

Research Article

Plant Prod., 2021, 44(2), 247-258  
http://plantproduction.scu.ac.ir//

ISSN (P): 2588-543X  
ISSN (E): 2588-5979

## The Effect of Azomite Application on Reducing the Damage of Salinity Stress in Mexican Marigold (*Tagetes minuta* L.)

Farahnaz Azizi<sup>1</sup>, Mohammad Moghaddam<sup>2\*</sup>, Sara Farsaraei<sup>3</sup>, Din Mohammad Moshfegh<sup>4</sup>

- 1- M.Sc. Student of Medicinal Plant, Department of Horticulture Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
- 2- **\*Corresponding Author:** Associate Professor, Department of Horticulture Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran (m.moghadam@um.ac.ir)
- 3- Ph.D. Student of Production Physiology and Postharvest of Horticultural Plants, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
- 4- M.Sc. Student of Phomology, Department of Horticulture Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

**Citation:** Azizi, F., Moghaddam, M., Farsaraei, S., & Moshfegh, D. M. (2021). The effect of azomite application on reducing the damage of salinity stress in Mexican Marigold (*Tagetes minuta* L.). *Plant Productions*, 44(2), 247-258.

 10.22055/PPD.2019.29933.1778

Received: 18 July, 2019

Accepted: 30 October, 2019

### Abstract

#### Introduction

Salinity stress is one of the main factors that limited crop production. Salt stress causes physiological disorders by decreasing soil water potential. Azomite is an inorganic mineral that contains more than 60 kinds of micro/macro nutrients. Azomite modifies and improves the soil by its high ionic exchange capacity, so it is used to reduce effect of salinity stress. Mexican Marigold (*Tagetes minuta* L.) is a medicinal plant from Asteraceae family used in food and cosmetic industries. The purpose of this study was to investigate the effect of Azomite on growth and biochemical characteristics of *Tagetes minuta* under salinity stress.

#### Materials and Methods

This study was conducted at the research Greenhouse of Ferdowsi University of Mashhad as factorial experiment based on completely randomized design with three levels of salinity (0, 30 and 60 mM NaCl in irrigation water) and four levels of Azomite (0, 4, 8 and 12 g/kg soil) in three replications in 2018. The studied traits included biochemical characteristics (RWC, electrolyte leakage, chlorophyll a, chlorophyll b, carotenoid, total chlorophyll, antioxidant activity, total phenol, soluble carbohydrates, and proline), dry biomass and essential oil content. Statistical analysis was performed by using Minitab 17 software. The mean comparison was done by Bonferroni test at the 5% probability level. The figure drew by Microsoft Excel software.

## Results and Discussion

The results of this experiment showed that the interaction effects of salinity and Azomite had a significant effect at a probability level of 1% on all of the studied traits. The highest amount of dry biomass ( $30.25 \text{ g plant}^{-1}$ ), RWC (74.2%), chlorophyll a ( $7.5 \text{ mg g}^{-1}\text{FW}$ ), chlorophyll b ( $9.26 \text{ mg g}^{-1}\text{FW}$ ), carotenoid ( $16.73 \text{ mg g}^{-1}\text{FW}$ ), total chlorophyll ( $33.39 \text{ mg g}^{-1}\text{FW}$ ) and essential oil content (0.46% v/w) were obtained in the treatments without salinity and 12 g/kg soil of Azomite application. The highest amount of electrolyte leakage (83.55%), antioxidant activity (97.27 %), total phenol ( $95.10 \text{ mg g}^{-1}\text{FW}$ ), soluble carbohydrates ( $114.4 \text{ mg g}^{-1}\text{FW}$ ) and proline ( $0.12 \text{ }\mu\text{M/g DW}$ ) was observed at 60 mM salinity and without application of Azomite. NaCl stress can reduce nutrient uptake by the root of the plant which is resulted in decreasing of plant growth (dry aerial biomass), RWC, chlorophyll a, b, carotenoid and total chlorophyll and increasing of antioxidant activity, total phenol, soluble carbohydrates, and proline. Application of Azomite under salinity stress increases water holding capacity and inhibits the plants from excessive uptake of Na. Therefore it prevents Na toxicity in plant. The result of this study showed that the highest salinity level (60 mM NaCl) and application of Azomite especially at 12 g/kg soil level had the highest effect on ameliorating biomass and biochemical characteristics of the plant.

