

Evaluation of salinity tolerance of some native ajwain (*Trachyspermum copticum* L.) populations of Iran

Atiyeh Daryabeigi¹, Faezehossadat Abtahi [✉], Hossein Salehi Arjmand³

1. M.Sc. in Horticulture (Medicinal Plants), Department of Medicinal Plants, Faculty of Agriculture and Environment, Arak University, Arak, Iran.
2. Department of Medicinal Plants, Faculty of Agriculture and Environment, Arak University, Arak, Iran.
3. Department of Medicinal Plants, Faculty of Agriculture and Environment, Arak University, Arak, Iran.

Citation: Daryabeigi, A., Abtahi, F.S., & Salehi Arjmand, H. (2023). Evaluation of salinity tolerance of some native ajwain (*Trachyspermum copticum* L.) populations of Iran. *Plant Productions*, 46(2), 251-262.

Abstract

Introduction

Today, one of the most important environmental stresses that become a great threat to agricultural activities around the world is soil salinity. The salinity issue is more in arid and semi-arid climate finding hardy plants should be a priority. Therefore, the purpose of this study was to investigate the effect of salinity stress on morphophysiological and biochemical traits of some accessions of ajwain (*Trachyspermum copticum* L.).

Materials and Methods

In this study, the effects of salinity stress on two levels (control and 100 mM NaCl) as the first factor and 10 accessions of ajwain (Shiraz, Isfahan, Hamedan, Zahedan, Tabriz, Mashhad 1, Mashhad 2, Yazd, Ahvaz, Arak) as the second factor as factorial and the basis of a completely randomized design (CRD) with three replications (n =3) were evaluated in the research greenhouse of Department of Medicinal Plants of Arak University in pot conditions in 2019. In each experimental unit, a few seeds were sown, after emergence; additional seedlings were thinned to prevent competition, so that in each pot, finally, four strongest and uniform seedlings were kept. Until the seedlings reached 8-10 leaves, salinity treatment was done by irrigation with 500 ml of 100 mM NaCl solution. Plants were sampled and harvested to study the morphophysiological and biochemical traits of *T.copticum* L. in the flowering stage. The obtained data were statistically tested by analysis of variance (GLM) using SAS software Version 9.1 (SAS Institute, Cary, NC, USA, 1990). Duncan's new multi range test was applied for means comparison and significant differences

* **Corresponding Author:** Faezehossadat Abtahi
E-mail: f-abtahi@araku.ac.ir

among employed treatments at $P < 0.05$ and 0.01 using SPSS software Version 16 (SPSS Inc, Chicago, USA). The parameters, including minimum, maximum, mean and standard deviation (SD) were calculated. In order to identify some of the main factors to reduce the number of effective traits in differentiating populations, principal component analysis (PCA) was used. In order to have a simple structure and better interpretation of the results of the analysis, the data was rotated by Varimax procedure. Also, the two-dimensional plot was generated using the first and second principal components (PC1 and PC2) with PAST software.

Results and Discussion

The results showed that salinity caused a significant decrease in plant height, fresh weight of aerial parts, dry weight of aerial parts and relative water content, while salinity caused a significant increase in leakage of electrolytes, phenols, flavonoids and antioxidant activity. Salinity stress had no effect on the content of photosynthetic pigments including chlorophyll a, b, total, and carotenoids. The highest height and fresh weight were related to the populations of Hamedan and Mashhad 1, respectively. Also, the lowest mean value of height and fresh weight was related to Arak population. No significant difference was observed among the investigated populations in any of the physiological traits, and only significant difference was observed in the antioxidant capacity, the highest of which was related to the population of Arak and the lowest was related to the population of Mashhad 1. The interaction between population and salinity was not significant in any of the traits. Based on the results of principal component analysis (PCA), the highest value of standard deviation was related to the flavonoid and the lowest value of the standard deviation was related to the trait of total dry weight of aerial parts.

Conclusion

Salinity negatively affects the growth and physiological responses of the plants. The results also showed that ajwain is classified as a relatively salt tolerant species, although there are significant differences between its accessions.

Keywords: Accession, Medicinal plants, Morphophysiological traits

ارزیابی تحمل به شوری برخی جمعیت‌های گیاه زنیان (*Trachyspermum copticum* L.) بومی ایران

عطیه دریابیگی^۱، فائزه السادات ابطحی^{۱*}، حسین صالحی ارجمند^۲

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و مهندسی باغبانی (گرایش گیاهان دارویی)، گروه گیاهان دارویی و معطر، دانشکده کشاورزی و محیط زیست، دانشگاه اراک، اراک، ایران.
۲. استادیار، گروه گیاهان دارویی و معطر، دانشکده کشاورزی و محیط زیست، دانشگاه اراک، اراک، ایران.
۳. استادیار، گروه گیاهان دارویی و معطر، دانشکده کشاورزی و محیط زیست، دانشگاه اراک، اراک، ایران.

چکیده

تنش شوری جز مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که رشد و نمو گیاهان را در مناطق خشک و نیمه خشک مانند ایران محدود می‌کند. بررسی تغییرات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی در شرایط تنش شوری منجر به شناسایی مکانیسم‌های موثر در تحمل به شوری می‌شود. به همین منظور ارزیابی اثر تنش شوری بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی برخی جمعیت‌های زنیان، آزمایشی گلخانه‌ای به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه اراک در سال ۱۳۹۸ اجرا شد. دو سطح شوری شامل صفر (شاهد) و ۱۰۰ میلی مولار کلرید سدیم به عنوان فاکتور اول و ۱۰ جمعیت زنیان شامل شیراز، اصفهان، همدان، زاهدان، تبریز، مشهد یک، مشهد دو، یزد، اهواز، اراک به عنوان فاکتور دوم در نظر گرفته شد. شوری موجب کاهش معنی‌دار ارتفاع گیاه، وزن تر و وزن خشک اندام‌های هوایی و محتوای نسبی آب گردید، در حالی که موجب افزایش معنی‌دار نشت یونی، ترکیبات فنلی، فلاونوئید و فعالیت آنتی‌اکسیدانی شد ولی بر رنگیزه‌های فتوسنتزی بی‌تأثیر بود. بیشترین ارتفاع ساقه و وزن تر اندام هوایی به ترتیب مربوط به جمعیت‌های همدان و مشهد ۱ بود. همچنین کمترین مقدار میانگین ارتفاع ساقه و وزن تر اندام هوایی مربوط به جمعیت اراک بود. در بین جمعیت‌های مورد بررسی از نظر صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی بجز ظرفیت آنتی‌اکسیدانی اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد، که بیشترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی مربوط به جمعیت اراک و کمترین آن مربوط به جمعیت مشهد یک بود. برهمکنش جمعیت و شوری در هیچ یک از صفات معنی‌دار نشد. براساس نتایج تجزیه به عامل‌ها بیشترین مقدار انحراف معیار مربوط به صفت فلاونوئید و کمترین مقدار انحراف معیار مربوط به صفت وزن خشک اندام‌های هوایی بود. در مجموع نتایج این پژوهش نشان داد با توجه به این که در ده جمعیت مورد مطالعه، کاهش قابل توجهی در صفات مورفولوژیکی مشاهده نشد و یک سری از پارامترهای بیوشیمیایی افزایش یافت گیاه زنیان شوری تا ۱۰۰ میلی مولار را به خوبی تحمل می‌کند.

