویشی و شرایط محیطی منطقه است و قادر است تا میزان آب شوری معادل ۹ دسی زیمنس بر متر را در مرحله رویشی تحمل نماید بدون اینکه کاهش عملکرد معنی‌داری را نشان دهد و از شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر کاهش معنی‌دار عملکرد مشاهده شد. لذا به نظر می‌رسد بتوان از آب آبیاری با میزان شوری ۹ دسی زیمنس بر متر به‌منظور تولید و برداشت اندام‌های رویشی گیاه کنگرفرنگی در شرایط مشابه منطقه مطالعاتی استفاده نمود.

منابع

Alizadeh, H.A., Liaqat, A.M., Nouri Mohammadieh, M., 2009. Evaluating water uptake reduction functions of tomato under salinity and water stress conditions. Journal of Water and Soil. 23, 88-97. [In Persian]. https://doi.org/10.22067/jsw.v0i0.2287

Ayers, R.S., Westcot, D.W., 1985. Water quality for agriculture, FAO Irrigation and Drainage Paper No. 29, Rev. 1, U.N. Food and Agriculture Organization, Rome. https://doi.org/10.1017/s0014479712001366

Bajji, M., Kinet, J. M., Lutts, S., 2002. The use of the electrolyte leakage method for assessing cell membrane stability as a water stress tolerance test in durum wheat. Plant growth Regulation, 36, 61-70. https://doi.org/10.1023/a:1014732714549

Bohnert, H.J., R.G. Jensen., 1996. Strategies for engineering water stress tolerance in plants. Trends in Biotechnology. 14, 89-97. https://doi.org/10.1016/0167-7799(96)80929-2

Bozormehr, A., Asgari, H.R., Farzam, M., Ranjbar, Gh., 2023. Investigating the effect of using salt water on the accumulation of elements in aerial tissues and the quality of fodder of several Salicornia species. Environmental Stresses in Crop Sciences, 17(2), 319-335. [In Persian]. https://doi.org/10.22077/escs.2023.5771.2175

Cao, D., Li, Y., Liu, B., Kong, F., Tran, L.S.P., 2018. Adaptive mechanisms of soybean grown on salt-affected soils. Land Degrad. Dev. 29, 1054–1064. https://doi.org/10.1002/ldr.2754

Choudhury, F.K., Rivero, R.M., Blumwald, E., Mittler, R., 2017. Reactive oxygen species, abiotic stress and stress combination. Plant J. 90, 856–867. https://doi.org/10.1111/tpj.13299

Dawood, M. F., Sohag, A. A. M., Tahjib-Ul-Arif, M. D., Latef, H. A., 2021. Hydrogen sulfide priming can enhance the tolerance of artichoke seedlings to individual and combined saline-alkaline and aniline stresses. Plant Physiology and Biochemistry, 159, 347-362. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.12.034

De Falco, B., Incerti, G., Amato, M., Lanzotti, V. 2015. Artichoke: Botanical, agronomical, phytochemical, and pharmacological overview. Phytochemistry Reviews, 14, 993-1018. https://doi.org/10.1007/s11101-015-9428-y

El-Abagy, H.M., Rashad, E., Abdel-Mawgoud, A., El-Greadly, N., 2010. Physiological and biochemical effects of some bioregulators on growth, productivity and quality of Artichoke (*Cynara Scolymus* L.) Plant. Journal of Agriculture and Biological Sciences, 6, 683-690. https://doi.org/10.3923/jbs.2018.243.250

Flowers, T.J., 1999. Salinisation and horticultural production. Scientia Horticulture, 78, 1-4.

Francois, L.E., Donovan, T.J., Maas, E.V., 1991. Calcium deficiency of Aartichoke buds in relation to salinity. Hort. Sci. 26, 549-553. https://doi.org/10.21273/hortsci.26.5.549

Francois, L.E., 1995. Salinity effects on bud yield and vegetative growth of Artichoke (*Cynara scolymus* L.). Horticultural Science 30, 69-71. https://doi.org/10.21273/hortsci.30.1.69

Ghasemi Firouzabadi, A. Jafari, M. Heydari Sharifabadi, H., Abbasi, H., 2018. Investigating the morphological-physiological changes of two rangeland species *Puccinellia distance* and *Aeluropus littoralis* to deal with drought and salinity, Iranian rangeland and Desert Research, 16, 1-10.