## Conclusion

Application of 12 g of Azomite per kg of soil compared to other levels improved the dry biomass of shoots and biochemical properties of Mexican Marigold. The results of this study showed that Azomite can be used as a suitable technique to reduce salinity damage in the production of this plant in saline areas

**Keywords:** Antioxidant activity, Dry biomass, Photosynthetic pigments, Proline

## تأثیر کاربرد آزومیت بر کاهش خسارت ناشی از تنش شوری در گیاه جعفری مکزیکی (*Tagetes minuta* L.)

فرحناز عزیزی<sup>۱</sup>، محمد مقدم<sup>۲\*</sup>، سارا فرسرای<sup>۳</sup>، دین محمد مشفق<sup>۴</sup>

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گیاهان دارویی، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران  
 ۲- \*نویسنده مسئول: دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران (m.moghadam@um.ac.ir)  
 ۳- دانشجوی دکتری فیزیولوژی تولید و پس از برداشت گیاهان باغی، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران  
 ۴- دانشجوی کارشناسی ارشد میوه کاری، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۸/۰۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۲۷

### چکیده

به منظور مطالعه اثر مقادیر مختلف خاک معدنی آزومیت بر کاهش خسارات ناشی از تنش شوری در گیاه دارویی جعفری مکزیکی (*Tagetes minuta* L.)، آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۷ انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل ۳ سطح تنش شوری آب آبیاری (صفر، ۳۰ و ۶۰ میلی مولار کلرید سدیم) و ۴ سطح آزومیت (صفر، ۴، ۸ و ۱۲ گرم در کیلوگرم خاک) بودند. در طول آزمایش و در مرحله گلدهی صفات زیست توده خشک اندام هوایی، محتوای نسبی آب برگ (RWC)، نشأت الکترولیت، رنگیزه‌های فتوستتزی، فعالیت آنتی‌اکسیدانتی، فنل کل، کربوهیدرات محلول، محتوای پرولین و میزان اسانس اندازه‌گیری شدند. بیشترین زیست توده خشک اندام هوایی (۳۰/۲۵ گرم در بوته)، محتوای نسبی آب برگ (۷۴/۲ درصد)، کلروفیل (۷/۵ mg g<sup>-1</sup>FW) a، (۹/۲۶ mg g<sup>-1</sup>FW) b، کارتنوئید (۹/۱۰ mg g<sup>-1</sup>FW) و (۱۶/۷۳)، کلروفیل کل (۳۳/۳۹ mg g<sup>-1</sup>FW) و میزان اسانس (۰/۴۶ درصد حجمی-وزنی) در تیمار بدون شوری و کاربرد آزومیت به میزان ۱۲ گرم در کیلوگرم خاک مشاهده شد. در بالاترین سطح شوری و عدم کاربرد آزومیت نشأت الکترولیت (۸۳/۵۵ درصد)، فعالیت آنتی‌اکسیدانتی (۹۷/۲۷ درصد)، فنل کل (۹۵/۱۰ mg g<sup>-1</sup>FW)، کربوهیدرات محلول (۱۱۴/۴ mg g<sup>-1</sup>FW) و محتوای پرولین (۰/۱۲ μM/gDW) به بیشترین میزان خود رسیدند و کاربرد آزومیت سبب کاهش این صفات شد. نتایج این تحقیق نشان داد که بیشترین خسارت وارده به گیاه در بالاترین سطح شوری (۶۰ میلی مولار کلرید سدیم) مشاهده شد و کاربرد آزومیت به‌ویژه در سطح ۱۲ گرم در کیلوگرم خاک بیشترین اثر بهبوددهندگی را بر زیست توده و خصوصیات بیوشیمیایی گیاه بر جای گذاشت.

کلیدواژه‌ها: پرولین، رنگیزه‌های فتوستتزی، زیست توده، فعالیت آنتی‌اکسیدانتی

می‌باشد و به علت دارا بودن اسانس (آرام‌بخش، ضداسپاسم و ضدالتهاب) مورد کشت و کار قرار می‌گیرد (Singh et al., 2003). تنش شوری از طریق

### مقدمه

جعفری مکزیکی (*Tagetes minuta* L.) گیاهی یک‌ساله و متعلق به خانواده کاسنی (Asteraceae)

آنجایی که تاکنون تحقیقی مبنی بر بررسی اثر این خاک معدنی بر خصوصیات گیاهان دارویی جعفری مکزیک انجام نشده است؛ بنابراین هدف از این تحقیق بررسی اثر خاک معدنی آزومیت بر کاهش خسارات ناشی از تنش شوری در گیاه دارویی جعفری مکزیک می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