کلیدواژه‌ها: جمعیت، صفات مورفوفیزیولوژیکی، گیاهان دارویی

* نویسنده مسئول: فائزه السادات ابطحی
رایانامه: f-abtahi@araku.ac.ir

مقدمه

تنش‌های محیطی از عوامل مهم در کاهش رشد و نمو گیاهان بوده و در نهایت عملکرد آنها را تحت تاثیر قرار می‌دهند (FAO, 2015). بررسی پاسخ گیاهان به تنش‌های محیطی به عنوان ابزاری برای مطالعه و شناخت مکانیسم‌های تحمل در گیاهان مورد استفاده قرار می‌گیرد (Kerepesi and Galiba, 2000; Carden et al., 2003). با توجه به این‌که بخش زیادی از کشور در اقلیم خشک و نیمه‌خشک قرار دارد، در نتیجه مطالعات مرتبط با دستیابی به گیاهان متحمل در مقابل تنش شوری باید در اولویت قرار گیرد. استفاده روزافزون از گیاهان دارویی باعث افزایش سطح زیرکشت آن‌ها شده است. بنابراین بررسی میزان تحمل آن‌ها به شرایط نامساعد محیطی مانند شوری خاک و یا آب آبیاری ضروری است، زیرا منجر به استفاده بیش‌تر از اراضی می‌شود که تا حدودی با مشکلات ناشی از شوری مواجه هستند. گیاهانی که در معرض سطوح بالای شوری قرار دارند، تحت تغییرات مختلف فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی قرار می‌گیرند که منجر به تغییرات متعدد در ساختار و عملکرد غشای سلولی می‌شود (Salem et al., 2014). همچنین تنش شوری ممکن است باعث تنش اسمزی و یونی، عدم تعادل مواد مغذی، اختلال تعادل هورمونی و آنزیمی و سازوکار دفاعی آنتی‌اکسیدانی شود (Munns et al., 1995). این پدیده منجر به آسیب به غشای سلولی، اختلال در فتوسنتز، تنفس و سایر فعالیت‌های فیزیولوژیکی، تولید فرآورده‌های سمی و اکسیداتیو می‌شود و در نهایت باعث آسیب جدی به سلول و حتی مرگ گیاه می‌شود (Mahajan and Tuteja, 2005). گیاهان برای مقابله با تنش شوری، مجموعه سازوکار-های بیوشیمیایی و مولکولی را توسعه می‌دهند. سازوکارهای تحمل به شوری، تا حدودی پیچیده هستند (Cheeseman, 2016). زنیان (*Trachyspermum copticum* L.) در مناطق خشک و نیمه خشک شرق هند و مناطق شمال غربی، مرکزی و شرقی ایران و همچنین مصر رشد می‌کند (Vitali et al., 2016). این گیاه علفی، یکساله، بدون کرک، پر شاخ و برگ و معطر با ساقه‌های شیاردار و افراشته به ارتفاع ۹۰-۶۰ سانتی‌متر است گل‌آذین آن چتر مرکب است و گل‌های آن به رنگ صورتی می‌باشد (Ahmad Jan et al., 2015).

تنش شوری می‌تواند رشد و نمو گیاه را به دلیل محدودیت آب و عدم تعادل یونی محدود کند (Puyang et al., 2017; Lin et al., 2015). (Zrig et al., 2016) گزارش دادند که

غلظت‌های بالاتر ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم باعث کاهش زیست توده کل و وزن خشک برگ در گیاه آویشن (*Thymus vulgaris*) شد، اما محتوای پلی‌فنل‌های کل را افزایش داد. آن‌ها همچنین ثابت کردند که تنش شوری متوسط باعث افزایش محتوای تیمول گردید. علاوه بر این، استفاده از کلرید سدیم به‌طور قابل توجهی تجمع اسیدهای آمینه مانند پرولین، آرژنین، آسپاراژین، سرین، آلانین و اسید گلوتامیک را افزایش داد. (Belaqziz et al., 2009) نشان دادند که آبیاری با آب شور ملایم بر رشد و بقای گیاه آویشن مراکشی (*Thymus maroccanus*) تاثیر چندانی نداشت. آن‌ها همچنین نشان دادند که محتوای اسانس با افزایش تنش شوری تغییر معنی‌داری نداشت. در خاورمیانه، شوری و سدیمی بودن خاک از مشکلات عمده تأثیرگذار بر تولید محصولات دارویی و معطر است. با توجه به موارد ذکر شده در مورد اثرات شوری روی گیاهان دارویی پژوهش حاضر به منظور ارزیابی اثر دو سطح شوری شامل صفر (شاهد) و ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم به‌عنوان فاکتور اول و ۱۰ جمعیت زنیان به‌عنوان فاکتور دوم بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه دارویی زنیان انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در تابستان سال ۱۳۹۸ در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه اراک در سه تکرار و در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی و به‌صورت فاکتوریل انجام شد. دو سطح شوری شامل صفر (به عنوان شاهد) و ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم به‌عنوان فاکتور اول و ۱۰ جمعیت زنیان شامل شیراز، اصفهان، همدان، زاهدان، تبریز، مشهد ۱، مشهد ۲، یزد، اهواز، اراک به‌عنوان فاکتور دوم در نظر گرفته شد. بذره‌های محلی در گلدان‌های پلاستیکی با قطر دهانه ۲۸ سانتی‌متر و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر حاوی مقداری سنگ ریزه به‌عنوان زهکش در ته گلدان و مخلوط ماسه، خاک و کود دامی پوسیده به نسبت ۱:۱:۱ کشت شدند. در هر گلدان چند بذر کاشته شده و به میزان یک سانتی‌متر از مخلوط خاک روی بذرها پاشیده شد تا مانع از جابه‌جایی آن‌ها در زمان آبیاری گردد. سپس در مراحل ابتدایی رشد، بوته‌های اضافه در طی چند مرحله تنک شدند و چهار بوته در هر گلدان نگهداری شد. تا زمانی که گیاهچه‌ها به مرحله هشت تا ده برگ رسیده‌اند، به‌طور منظم با آب شهری آبیاری شدند و سپس اعمال تیمار شوری با آبیاری با

ساقه در تیمار ۱۰۰ میلی‌مولار شوری برابر با ۵۶/۹۶ و در تیمار شاهد برابر با ۶۴/۵۳ سانتی‌متر بود (جدول ۲).