Graifenberg, A., Lipucci di Paola, M., Giustiniani, L., Temperini, O., 1993. Yield and growth of globe Artichoke under saline-sodic conditions. Hort science 28,791-793. https://doi.org/10.21273/hortsci.30.1.69

Grattan, S.R., Grieve, C.M., 1999. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. Sci. Hort. 78, 127-157. https://doi.org/10.1016/S0304-4238(98)00192-7

Heydari , H., 2001. Plant and salt. Publications of the Research Institute of Forests and rangelands of the country. Tehran. [In Persian].

Hniličková, H., HNILIČK, F., Orsák, M., Hejnák, V., 2019. Effect of salt stress on growth, electrolyte leakage, Na^+ and K^+ content in selected plant species. Plant, Soil & Environment, 65(2). https://doi.org/10.17221/620/2018-PSE

Haider, M.Z., Ashraf, M.A., Rasheed, R., Hussain, I., Riaz, M., Qureshi, F.F., Hafeez, A., 2023. Impact of salinity stress on medicinal plants. In Medicinal Plants: Their Response to Abiotic Stress (pp. 199-239). Singapore: Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-5611-9_8

Junedi, M.A., Mukhopadhyay, R., Manjari, K. S., 2023. Alleviating salinity stress in crop plants using new engineered nanoparticles (ENPs). Plant Stress. https://doi.org/10.1016/j.stress.2023.100184

Khan, M. A., Ungar, I. A., Showalter, A. M., 2000. The effect of salinity on the growth, water status, and ion content of a leaf succulent perennial halophyte, *Suaeda fruticosa* L. Forssk. Journal of Arid Environments, 45, 73-84. https://doi.org/10.1006/jare.1999.0617

Khan, M.G., Silberbush, M. Lips, S.H., 1994. Physiological study on salinity and nitrogen interaction in alfalfa. II- photosystem and transpiration. Journal of Plant Nutrition, 17, 669-684. https://doi.org/10.1080/01904169409364757

Khavari-nejad, R.A., Mostofi,Y., 1998. Effects of NaCl on photosynthetic pigments, saccharides, and chloroplast ultrastructure in leaves of tomato cultivars. Photosynthesis 35,151-154. https://doi.org/10.1023/a:1006846504261

Kozlowski, T.T., 1997. Responses of woody plants to flooding and salinity. Tree Physiology

Monograph.1,29. https://doi.org/10.1093/treephys/17.7.490

Kafi, M., Borzoi, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masoumi, A., Nabati, J., 2018. Physiology of environmental stresses in plants. Publications of University of Mashhad. pp. 81-132. [In Persian].

Keshavarz, P., Malkuti, M., 2014. Effect of zinc and salinity on growth, chemical composition and vascular tissue of wheat. Iranian Journal of Soil Researche. 9, 123-119. [In Persian]. https://doi.org/10.22092/ijsr.2005.127427

Karimi, M., 2019. Wheat (Bam variety) responses to interactive effects of irrigation water salinity and different rates of potassium sulphate fertilizer. Environmental Stresses in Crop Sciences 12, 239-249. https://doi.org/10.22077/escs.2018.1115.1267

Licandro, P., Ierna, A., 2006. Physiological response of globe Artichoke to irrigation with saline water under different environmental conditions. In: VI International Symposium on Artichoke, Cardoon and Their Wild Relatives. Acta Horticulturae 730, 181-186. https://doi.org/10.17660/actahortic.2007.730.22

Lichtenthaler, H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in Enzymology 148, 350-382. https://doi.org/10.1016/0076-6879(87)48036-1

Lopez, J., González, A., Vicente, F.E., Condés, L.F., Fernández, J.A., 2007. Artichoke production in the province of Murcia (SE Spain). In: VI International Symposium on Artichoke, Cardoon and their wild relatives. Acta Horticulturae 730, 223-227. https://doi.org/10.17660/actahortic.2007.730.28