این تحقیق در شرایط گلخانه‌ای (واقع در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۱ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متری از سطح دریا، دمای ۲۷-۱۸ درجه سانتی‌گراد (روز-شب) و میانگین رطوبت نسبی گلخانه ۷۰ تا ۷۵ درصد) و در گلخانه تحقیقاتی گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز دانشگاه فردوسی مشهد و با هدف بررسی اثر خاک معدنی آزومیت بر کاهش خسارات ناشی از تنش شوری در گیاه دارویی جعفری مکزیک در سال ۱۳۹۷ انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و با سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل تنش شوری در ۳ سطح به‌عنوان فاکتور اول (صفر، ۳۰ و ۶۰ میلی‌مولار کلرید سدیم که به‌صورت شوری آب آبیاری اعمال شد) و کاربرد آزومیت در ۴ سطح به‌عنوان فاکتور دوم (صفر، ۴، ۸ و ۱۲ گرم در کیلوگرم خاک) بودند. محیط کشت ترکیبی شامل خاک + ماسه + خاکبرگ با نسبت به ترتیب ۲:۳:۱ آماده شد و به ازای هر کیلوگرم خاک مقدار تیمارهای آزومیت به آن افزوده شد. محیط کشت آماده‌شده درون گلدان‌هایی با قطر دهانه ۳۰ و ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر و با گنجایش ۱۲ کیلوگرم خاک (وزن خاک هر گلدان بدون اضافه کردن آزومیت به ترتیب ۱۲، ۱۱/۹۵۲، ۱۱/۹۰۴ و ۱۱/۸۵۶ کیلوگرم بود) ریخته شد (مشخصات خاک مورد استفاده و آزومیت به ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ آورده شد). نشاءهای جعفری مکزیک (بذر از شرکت زردبند تهیه شد) در مرحله ۴ تا ۶ برگی به تعداد ۴ نشاء به هر گلدان انتقال یافتند (در نهایت ۳ بوته در هر گلدان باقی ماند) و آبیاری با آب معمولی انجام شد.

ایجاد تغییرات فیزیولوژیک، مورفولوژیک و بیوشیمیایی بر جنبه‌های مختلف رشد و نمو گیاه تأثیر می‌گذارد (Siringam et al., 2011). در هنگام بروز تنش شوری گونه‌های فعال اکسیژن تولید شده که موجب تخریب غشاء سلول و در نتیجه افزایش نشت الکترولیت شده و کلروفیل گیاه را تخریب می‌کند (Yasar et al., 2006). گیاهان در برابر این خسارت از خود پاسخ‌های مختلفی نشان می‌دهند که از جمله این پاسخ‌ها می‌توان به تجمع مواد محلول سازگار از جمله قند و پرولین اشاره کرد (Khosravinejad et al., 2009). تحقیقات گذشته نشان داد که در هنگام افزایش تنش شوری محتوای کربوهیدرات محلول و پرولین در گیاه آویشن دنائی (*Thymus daenensis Celak*) (Harati et al., 2016) و مرزه خوزستانی (*Satureja khuzestanika L.*) (Amiri and Moazeni, 2016) افزایش یافت. هم‌چنین با افزایش تنش شوری نشت الکترولیت، فعالیت آن‌تی‌اکسیدانتی و فنل کل نیز در ریحان (*Ocimum basilicum L.*) (Bahari Saravi et al., 2015) افزایش یافت. در مقابل رنگیزه‌های فوتوسنتزی و محتوای نسبی آب برگ در ریحان (Moghaddam and Talebi, 2016) کاهش یافتند. آزومیت نوعی خاک معدنی طبیعی می‌باشد که حاوی بیش از ۷۰ نوع عناصر ماکرو و میکرو بوده و و نفوذ آب خاک را با مشکل مواجه نمی‌کند و کاربرد آن آسان است. این ماده از طریق افزایش فعالیت کرم‌های خاکی و رشد و نمو میکروارگانیسم‌ها، به افزایش گیاه‌خاک کمک کرده و حاصلخیزی خاک را افزایش می‌دهد. ویژگی تبادل کاتیونی بالای این ماده موجب شده تا عناصر در این ترکیب ذخیره شده و از شسته شدن آن‌ها جلوگیری شود و تا حدودی سدیم موجود در خاک را از دسترس گیاه خارج می‌سازد (Yarrow, 2000). آزومیت آب را در ساختمان خود نگهداری کرده و باعث بهبود خصوصیات گیاه در شرایط تنش‌های محیطی می‌شود (Bahrami et al., 2016). با توجه به خصوصیت اصلاحی آزومیت و هم‌چنین از

**Table1. Result of chemical and physical analysis of the soil**

K (mg/kg)	P (mg/kg)	N (%)	Organic carbon (%)	EC (dS.m <sup>-1</sup> )	pH
202	24.6	0.057	0.66	4.09	7.55

**Table 2. Chemical analysis of the Azomite soil used in this experiment**

Elements	Concentration (ppm)	Elements	Concentration (ppm)	Elements	Concentration (ppm)
Ag	0.2	Cs	7.2	Pb	14
Al	81094	Cu	25	S	2762
As	6	Fe	42802	Se	<0.5
B	150	Gd	4.01	Sn	2.6
Ba	571	K	46058	Ti	6053
Be	2.1	La	24	U	2.6
Bi	0.2	Mg	>2%	V	133
C	1600	Mn	723	Zn	73
Ca	42630	Mo	0.66	Zr	76
Cd	0.23	Na	4709	N	1.6%
Ce	52	Ni	31	pH	8.05
Co	14.5	O	6325	EC	1.38 dS.m <sup>-1</sup>
Cr	80	P	706		