اثر تنش شوری و جمعیت بر وزن تر اندام هوایی در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. اما اثر متقابل تنش شوری و جمعیت معنی‌دار نشد (جدول ۱). در بین سطوح مختلف تنش شوری، اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۱). بیش‌ترین مقدار میانگین وزن تر اندام هوایی، در گیاهان شاهد برابر با ۱۱/۸۸ گرم بود؛ در حالی که در تیمار ۱۰۰ میلی‌مولار، میانگین وزن تر برابر با ۶/۰۸ گرم بود و افزایش شوری موجب کاهش وزن تر گیاه شد (جدول ۲). بیش‌ترین مقدار میانگین وزن تر مربوط به جمعیت مشهد یک با مقدار ۱۵/۴۷ و کم‌ترین آن مربوط به جمعیت اراک با مقدار ۵/۱۱ گرم بود (جدول ۲).

علاوه بر این، تنش شوری اثر معنی‌داری بر وزن خشک اندام هوایی داشت ($P \leq 0.05$)؛ در حالی که اثر جمعیت و اثر متقابل شوری و جمعیت بر وزن خشک معنی‌دار نشد (جدول ۱). بیش‌ترین مقدار میانگین وزن خشک مربوط به شاهد و برابر با ۱/۱۲ گرم بود، در حالی که این مقدار بر اثر شوری به ۰/۸۰ گرم کاهش یافت (جدول ۲). بنابراین شوری موجب کاهش میزان وزن خشک گیاه شد. اما بین جمعیت‌های مختلف زنیان از نظر میزان وزن خشک اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($P \leq 0.05$) (جدول ۲).

شوری خاک یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی است که توزیع و بهره‌وری محصولات را در مناطق خشک و نیمه خشک محدود می‌کند (Talei et al., 2012). مهار رشد اندام هوایی و ریشه یک پاسخ رایج به تنش شوری است، در حالی که رشد گیاه یکی از مهم‌ترین شاخص‌های زراعی تحمل به شوری است که توسط بسیاری از مطالعات ثبت شده است. در مطالعه حاضر تنش شوری موجب کاهش ارتفاع ساقه، وزن تر و وزن خشک گیاه گردید. نتایج مشابهی در زنیان نیز گزارش شده است (Niazian et al., 2019). کاهش رشد گیاهان در شرایط آبیاری با آب شور ممکن است به دلیل تجمع غلظت بالای کلرید سدیم در دیواره های سلولی و سیتوپلاسم باشد که متعاقباً منجر به تأثیر منفی بر سرعت فتوسنتز، کربوهیدرات‌ها و هورمون‌های رشد می‌شود. به طور کلی کاهش سرعت رشد گیاه در شرایط تنش شوری به دلیل کاهش هدایت روزنه ای و متعاقباً کاهش فتوسنتز ناشی از تنش‌های یونی و اسمزی گزارش شده است (Rahnama et al., 2010).

۵۰۰ میلی‌لیتر محلول ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم (مرک، آلمان) صورت گرفت. در تیمار شاهد از آب شهری استفاده شد. اندازه‌گیری صفات مورد نظر با برداشت اندام هوایی گیاهان در مرحله گلدهی صورت گرفت.

اندازه‌گیری صفات مورفولوژیکی

ارتفاع ساقه با استفاده از خط‌کش مدرج اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری وزن تر و وزن خشک اندام‌های هوایی با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم انجام شد.

اندازه‌گیری صفات بیوشیمیایی

برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب^۱ از روش Lara et al., (2003)، نشت یونی (EL^۲) از روش Sairam and Srivastava (2002)، رنگیزه‌های گیاهی (کلروفیل و کارتنوئید) از روش Lichtenthaler and Wellburn (1983)، تهیه عصاره متانولی از روش Chegini et al., (2017)، مقدار فنل کل و فلاونوئید به ترتیب از روش Singleton and Rossi (1965) و Lamaison and Carnart (1990) و سنجش فعالیت آنتی‌اکسیدانی به روش DPPH^۳ از روش Shimada et al (1992) استفاده شد.

تجزیه و تحلیل آماری

برای تجزیه داده‌ها از نرم افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ و برای مقایسه میانگین از آزمون چند دامنه‌ای دانکن (۰/۰۵) استفاده گردید. تجزیه عامل‌ها با استفاده از تکنیک چرخش عامل‌ها و به روش واریمکس انجام شد. آنالیز پلات با استفاده از دو عامل اصلی اول توسط نرم افزار PAST انجام شد.

نتایج و بحث

صفات مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی

نتایج نشان داد اثرات تنش شوری و جمعیت بر صفت ارتفاع ساقه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد، ولی اثرات متقابل آن‌ها معنی‌دار نشد (جدول ۱). میزان ارتفاع ساقه بین جمعیت‌های مختلف متفاوت بود به گونه‌ای که بیش‌ترین میانگین ارتفاع مربوط به جمعیت همدان با مقدار ۶۷/۹۵ سانتی‌متر و کم‌ترین مقدار مربوط به جمعیت اراک برابر با ۴۸/۳۷ سانتی‌متر بود (جدول ۲). همچنین تنش شوری موجب کاهش ارتفاع گیاه شد به گونه ای که ارتفاع

1. Relative Water Content (RWC)
2. Electrolyte leakage
3. 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl

Table 1. Analysis of variance of the effect of salinity stress and ecotypes on morphological traits of *T. copticum* L.