Maas, E.V., 1990. Plant salt tolerance. In: K.K. Tanji (Eds.), Agricultural salinity assessment and Management. pp. 262-303. ASCE. Manuals and Reports on Engineering Practice No.71. The American Society of Civil Engineers, New York. https://doi.org/10.1061/9780784411698.ch13

Mauromicale, G. Licandro, P., 2002. Salinity and temperature effects on germination, emergence and seedling growth of globe Artichoke. Agronomie. 22, 443-450. https://doi.org/10.1051/agro:2002011

Munns, R., 2005. Genes and salt tolerance: bringing them together. New Phytologist. 167, 645-655. https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2005.01487.x

Newill, C.A., Anderson, L.A., Phillipson, J.D., 1996. Herbal Medicines., A Guide for Health-care Professionals. London: The Pharmaceutical Press, 36-7. https://doi.org/10.1021/np020740g

Piri, M, Khavaninzadeh, A.R. Sodaizadeh, H., 2020. Investigating the effect of salicylic acid on the germination of three species of L. Artichoke, Fennel and Black seed under salt stress. Rangeland and Watershed. 72, 911-925. [In Persian]. https://sid.ir/paper/369765/fa

Qiu, J., Shen, Z., Xie, H., 2023. Drought impacts on hydrology and water quality under climate change. Science of the total environment, 858, 159-168. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159854

Rahmani, A., Daneshvar, H.A., Sardabi, H., 2003. Effect of salinity on growth of two wild almond species and two genotypes of the cultivated almond species (*P. dulcis*). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 11, 202-208. [In Persian]. https://doi.org/10.22092/ijfpr.2003.109298

Ran, X., Wang, X., Huang, X., Ma, C., Liang, H., Liu, B. 2022. Study on the relationship of ions (Na, K, Ca) absorption and distribution to photosynthetic response of *Salix matsudana* Koidz under salt stress. Frontiers in Plant Science, 13, 86011, 1-13. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.860111

RezaZadeh, A. Ghasemnejad, A. Hemti, Kh., 2009. Antioxidant activity and total phenol of two Artichoke cultivars under the influence of salinity in pot to field conditions. National Conference of Medicinal Plants, Ministry of Science, Research and Technology; Rice and Citrus Research Institute, Sari University of Agriculture and Natural Resources. [In Persian]. https://sid.ir/paper/819783/fa

Sairam,R.K., Rao, K.V., Srivastava, G.C., 2002. Changes in antioxidant activity in sub-cellular response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. Plant science, 163, 1037-1046. https://doi.org/10.1016/s0168-9452(02)00037-7

Salata, A., Buczkowska, H., Vicente Lopez Galarza, S., Moreno Roman, H., 2015. The polyphenolic compounds content of a cardoon

herb depending on length of the vegetation period. Acta Scientiarum Polonorum Horticulture, 14, 155-167. https://doi.org/10.24326/asphc.2017.6.4

Salwa, A.R.H., Shaban, K.A., Tantawy, M.F., 2010. Studies on salinity tolerance of two peanut cultivars in relation to growth, leaf water content. some chemical aspects and yield. Journal of Applied Sciences Research. 1517-1526. https://doi.org/10.15192/pscp.sa.2015.1.9.6069

Shannon, M.C., Grieve, C.M., Francois, L.E., 1994. Whole-plant response to salinity. In: Wilkinson, R.E. (Ed.0 Plant-Environment Interactions. Marcel Dekker, New York. 199-244. https://doi.org/10.2135/cropsci2001.4151635x

Sohail, M., Saied, A. S.,Gebauer, J. Buerkert, A., 2009..Effect of NaCl salinity on growth and mineral composition of *Ziziphus spina-christi* L. Will. Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics. 110 (2), 107–114. https://doi.org/10.15258/sst.2008.36.1.22

Tuna, A.L., Kaya, C., Dikilitas, M., Higgs, D., 2008. The combined effects of gibberellic acid and salinity on some antioxidant enzyme activities, plant growth parameters and nutritional status in maize plants. Environmental and Experimental Botany. 62, 1-9. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2007.06.007