هاون چینی به همراه ۵ میلی لیتر متانول ۹۹ درصد عصاره گیری شد، سپس سانتریفیوژ انجام گرفت و عصاره شفاف قسمت فوقانی آن برای اندازه گیری صفات بیوشیمیایی جدا شد. به منظور اندازه گیری رنگزه های فتوسنتزی، عصاره متانولی در دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل UK Bio Quest C250) با طول موج های ۶۵۳، ۶۶۶ و ۴۷۰ نانومتر قرار گرفت (Wellburn, 1994). جهت اندازه گیری فعالیت آنتی اکسیدانتی، به ۰/۸ میلی لیتر از عصاره متانولی رقیق شده ۴ میلی لیتر DPPH (2,2-Diphenyl-1-Picryl-hydrazol) (۱ میلی مولار) اضافه شد. سپس جذب محلول های حاصل و همچنین جذب نمونه شاهد (کلیه مواد بدون نمونه گیاهی) در طول موج ۵۱۷ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد (Moon and Terao, 1998). فنل کل با روش سینگلتن و راشی اندازه گیری شد (Singlton and Rossi, 1965). کربوهیدرات های محلول با قرائت جذب نوری نمونه ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۲۰ نانومتر اندازه گیری شد (Sadasivam and Manickam, 1992). جهت اندازه گیری پرولین ۰/۱ گرم نمونه خشک با ۱۰ میلی لیتر اسید سولفوسالیسیلیک ۳/۳ درصد عصاره گیری شد و به همراه ناین هیدرین اسید استیک گلاسیال (glacial) در حمام قرار داده شد. سپس با اضافه کردن تولوئن و شیک نمونه ها لایه فوقانی (صورتی رنگ) ایجاد شده

پس از استقرار گیاه (در مرحله ۵ تا ۶ برگی) تیمار شوری به ترتیب غلظت ها به همراه آب آبیاری اعمال (Harati et al., 2016) و به منظور جلوگیری از ایجاد شوک به گیاه ابتدا کمترین غلظت اعمال گردید و سپس با فاصله هر هفته بر غلظت ها افزوده شد (Rezaei- Chiyaneh et al., 2015). آیشویی هر ده روز یکبار به منظور جلوگیری از تجمع املاح در سطح خاک انجام شد. در مرحله گلدهی نمونه برداری به منظور اندازه گیری صفات صورت گرفت. صفات مورد مطالعه شامل زیست توده خشک اندام هوایی، محتوای نسبی آب برگ (RWC)، نشت الکترولیت، رنگزه های فتوسنتزی، فعالیت آنتی اکسیدانتی، فنل کل، کربوهیدرات محلول، پرولین و میزان اسانس بودند.

جهت اندازه گیری زیست توده خشک گیاه، نمونه های گیاهی به مدت ۴۸ ساعت درون آون با دمای ۷۲ درجه سانتی گراد قرار گرفتند و سپس با ترازویی به دقت ۰/۰۱ گرم توزین شدند. اندازه گیری محتوای نسبی با توجه به روش Sanchez et al. (1998) و از رابطه زیر به دست آمد.

$$\%RWC = (FW-DW) / (TW-DW) \times 100$$

که به ترتیب FW، DW و TW وزن تر، خشک و وزن آماس برگ بودند. نشت الکترولیت (EL) با روش (Lutts et al., 1995) اندازه گیری شد.

برای تهیه عصاره متانولی ۰/۵ گرم برگ تازه در

درصد معنی دار شد (جدول ۳).

### زیست توده خشک اندام هوایی

نتایج حاکی از کاهش زیست توده خشک اندام هوایی گیاه با افزایش سطح تنش شوری بود و کاربرد آزومیت توانست در این شرایط این صفت را بهبود بخشد به طوری که بیشترین میزان زیست توده خشک اندام هوایی گیاه (۳۱/۸۵ گرم در گیاه) در تیمار بدون شوری و کاربرد آزومیت با سطح ۱۲ گرم در کیلوگرم خاک مشاهده شد و کمترین میزان آن (۱۹/۳۵ گرم در گیاه) در تیمار شوری ۶۰ میلی مولار و عدم کاربرد آزومیت مشاهده شد (شکل ۱). مطابق با نتایج این تحقیق افزایش تنش شوری سبب کاهش زیست توده خشک همیشه بهار (Kalhor et al., 2019) (*Calendula officinalis* L.) شد. یکی از دلایل کاهش رشد گیاهان در شرایط کلرید سدیم این است که غلظت یون سدیم در این شرایط در گیاه افزایش یافته و گیاه باید برای به حداقل رساندن خسارت به

در دستگاه اسپکتروفتومتر با طول موج ۵۲۰ نانومتر قرار گرفت و مقدار پرولین با استفاده از منحنی استاندارد تعیین گردید (برای رسم منحنی استاندارد از پرولین خالص با غلظت‌های صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میکرومولار استفاده شد) (Bates et al., 1973). اسانس پیکر رویشی خشک گیاهان (در مرحله تمام گل و از سرشاخه‌های نازک برگ و گلدار) به روش تقطیر با آب و به وسیله دستگاه کلونجر به مدت ۳ ساعت استخراج شد و درصد آن محاسبه گردید. تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری 17 Minitab و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون Bonferroni در سطح احتمال پنج درصد انجام شد و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel-2016 استفاده گردید.