Sources of variation (S.O.V)	d.f.	Mean Square (MS)		
		Stem height	Shoot fresh weight	Shoot dry weight
Salinity stress (S)	1	859.11**	505.52**	0.51*
Ecotypes(E)	9	213.45**	44.27**	0.06 ^{ns}
S × E	9	68.74 ^{ns}	22.15 ^{ns}	0.07 ^{ns}
Error	40	22.94	4.19	0.14
(CV%)	-	15.82	16.06	26.08

ns= non-significant, ** = significant at 0.01 and * = significant at 0.05

Table 2. Mean comparisons for the salinity effects and different ecotypes on morphological traits in *T. copticum* L.

Factor	Stem height (cm)	Fresh weight of aerial parts (g)	Dry weight of aerial parts (g)
Salinity(mM)			
0	64.53±11.66 ^a	11.88±5.84 ^a	1.15±0.47 ^a
100	56.96±8.12 ^b	6.08±2.07 ^b	0.96±0.32 ^b
Ecotypes			
Shiraz	61.18±9.61 ^{ab}	7.59±2.87 ^{bc}	1.11±0.46 ^a
Esfahan	64.44±12.80 ^{ab}	7.63±4.03 ^{bc}	1.12±0.43 ^a
Hamedan	67.95±11.29 ^a	10.51±5.21 ^b	1.05±0.50 ^a
Zahedan	64.66±7.26 ^{ab}	9.52±2.67 ^{bc}	1.00±0.21 ^a
Tabriz	63.33±9.85 ^{ab}	7.63±3.73 ^{bc}	1.01±0.45 ^a
Mashhad 1	52.41±9.63 ^{bc}	15.47±10.03 ^a	1.19±0.64 ^a
Mashhad 2	59.56±5.87 ^{ab}	7.97±3.98 ^{bc}	0.94±0.31 ^a
Yazd	62.37±12.86 ^{ab}	9.00±5.32 ^{bc}	1.09±0.40 ^a
Ahvaz	63.14±4.70 ^{ab}	9.38±8.50 ^{bc}	1.16±0.41 ^a
Arak	47.37±10.53 ^c	5.11±2.45 ^c	0.86±0.23 ^a

In each column data with common letters have no significant difference based on Duncan test at the level of 0.05.

جمعیت‌های زنیان از لحاظ نشت یونی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴).

نشت یونی سلول‌های برگ بر اثر تنش شوری به طور قابل توجهی افزایش یافت که این یافته‌ها با نتایج (Jaleel et al., 2008; Yousefi et al., 2016; Fazeli et al., 2018) همخوانی داشت. ممکن است تجمع یون‌های خاص در شرایط شوری باعث عدم تعادل تغذیه‌ای در بافت‌های گیاهی شود. به عنوان مثال، Na^+ می‌تواند در سلول‌ها و بین بافت‌ها و اندام‌های مختلف توزیع شود، در نتیجه ممکن است اثرات سمی بالقوه‌ای بر نفوذپذیری غشاء داشته باشد. غلظت بیش‌تر Na^+ در گیاهان منجر به سطوح بالاتر پراکسیداسیون لیپید و آسیب غشا می‌شود. تنش شوری موجب تولید گونه‌های اکسیژن واکنشگر و رادیکال‌های آزاد شده که آن‌ها نیز موجب تخریب غشا می‌شوند (Orcutt and Nilsen, 2000; Parida and Das, 2005).

تجزیه واریانس، اثر تنش شوری بر محتوای نسبی آب برگ معنی‌دار شد ($P \leq 0.05$). در حالی که اثر جمعیت و اثر متقابل جمعیت و شوری معنی‌دار نشد. همچنین بین جمعیت‌های زنیان اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری وجود نداشت (جدول ۳). با افزایش شوری میزان محتوای نسبی آب کاهش یافت، به طوری که میانگین آن در تیمار ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم ۶۱/۹۶ درصد و در شاهد ۷۶/۰۶ درصد بود (جدول ۴). کاهش میزان محتوای نسبی آب برگ در گیاهان تحت تنش شوری با یافته‌های (Amooaghaie et al., 2022) مطابق می‌باشد. کاهش محتوای نسبی آب برگ ممکن است به دلیل غلظت بالای یون سدیم در گیاهان و به تاخیر انداختن تنظیم اسمزی آستانه تحمل به شوری باشد (Emami Bistgani et al., 2019). با افزایش شوری میزان نشت یونی افزایش معنی‌دار داشت ($P \leq 0.05$)؛ به طوری که میانگین تیمار ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم ۱۳/۹۶ درصد و میانگین شاهد ۶/۷۰ درصد بود، بین

Table 3. Analysis of variance of the effect of salinity stress and ecotypes on biochemical traits of *T. copticum* L.

Sources of variation (S.O.V)	d.f.	Mean Square (MS)									
		Total phenolic	Flavonoid	Antioxidant activity	Chl a	Chl b	Total chl	Chl a/b ratio	Carotenoid	RWC	El
Salinity stress (S)	1	1362249.51*	260641931.2*	707181.29*	16458.18 ^{ns}	5909.10 ^{ns}	5476.71 ^{ns}	249.95 ^{ns}	83.61 ^{ns}	2982.15*	216.60*
Ecotypes (E)	9	26363.42 ^{ns}	13821780.5 ^{ns}	27382.47*	13390.93 ^{ns}	933.13 ^{ns}	1018.12 ^{ns}	60692.46 ^{ns}	353.18 ^{ns}	11.68 ^{ns}	8.34 ^{ns}
S × E	9	45286.99 ^{ns}	8400942.4 ^{ns}	7662.70 ^{ns}	11223.28 ^{ns}	758.06 ^{ns}	1416.42 ^{ns}	89140.33 ^{ns}	874.77 ^{ns}	14.48 ^{ns}	5.41 ^{ns}
Error (CV%)	40	39090.44	17941819	11758.90	14686.58	9142.50	1189.66	52312.43	1158.33	12.38	4.55
	-	23.19	21.06	23.94	23.94	26.79	23.19	8.23	24.31	5.09	20.51

ns = non-significant and * = significant at 0.05

Table 4. Mean comparisons for the salinity effects and different ecotypes on biochemical characteristics in *T. copticum* L.