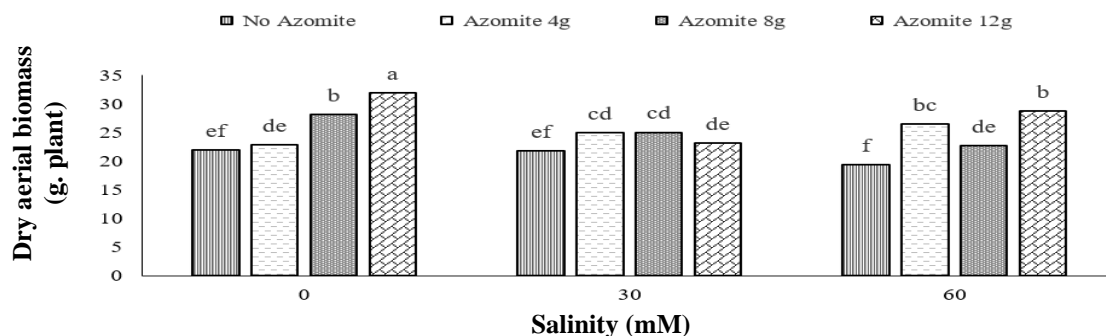
### نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل تنش شوری و کاربرد خاک معدنی آزومیت بر تمامی صفات مورد مطالعه در این تحقیق در سطح احتمال یک

**Table 3. Analysis of variance of effect of salinity stress and Azomite application on studied traits in *Tagetes minuta***

S.O.V.	df	Mean Squares (MS)											
		Dryaerial biomass	RWC	Electrolyte leakage	Chlorophylla	Chlorophyll b	Carotenoid	Total chlorophyll	Antioxidant activity	Total phenol	Soluble carbohydrates	Proline	Essential oil content
Salinity	2	68.54**	869.7**	9436.81**	6.61**	20.39**	40.69**	176.49**	58.59**	1065.82**	8109.24**	0.01300**	0.024**
Azomite	3	4.31**	79.9**	539.77**	13.32**	25.26**	41.37**	219.73**	15.89**	691.42**	2295.06**	0.00090**	0.005**
Salinity × Azomite	6	33.44**	82.1**	116.99**	0.81**	1.20**	8.67**	13.62**	1.34**	128.14**	76.44**	0.00010**	0.010**
Error	24	0.72	8.6	3.74	0.01	0.09	0.24	0.72	0.16	7.90	12.52	0.00001	0.001
C.V. (%)		3.47	4.47	4.45	2.02	4.55	4.59	3.77	0.42	3.91	4.83	4.76	9.34

\*Significant at a probability level of one percent.



**Figure 1. Mean comparison of interaction effect of salinity stress and Azomite application on dry aerial biomass of *Tagetes minuta***

میزان ۱۲ گرم در کیلوگرم خاک مشاهده شد (جدول ۴). محتوای نسبی آب برگ می‌تواند شاخص مناسبی از آب موجود در گیاه باشد و اگر میزان آن بالا باشد بدین معنی است که گیاه در وضعیت مناسبی قرار دارد و آماس سلولی خود را حفظ می‌کند و رشد آن تداوم می‌یابد؛ ولی با افزایش تنش شوری و کاهش آماس سلولی از محتوای نسبی آب برگ نیز کاسته می‌شود (Rao and Mandham, 1991). هم‌چنین می‌توان چنین گفت که با افزایش تنش شوری، پتانسیل آب در اطراف ریشه منفی‌تر شده و بنابراین جذب آب توسط ریشه کاهش می‌یابد؛ در نتیجه آب قابل جذب برای گیاه از دسترس آن خارج می‌گردد و کاهش در محتوای نسبی آب برگ رخ می‌دهد. که اثر آزمونیت در افزایش محتوای آب برگ می‌تواند به علت وجود عناصر کلسیم (۳ درصد) و پتاسیم (۵ درصد) در ساختمان این ترکیب باشد (Palmer and Sharon, 2009). نقش این عناصر در حفظ تورژسانس و جذب آب بخوبی مورد مطالعه قرار گرفته است (Saeedakram et al., 2009). بنابراین حفظ محتوای نسبی آب در این مطالعه نیز احتمالاً به این دلیل می‌باشد.