Factor	Total phenolic (mgg ⁻¹)	Flavonoid (mgg ⁻¹)	Antioxidant capacity (mgg ⁻¹)	Chlorophyll a (mgg ⁻¹)	Chlorophyll b (mgg ⁻¹)	Total chlorophyll (mgg ⁻¹)	Chlorophyll a/b (mgg ⁻¹)	Carotenoids (mgg ⁻¹)	RWC (%)	El (%)
Salinity(mM)										
0	0.70±0.19 ^b	18.04±4.01 ^b	0.34±0.12 ^b	0.52±0.15 ^a	0.18±0.04 ^a	0.68±0.19 ^a	2.77±0.28 ^a	141.16±32.03 ^a	76.06±3.68 ^a	8.50±2.47 ^b
100	1.00±0.19 ^a	22.19±3.94 ^a	0.56±0.10 ^a	0.48±0.21 ^a	0.16±0.07 ^a	0.62±0.27 ^a	2.77±0.19 ^a	138.79±40.04 ^a	61.96±3.40 ^b	12.30±7.47 ^a
Ecotypes										
Shiraz	0.88±0.26 ^a	20.41±5.08 ^a	0.50±0.13 ^a	0.47±0.19 ^a	0.18±0.05 ^a	0.63±0.24 ^a	2.80±0.26 ^{ab}	134.95±40.31 ^a	68 ± 6.89 ^{ab}	9.50±4.50 ^a
Esfahan	0.86±0.19 ^a	22.44±5.03 ^a	0.47±0.15 ^a	0.49±0.29 ^a	0.15±0.08 ^a	0.64±0.37 ^a	2.87±0.26 ^a	134.94±68.51 ^a	70.83±7.90 ^{ab}	10.00±4.17 ^a
Hamedan	0.89±0.20 ^a	19.67±5.68 ^a	0.49±0.18 ^a	0.46±0.11 ^a	0.18±0.03 ^a	0.64±0.14 ^a	2.70±0.26 ^{ab}	135.17±32.76 ^a	69 ± 11.08 ^{ab}	9.83±4.41 ^a
Zahedan	0.78±0.29 ^a	20.93±4.80 ^a	0.41±0.18 ^{ab}	0.54±0.21 ^a	0.18±0.07 ^a	0.62±0.28 ^a	2.81±0.13 ^{ab}	138.67±46.07 ^a	69.50±9.07 ^{ab}	11.83±4.38 ^a
Tabriz	0.82±0.15 ^a	20.33±6.19 ^a	0.42±0.16 ^{ab}	0.53±0.13 ^a	0.17±0.04 ^a	0.66±0.18 ^a	2.69±0.24 ^{ab}	144.10±31.39 ^a	71.33±7.31 ^a	10.83±4.02 ^a
Mashhad 1	0.76±0.13 ^a	17.72±3.46 ^a	0.30±0.17 ^b	0.49±0.15 ^a	0.17±0.05 ^a	0.67±0.21 ^a	2.89±0.17 ^a	144.24±32.80 ^a	69.16±7.98 ^{ab}	10.83±4.40 ^a
Mashhad 2	0.90±0.07 ^a	17.95±4.78 ^a	0.41±0.14 ^{ab}	0.60±0.21 ^a	0.19±0.07 ^a	0.75±0.22 ^a	2.81±0.17 ^{ab}	144.53±45.89 ^a	68.66±8.14 ^{ab}	11.50±4.99 ^a
Yazd	0.76±0.33 ^a	22.01±3.90 ^a	0.48±0.18 ^a	0.46±0.17 ^a	0.15±0.05 ^a	0.60±0.23 ^a	2.84±0.20 ^{ab}	133.32±37.15 ^a	68.66±11.79 ^{ab}	9.66±3.37 ^a
Ahvaz	0.96±0.29 ^a	19.64±3.33 ^a	0.46±0.13 ^a	0.45±0.14 ^a	0.17±0.05 ^a	0.61±0.19 ^a	2.77±0.14 ^{ab}	132.57±29.41 ^a	66.33 ± 5.53 ^b	11.83±8.75 ^a
Arak	0.87±0.31 ^a	19.94±2.12 ^a	0.53±0.10 ^a	0.52±0.24 ^a	0.18±0.07 ^a	0.66±0.13 ^a	2.55 ± 0.40 ^b	157±62.18 ^a	68.66±7.28 ^{ab}	8.16±3.86 ^a

Datas with common letters have not significantly different according to Duncan test at the level of 5%

(Corwin et al., 2019; Das and Roychoudhury, 2014) نتایج این مطالعه با نتایج مطالعات (Davazdahemami et al., 2019; Firoozeh et al., 2021) انطباق دارد به طوری که تنش شوری موجب افزایش ترکیبات فنلی و فلاونوئیدها می‌شود. فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی با افزایش سطوح شوری افزایش یافت این نتایج با نتایج دیگر (نظیر Niazian et al., 2021; Abdoli et al., 2020; 2021; Shahraki et al., 2021) همسو بود. گیاهان برای مقابله، کاهش یا ممانعت از تولید اثرات مخرب و مضر انواع رادیکال‌های آزاد اکسیژن دارای مکانیسم‌های دفاعی نظیر تنفس نوری، چرخه گزانتوفیل، چرخه گلوتاتیون-آسکوربات و چرخه مهار می‌باشند. مکانیسم دفاعی چرخه‌های ذکر شده از همکاری سازوکار آنتی‌اکسیدانی حاصل شده است. آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مهم‌ترین ترکیبات در سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی و اولین راهکار دفاعی در برابر صدمات رادیکال‌های آزاد اکسیژن هستند (Khodavirdivand et al., 2020).

تجزیه به عامل‌ها

بیش‌ترین مقدار انحراف معیار مربوط به صفت فلاونوئید بود که میزان پراکندگی بالای داده‌ها را در این صفت نشان می‌دهد. کم‌ترین مقدار انحراف معیار مربوط به صفت مقدار ماده خشک کل بود که نشان دهنده پراکندگی کم داده‌ها بود (جدول ۵). روش تجزیه به مولفه‌های اصلی به منظور یافتن مهم‌ترین صفات در مجموعه‌ای از داده‌های آزمایشی استفاده می‌گردد. و همچنین رابطه‌ی بین صفات مورد تاکید در این روش ممکن است با پیوند ژنتیکی بین جایگاه کنترل کننده صفات و اثر چندوجهی مطابقت داشته باشد (Khadivi et al., 2014). در این پژوهش در تجزیه به عامل‌ها، صفات در پنج عامل اصلی و مستقل قرار گرفتند که مقادیر ویژه‌ی آن‌ها بیش از یک بود و توانستند ۹۹/۹۳ درصد از کل واریانس را توجیه نمایند. تعداد دو صفت در عامل اول (PC1) قرار گرفتند که توانستند ۸۶/۷۴ درصد از کل واریانس را توجیه نمایند؛ این صفات شامل وزن تر و وزن خشک گیاه بود. در عامل دوم (PC2) دو صفت میزان آنتی‌اکسیدان و فنل قرار گرفتند که توانستند ۱۰/۳۲ درصد از کل واریانس کل را توجیه نمایند. میزان فلاونوئید در عامل سوم (PC3) توانست ۲/۰۵ درصد از کل واریانس را توجیه کند (جدول ۶). بیش‌ترین مقدار فلاونوئید در جمعیت زاهدان مشاهده شد.