#### رنگیزه‌های فتوسنتزی

بیشترین میزان کلروفیل a (۷/۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ)، کلروفیل b (۹/۲۶ میلی‌گرم در گرم وزن

سلول‌هایش تمام انرژی خود را صرف بیرون راندن این یون نماید و در نتیجه این مصرف انرژی، رشد گیاه و در نهایت عملکرد آن کاهش خواهد یافت (Kazemzadeh Haghghi, 2010). به نظر می‌رسد که کاهش زیست‌توده خشک اندام هوایی در گیاه مورد مطالعه در این تحقیق نیز به همین علت باشد. همان‌طور که در این تحقیق مشهود است کاربرد آزمونیت سبب بهبود زیست‌توده گیاه گردید و این امر احتمالاً به این علت می‌باشد که این ترکیب دارای مجموعه‌ای از مواد مغذی محلول در آب می‌باشد که بعد از اضافه شدن به خاک این مواد در اختیار گیاه قرار گرفته و باعث افزایش سطح تنظیم‌کننده‌های رشد از جمله اکسین می‌گردد و توسعه ریشه گیاه در خاک و به دنبال آن افزایش جذب عناصر غذایی را نیز در گیاه افزایش می‌دهد (Palmer and Sharon, 2009).

#### محتوای نسبی آب برگ

محتوای نسبی آب برگ در جعفری مکزیکی نیز هم‌راستا با نتایج به‌دست آمده در گیاه همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) (Baniasadi et al., 2015) و بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.) (Lotfollahi et al., 2014) با افزایش شوری کاهش یافت و در شوری ۶۰ میلی‌مولار به کمترین میزان خود (۵۶/۲ درصد) رسید و بیشترین میزان آن (۷۴/۲ درصد) در تیمار بدون شوری و کاربرد آزمونیت به

**Table 4. Mean comparison of interaction effect of salinity stress and Azomite application on the studied traits in *Tagetes minuta***

Salinity (mM)	Azomite (g/kg of soil)	RWC (%)	Electrolyte leakage (%)	Chlorophyll a (mg g <sup>-1</sup> FW)	Chlorophyll b (mg g <sup>-1</sup> FW)	Carotenoid (mg g <sup>-1</sup> FW)	Total chlorophyll (mg g <sup>-1</sup> FW)	Antioxidant activity (%)	Total phenol (mg g <sup>-1</sup> FW)	Soluble carbohydrates (mg g <sup>-1</sup> FW)	Proline (μM/gDW)
0	0	62.1 <sup>de</sup>	22.58 <sup>f</sup>	4.85 <sup>cd</sup>	7.28 <sup>b</sup>	10.82 <sup>c</sup>	22.14 <sup>ef</sup>	92.75 <sup>ef</sup>	65.66 <sup>ef</sup>	56.23 <sup>ef</sup>	0.043 <sup>f</sup>
	4	69.4 <sup>a-c</sup>	21.48 <sup>f</sup>	4.91 <sup>cd</sup>	7.28 <sup>b</sup>	12.85 <sup>b</sup>	24.04 <sup>de</sup>	91.64 <sup>f-h</sup>	64.00 <sup>f</sup>	50.55 <sup>fg</sup>	0.042 <sup>f</sup>
	8	72.7 <sup>ab</sup>	19.16 <sup>f</sup>	4.96 <sup>bc</sup>	8.29 <sup>a</sup>	13.48 <sup>b</sup>	24.99 <sup>cd</sup>	90.44 <sup>gh</sup>	63.02 <sup>f</sup>	44.09 <sup>g</sup>	0.040 <sup>f</sup>
	12	74.2 <sup>a</sup>	9.92 <sup>g</sup>	7.38 <sup>a</sup>	9.26 <sup>a</sup>	16.73 <sup>a</sup>	33.39 <sup>a</sup>	90.36 <sup>h</sup>	48.00 <sup>g</sup>	27.49 <sup>h</sup>	0.028 <sup>g</sup>
30	0	59.6 <sup>ef</sup>	39.75 <sup>d</sup>	4.51 <sup>d</sup>	5.34 <sup>cd</sup>	9.91 <sup>cd</sup>	19.94 <sup>f</sup>	95.02 <sup>bc</sup>	83.76 <sup>bc</sup>	89.44 <sup>cd</sup>	0.070 <sup>d</sup>
	4	62.5 <sup>de</sup>	38.08 <sup>de</sup>	4.69 <sup>cd</sup>	6.26 <sup>c</sup>	10.55 <sup>c</sup>	20.42 <sup>f</sup>	95.02 <sup>bc</sup>	71.62 <sup>d-f</sup>	82.96 <sup>d</sup>	0.060 <sup>de</sup>
	8	66.7 <sup>cd</sup>	37.12 <sup>de</sup>	5.38 <sup>b</sup>	8.29 <sup>a</sup>	10.91 <sup>c</sup>	27.17 <sup>c</sup>	93.55 <sup>de</sup>	69.43 <sup>d-f</sup>	66.30 <sup>e</sup>	0.058 <sup>de</sup>
	12	72.7 <sup>ab</sup>	31.99 <sup>e</sup>	7.50 <sup>a</sup>	9.26 <sup>a</sup>	13.41 <sup>b</sup>	30.18 <sup>b</sup>	91.70 <sup>fg</sup>	66.12 <sup>ef</sup>	58.91 <sup>ef</sup>	0.055 <sup>e</sup>
60	0	56.2 <sup>f</sup>	83.55 <sup>a</sup>	4.51 <sup>d</sup>	3.89 <sup>e</sup>	6.91 <sup>f</sup>	13.84 <sup>i</sup>	97.27 <sup>a</sup>	95.10 <sup>a</sup>	114.40 <sup>a</sup>	0.120 <sup>a</sup>
	4	59.3 <sup>ef</sup>	78.07 <sup>ab</sup>	3.81 <sup>e</sup>	4.55 <sup>de</sup>	8.00 <sup>ef</sup>	16.68 <sup>h</sup>	95.91 <sup>b</sup>	84.96 <sup>b</sup>	107.01 <sup>ab</sup>	0.110 <sup>a</sup>
	8	61.7 <sup>cd</sup>	74.44 <sup>b</sup>	3.81 <sup>e</sup>	4.55 <sup>de</sup>	8.63 <sup>de</sup>	17.15 <sup>gh</sup>	95.77 <sup>b</sup>	75.64 <sup>cd</sup>	96.94 <sup>bc</sup>	0.090 <sup>b</sup>
	12	68.6 <sup>bc</sup>	64.69 <sup>c</sup>	3.03 <sup>f</sup>	4.86 <sup>de</sup>	8.78 <sup>de</sup>	19.62 <sup>fg</sup>	94.38 <sup>d</sup>	73.94 <sup>de</sup>	83.29 <sup>d</sup>	0.080 <sup>c</sup>