نتایج تجزیه واریانس در ارتباط با صفات کلروفیل a، کلروفیل b، نسبت کلروفیل a/b، کلروفیل کل و کارتنوئید نشان داد که اثر شوری، جمعیت و اثر متقابل شوری و جمعیت بر رنگیزه‌های فتوسنتزی در سطح احتمال پنج درصد غیرمعنی‌دار بود (جدول ۳).

اثر تنش شوری بر غلظت فنل کل، فلاونوئید و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی معنی‌دار بود، در حالی که اثر جمعیت و اثر متقابل تنش شوری و جمعیت بر این صفات معنی‌دار نبود (جدول ۳). با افزایش شوری غلظت فنل کل، فلاونوئید و فعالیت آنتی‌اکسیدانی نسبت به شاهد افزایش معنی‌دار یافت ($P \leq 0.05$)؛ به طوری که، میانگین غلظت فنل کل تیمار ۱۰۰ میلی‌مولار شوری ۱/۰۰ میلی‌گرم اسید گالیک بر گرم وزن خشک و میانگین شاهد ۰/۷۰ میلی‌گرم اسید گالیک بر گرم وزن خشک بود. همچنین بیش‌ترین میانگین غلظت فلاونوئید برابر با ۲۲/۱۹ میلی‌گرم کوئرستین بر گرم وزن خشک و مربوط به تیمار ۱۰۰ میلی‌مولار شوری بود، در حالی که میانگین در شاهد ۱۸/۰۴ میلی‌گرم کوئرستین بر گرم وزن خشک بود (جدول ۴).

بیش‌ترین میزان میانگین فعالیت آنتی‌اکسیدانی در سطح ۱۰۰ میلی‌مولار تنش شوری و برابر با ۰/۵۶ میلی‌گرم اسیدآسکوربیک بر گرم وزن خشک و در سطح شاهد برابر با ۰/۳۴ میلی‌گرم اسیدآسکوربیک بر گرم وزن خشک بود. همچنین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی در بین جمعیت‌های زنیان اختلاف معنی‌داری نشان داد ($P \leq 0.05$)، به طوری که بیش‌ترین میانگین برابر با ۰/۵۳ میلی‌گرم اسیدآسکوربیک بر گرم وزن خشک و مربوط به جمعیت اراک و کمترین میانگین برابر با ۰/۳۰ میلی‌گرم اسیدآسکوربیک بر گرم وزن خشک و مربوط به جمعیت مشهد یک بود (جدول ۴).

محتوای فنل کل و فلاونوئید تحت تأثیر تنش شوری افزایش نشان داد. تنش شوری از طریق افزایش محتویات کل ترکیبات فنلی باعث ایجاد مسیر طبیعی تحمل به شوری می‌شود. از سوی دیگر، ترکیبات فنلی نقش اساسی در دفاع در برابر تنش‌های زیستی و غیرزیستی ایفا می‌کنند. این متابولیت‌ها با کاهش تنش‌اکسیداتیو و از بین بردن گونه‌های اکسیژن‌واکنشگر به عنوان آنتی‌اکسیدان در بافت‌های مختلف گیاهان عمل می‌کنند. ترکیبات فنلی در بسیاری از گیاهان دارویی در به دام انداختن رادیکال‌های آزاد کمک می‌کنند

Table 5. Descriptive statistics for morphological and biochemical traits in the *T. copticum* L. ecotypes.

Character	Min	Max	Mean	Std. deviation
RWC	70.00	80.00	77.00	3.13
El	5.00	16.00	7.80	3.16
Total phenolic	480.86	1091.98	747.28	208.62
Flavonoid	14094.59	25608.11	20481.08	4180.24
Antioxidant capacity	100.24	622.08	357.38	137.33
Chlorophyll a	316.96	735.93	519.40	134.87
Chlorophyll b	115.07	267.90	180.56	45.13
Carotenoids	87.38	187.58	136.15	32.25
Total chlorophyll	443.67	1003.83	699.96	178.93
Chlorophyll a/b	2468.46	3198.94	2870.71	204.43
Stem height	46.00	79.25	64.59	10.79
Fresh weight of aerial parts	4.20	20.01	11.60	4.50
Dry weight of aerial parts	0.45	1.60	1.05	0.37

Table 6. Eigen values of the principal component axes from the PCA of morphological and biochemical traits in 10 ecotypes of *T. copticum* L.

Character	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
RWC	0.665**	0.496*	-0.0994	-0.035	0.0052
El	0.977**	0.324	-0.024	0.542**	-0.004
Total phenolic	0.96**	-0.316	0.445*	0.462*	-0.0167
Flavonoid	0.559**	0.339	0.234	0.301	-0.002
Antioxidant capacity	0.43*	0.632**	0.600**	0.002	-0.001
Chlorophyll a	0.374	-0.254	0.077	0.007	0.011
Chlorophyll b	0.336	-0.319	0.016	0.133	0.039
Carotenoids	0.488*	-0.182	0.108	-0.0021	-0.061
Total chlorophyll	0.524**	-0.272	0.062	0.039	0.009
Chlorophyll a/b	0.438*	0.187	0.124	-0.002	-0.003
Stem height	0.391	0.198	0.146	-0.116	0.022
Fresh weight of aerial parts	0.316	0.172	-0.1315	0.036	-0.0055
Dry weight of aerial parts	0.642**	0.267	-0.125	0.065	-0.011

تجزیه دیپلات

با توجه به تجزیه دیپلات (شکل ۱)؛ جمعیت‌ها در هر چهار سمت پلات قرار گرفتند. دیپلات به منظور نمایش دوبعدی پراکنش جمعیت‌ها بر اساس صفات تأثیرگذار در عامل‌های اول و دوم ترسیم می‌شود. تجمع برخی از جمعیت‌ها در یک ناحیه از پلات بیانگر تشابه بین آن‌ها می‌باشد؛ لذا جمعیت‌هایی که در یک محدوده و نزدیک به یکدیگر قرار داشتند، از نقطه نظر صفات تأثیرگذار در عامل‌های اول و دوم شباهت بیش‌تری نشان داده و در یک گروه قرار گرفتند. هدف

از ارزیابی‌ها و بررسی‌های انجام شده در این پژوهش شناسایی جمعیت مطلوب زنیان تحت شرایط عدم اعمال تنش شوری به‌منظور کشت تجاری و شناسایی جمعیت مطلوب جهت احیای مراتع با شوری متعادل بود (شکل ۱). جمعیت‌های همدان و مشهد یک بر اساس تولید گیاهانی با وزن تر بیش‌تر به ازای هر بوته و گیاهانی با ساقه‌های طولی‌تر، به عنوان جمعیت مطلوب زنیان تحت شرایط عدم اعمال تنش شوری و شرایط شوری متعادل پیشنهاد می‌شوند (شکل ۱).