Numbers with at least one similar letter in each column are not significantly different based on Bonferroni test.

گرم در کیلوگرم خاک میزان نشت الکترولیت را ۲۲/۵۷ درصد کاهش داد (جدول ۴). تحقیقات پیشین نیز نشان داد که با افزایش تنش شوری نشت الکترولیت در ریحان (*Ocimum basilicum* L.) (Moghddam and Talebi, 2016) افزایش یافت که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد. نشت الکترولیت در هنگام تنش شوری افزایش می‌یابد، به دلیل این که در هنگام تنش گونه‌های فعال اکسیژن افزایش پیدا می‌کنند و سبب پراکسیداسیون لیپیدی و کاهش پایداری غشاء شده و در نتیجه مواد سیتوپلاسمی از آن به بیرون نشت کرده و افزایش هدایت الکتریکی را به دنبال دارد (Manchanda and Grag, 2008). به نظر کاربرد آزومیت از طریق آزاد کردن عناصر غذایی به خاک و در اختیار قرار گرفتن آن‌ها برای گیاه سبب بهبود صفات مورد مطالعه در این تحقیق شده است (Arshad et al., 2012).

#### فعالیت آنتی‌اکسیدانتی و فنل کل

همزمان با افزایش تنش شوری در گیاه و با رسیدن به بالاترین سطح شوری میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانتی (۹۷/۲۷ درصد) و فنل کل (۹۵/۱ میلی‌گرم در گرم در گرم وزن تر برگ) نیز به بیشترین میزان خود رسید و با کاربرد آزومیت در هر سه سطح ۴، ۸ و ۱۲ گرم در کیلوگرم خاک میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانتی و فنل کل به‌صورت معنی‌داری کاهش یافت به طوری که کاربرد آزومیت به میزان ۱۲ گرم در کیلوگرم خاک توانست به‌ترتیب سبب کاهش ۲/۹۷ و ۲۲/۲۵ درصدی فعالیت آنتی‌اکسیدانتی و فنل کل شود که این کاهش‌ها معنی‌دار بودند (جدول ۴). علت افزایش آنتی‌اکسیدان‌ها و همچنین ترکیبات فنلی که دسته‌ای از ترکیبات آنتی‌اکسیدانتی می‌باشند در هنگام تنش شوری، افزایش گونه‌های فعال اکسیژن در گیاه می‌باشد که برای گیاه سمی بوده و سبب تخریب لیپیدهای غشاء، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک می‌شود و گیاه برای تحمل این شرایط ساخت ترکیبات آنتی‌اکسیدانتی خود را افزایش می‌دهد تا بتواند رادیکال‌های آزاد را حذف کند (Demiral et al., 2005) و همین امر می‌تواند دلیلی بر افزایش میزان آنتی‌اکسیدان‌ها