سبب کاهش محتوای نسبی آب برگ و نیز کاهش وزن تر گیاه شد. در ده جمعیت مورد مطالعه، کاهش قابل توجهی در صفات مورفولوژیکی مشاهده نشد و گیاه زنیان شوری تا ۱۰۰ میلی مولار را به خوبی تحمل می‌کند. گیاه زنیان با افزایش یک سری از پارامترهای بیوشیمیایی مانند نشت یونی، ترکیبات فنلی، فلاونوئید و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در برابر تنش شوری از خود مقاومت نشان داد. لذا این گیاه دارویی را می‌توان از محصولات متحمل به شوری به حساب آورد به گونه‌ای برای آبیاری آن می‌توان تا حد مرسوم از آب شور استفاده کرد. یکی از راه‌های افزایش بهره‌وری تولید، زراعت گیاهان دارویی نظیر زنیان حاوی متابولیت‌های ارزشمندی مثل ترکیبات فنلی است.

سپاس‌گزاری

نویسندگان مقاله از معاونت محترم پژوهش و فناوری دانشگاه اراک قدردانی می‌نمایند.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که شوری در سطح ۱۰۰ میلی‌مولار موجب کمبود دسترسی گیاه به آب شد، در نتیجه

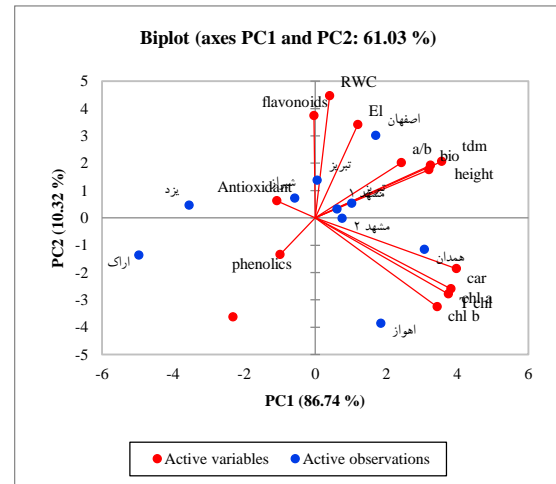


Fig 1. Biplot analysis of *T. copticum* L. ecotypes (Shiraz, Isfahan, Hamadan, Zahedan, Tabriz, Mashhad1, Mashhad2, Yazd, Ahvaz, and Arak) based on morphological and biochemical traits.

References

- Ahmad Jan, S., Khan Shinwari, Z., Zeb, A., Talha Khalil, A., & Hussain Shah, S. 2015. Ethnobotany and Research Trends in *Trachyspermum ammi* L. (Ajowan); A Popular Folklore Remedy. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 15, 68-73.
- Amooaghaie, R., Majidi, M., & Farhadian, S. 2022. Impact of nano-TiO₂ on salt stress tolerance of *Carum copticum*. *Journal of Plant Process and Function*, 11(48), 19-34. [In Persian]
- Belaqziz, R., Romane, A., & Abbad, A. 2009. Salt stress effects on germination, growth and essential oil content of an endemic thyme species in Morocco (*Thymus maroccanus* Ball.). *Journal of Applied Sciences Research*, 5(7), 858-863.
- Carden, D.E., Wakker, D.J., Flowers, T.J., & Miller, A.J. 2003. Single cell measurement of the concentration of cytosolic Na⁺ and K⁺ to salt tolerance. *Plant Physiology*, 131, 676-685.
- Cheeseman, J. 2016. Food security in the face of salinity, drought, climate change, and population growth, halophytes for food security in dry lands (pp. 111-123). Urbana IL, USA: Science Direct.
- Chegini, E., Ghorbanpour, M., Hatami, M., & Taghizadeh, M. 2017. Effect of multi-walled carbon nanotubes on physiological traits, phenolic contents and antioxidant capacity of *Salvia mirzayanii* Rech. F. & Esfand. under drought stress. *Journal of Medicinal Plants*, 16(62), 191-207. [In Persian]
- Corwin, D.L., & Scudiero, E. 2019. Review of soil salinity assessment for agriculture across multiple scales using proximal and/or remote sensors. *Advances in Agronomy*, 158, 1-130.
- Das, K., & Roychoudhury, A. 2014. Reactive oxygen species (ROS) and response of antioxidants as ROS-scavengers during environmental stress in plants. *Frontiers in Environmental Science*, 2, 53.
- Davazdahemami, S., Enteshari, S., Allahdadi, M., & Yasmani, S. 2021. Effect of salinity stress on some mineral contents

- and biochemical parameters of Ajowan (*Carum copticum* LCB Clarke). *Journal of Crops Improvement*, 23(1), 127-139. [In Persian]
- Emami Bistgani, Z., Hashemi, M., DaCosta, M., Craker, L., Maggi, F., & Morshedloo, M.R. 2019. Effect of salinity stress on the physiological characteristics, phenolic compounds and antioxidant activity of *Thymus vulgaris* L. and *Thymus daenensis* Celak. *Industrial Crops & Products*, 135, 311-320.
- Fazeli, A., Zarei, B., & Tahmasebi, Z. 2017. The effect of salinity stress and salicylic acid on some physiological and biochemical traits of Black cumin (*Nigella sativa* L.). *Iranian Journal of Plant Biology*, 9(4), 69-84. [In Persian]
- Firoozeh, R., Khavarinejad, R., Najafi, F., & Saadatmand, S. 2019. Effects of gibberellin on contents of photosynthetic pigments, proline, phenol and flavonoid in savory plants (*Satureja hortensis* L.) under salt stress. *Journal of Plant Research*, 31(4), 894-908. [In Persian]
- Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations. 2015. *Status of the world's soil resources, regional assesment of soil changes in Europe and Eurasia*, 332-363.
- Jaleel, C.A., Sankar, B., Sridharan, R., & Panneerselvam, R. 2008. Soil salinity alters growth, chlorophyll content, and secondary metabolite accumulation in *Catharanthus roseus*. *Turkish Journal of Biology*, 32(2), 79-83.
- Kerepesi, I., & Galiba, G. 2000. Osmotic and salt stress- induced alteration in soluble carbohydrate content in wheat seeding. *Crop Science*, 40, 482-487.
- Khadivi-Khub, A., Salimpour, A., & Rasouli, M. 2014. Analysis of grape germplasm from Iran based on fruit characteristics. *Brazilian Journal of Botany*, 37(2), 105-113.
- Khodavirdvand Keshtiban, R., Soltanloo, H., Ramazanpour, S.S., & Shariati, V. 2020. Evaluation of biochemical response and defense mechanism of wheat antioxidant enzymes to salinity stress. *Journal of Crop Breeding*, 12(36), 90-100. [In Persian]
- Lamaison, J.L.C., & Carnet, A. 1990. Teneurs en Principaux Flavonoides des fleurs de *Crataegus Monogyna* Jacq et de *Crataegus Laevigata* (Poiret D. C) en Fonction de la Vegetation. *Pharmaceutica Acta Helvetia*, 65, 315-320.
- Lara, M.V., Disante, K.B., Podesta, F.E., Andreo, C., & Drincovich, M.F. 2003. 'Induction of a Crassulacean acid like metabolism in the C4 succulent plant, *Portulaca oleracea* L.: physiological and morphological changes are accompanied by specific modifications in phosphoenolpyruvate carboxylase'. *Photosynth Research*, 77, 241-254.
- Lichtenthaler, H., & Wellburn, A. 1983. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. *Biochemical Society Transactions*, 11(5), 591-592.
- Lin, J., Wang, Y., Sun, S., Mu, C., & Yan, X. 2017. Effects of *arbuscular mycorrhizal* fungi on the growth, photosynthesis and photosynthetic pigments of *Leymus chinensis* seedlings under salt-alkali stress and nitrogen deposition. *Science of the Total Environment*, 576, 234-241.
- Mahajan, S., & Tuteja, N. 2005. Cold, salinity and drought stresses: an overview. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 444(2), 139-158.
- Munns, R., Schachtman, D.P., & Condon, A.G. 1995. The significance of a two-phase growth response to salinity in wheat and barley. *Australian Journal of Plant Physiology*, 22, 561-569.
- Niazian, M., Sadat-Noori, S.A., Tohidfar, M., Galuszka, P., & Mortazavian, S.M.M. 2019. Agrobacterium-mediated genetic transformation of ajowan (*Trachyspermum ammi* (L.) Sprague): an important industrial medicinal plant. *Industrial Crops and Products*, 132, 29-40.
- Niazian, M., Soltani Howyzeh, M., & Sadat-Noori, S.A. 2021. Integrative effects of stress- and stress tolerance-inducing elicitors on in vitro bioactive compounds of ajowan [*Trachyspermum ammi* (L.) Sprague] medicinal plant. *Plant*

Cell, Tissue, and Organ Culture, 146(3), 589-604.

- Nouripour Sisakht, J., Ehsanzadeh, P., & Ehtemam, M.H. 2022. Physiological and yield attributes of fennel, anise, and ajwain in response to brackish irrigation water in potted conditions. *Journal of Plant Process and Function*, 11(50), 1-18. [In Persian]
- Orcutt, D.M., & Nilsen, E.T. 2000. *The physiology of plants under stress, soil and biotic factors*. New York, USA: John Wiley and Sons.
- Parida, A.K., & Das, A.B. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60: 324-349.
- Puyang, X., An, M., Han, L., & Zhang, X. 2015. Protective effect of spermidine on salt stress induced oxidative damage in two Kentucky bluegrass (*Poa pratensis* L.) cultivars. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 117, 96-106.
- Rahnama, A., Poustini, K., Munns, R., and James, R.A. 2010. Stomatal conductance as a screen for osmotic stress tolerance in durum wheat growing in saline soil. *Functional Plant Biology*, 37, 255-263.
- Sairam, R.K., Rao, K.V., & Srivastava, G.C. 2002. Differential response of wheat genotypes to longterm salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. *Plant Science*, 163, 1037-1046.
- Salem, N., Msaada, K., Dhifi, W., Limam, F., & Marzouk, B. 2014. Effect of salinity on plant growth and biological activities of *Carthamus tinctorius* L. extracts at two flowering stages. *Acta Physiologiae Plantarum*, 36(2), 433-445.
- Shahraki, H., Mahdi Nezhad, N., & Fakheri, B. 2021. The effect of synthesis nanosilver by plant extract on morphological and antioxidant properties of Artichoke (*Cynara scolymus* L.) under salinity stress. *Plant Productions*, 44(1), 103-114. [In Persian]
- Shimada, K., Fujikawa, K., Yahara, K., & Nakamura, T. 1992. Antioxidative properties of xanthin on autoxidation of soybean oil in cyclodextrin emulsion. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40, 945-948.
- Singleton, V.L., & Rossi, J.A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic- phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.
- Talei, D., Valdiani, A., Yusop, M.K., & Abdullah, M.P. 2012. Estimation of salt tolerance in *Andrographis paniculata* accessions using multiple regression model. *Euphytica*, 189, 147-160.
- Vitali, L.A., Beghelli, D., Nya, P.C.B., Bistoni, O., Cappellacci, L., Damiano, S., & Bramucci, M. 2016. Diverse biological effects of the essential oil from Iranian *Trachyspermum ammi*. *Arabian Journal of Chemistry*, 9(6), 775-786.
- Yousefi, F., Hassibi, P., Roshanfekar, H., & Meskarbashee, M. 2016. Study of drought and salinity stress effect on some physiological characters of two Canola (*Brassica Napus* L.) varieties in Ahvaz. *Plant Productions*, 38(4), 25-34. [In Persian]
- Zrig, A., Tounekti, T., Hegab, M.M., Ali, S.O., & Khemira, H. 2016. Essential oils, amino acids and polyphenols changes in salt-stressed *Thymus vulgaris* exposed to open-field and shade enclosure. *Industrial Crops and Products*, 91, 223-230.