تر برگ)، کارتنوئید (۱۶/۷۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) و کلروفیل کل (۳۳/۳۹ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) در تیمار بدون شوری و کاربرد آزومیت به مقدار ۱۲ گرم در کیلوگرم خاک به‌دست آمد که میزان کلروفیل a و b تفاوت معنی‌داری با شوری ۳۰ میلی‌مولار و مقدار مشابه آزومیت نداشت (جدول ۴). نتایج به‌دست آمده از این تحقیق با گزارشات در مورد گیاهانی از جمله همیشه‌بهار (Baniasadi et al., 2015) و گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) (Shaki et al., 2018) مبنی بر کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی در اثر شوری هم‌راستا بود. تنش شوری هم‌چنین موجب تخریب کلروپلاست و تغییر در تعداد و اندازه آن‌ها می‌شود و از همین رو کاهش کلروفیل گیاه را در پی دارد (Cooper-Driver, 1998). هم‌چنین دلیل دیگر کاهش کلروفیل در گیاه تحت تنش می‌تواند به علت تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن در سلول باشد که اثر تخریب‌کننده داشته و باعث پراکسیداسیون و تجزیه کلروفیل می‌شود (Schutz and Fangmeir, 2001). منیزیم اتم مرکزی در کلروفیل را تشکیل داده و در تعیین اندازه، ساختار و عملکرد کلروپلاست اهمیت اساسی دارد (Ruiz et al., 1997) و از آنجایی که آزومیت در ساختار خود دارای منیزیم می‌باشد با در اختیار گذاشتن این عنصر برای گیاه می‌تواند رنگیزه‌های فتوسنتزی را در گیاه افزایش دهد که در این تحقیق افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی با کاربرد آزومیت نشان داده شده است. در هنگام تنش شوری جذب عنصر سدیم در گیاه افزایش می‌یابد که افزایش این عنصر در گیاه سبب می‌شود تا جذب عناصر پرمصرف مثل کلسیم، پتاسیم، فسفر و منیزیم کاهش یابد و کاهش در جذب این عناصر در گیاه کاهش رشد، رنگیزه‌های فتوسنتزی و محتوای نسبی آب برگ را در پی دارد (Duran et al., 2011).

#### نشت الکترولیت

با افزایش تنش شوری، نشت الکترولیت نیز افزایش یافت به طوری که در بالاترین سطح شوری و عدم کاربرد آزومیت نشت الکترولیت به بیشترین میزان خود (۸۳/۵۵ درصد) رسید و کاربرد آزومیت به میزان ۱۲



شد. پرولین یک آمینواسید حلال است که به‌عنوان یک ماده محافظت‌کننده و غیرسمی جهت تنظیم اسمزی شناخته می‌شود و با افزایش سطح تنش محتوای پرولین و کربوهیدرات‌ها به‌طور قابل توجهی افزایش می‌یابد. گیاهان هنگام مواجه شدن با استرس‌های محیطی شروع به ایجاد مکانیسم‌های دفاعی برای زنده ماندن و مقابله با تنش می‌کنند که افزایش پرولین و قندها از این موارد است (Yamada et al., 2005). پرولین یک مولکول تنظیم‌کننده است که در شرایط شوری مقاومت گیاه به تنش شوری را افزایش می‌دهد (Harati et al., 2016). پرولین سبب سرکوب رادیکال‌های آزاد می‌شود و از اجزای داخلی سلول در هنگام تنش شوری یا کم شدن آب سلول حفاظت می‌کند (Zhang et al., 2009). به‌طوری که ملاحظه می‌شود در این آزمایش نیز با افزایش شوری میزان پرولین برگ به منظور مقابله با شرایط تنش افزایش می‌یابد. علت کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانتی، فنل کل، کربوهیدرات‌های محلول و محتوای پرولین تحت تنش با کاربرد آزمون این است که این ترکیب خواص فیزیکی خاک را بهبود داده و بدین طریق حفظ آب در خاک را افزایش می‌دهد و از غلظت املاح در اطراف ریشه گیاه کاسته و خسارات ناشی از تنش شوری را کاهش می‌دهد؛ لذا با کاهش این خسارات میزان ترکیبات نام برده نیز که در هنگام تنش به منظور حفاظت از گیاه افزایش می‌یابند، کم می‌شوند (Chris and Mark, 1998).

### میزان اسانس

تجزیه واریانس اثر متقابل شوری و آزمونیت در سطح احتمال یک درصد بر میزان اسانس گیاه جعفری مکزیکی معنی‌دار شد (جدول ۳). بر طبق نتایج بیشترین میزان اسانس در تیمار بدون شوری و کاربرد آزمونیت در سطح ۱۲ گرم در کیلوگرم خاک مشاهده شد (شکل ۲) و میزان آن در تیمار شوری ۶۰ میلی‌مولار و عدم کاربرد آزمونیت ۴۷/۸۲ درصد کاهش یافت و به کمترین میزان خود رسید (شکل ۲). به نظر می‌رسد که شوری میزان اسانس را کاهش می‌دهد و این مسئله احتمالاً به دلیل محدود شدن عرضه سیتوکینین از ریشه‌ها به شاخه‌ها و در

در این تحقیق باشد. به بیان دیگر می‌توان چنین گفت که ترکیبات فنلی از اجزاء سیستم دفاعی غیرآزمونی آنتی‌اکسیدانتی سلول‌های گیاهی می‌باشند که مهار اتواکسیداسیون لیپیدها، تجزیه رادیکال‌های آزاد اکسیژن و پراکسیدها را به عهده دارند و همین امر سبب می‌شود تا در شرایط تنش به منظور محافظت از گیاه افزایش یابند (Parida and Das, 2005) که نتایج این تحقیق نیز همین امر را اثبات می‌کند.

### کربوهیدرات محلول

نتایج این تحقیق نشان داد که بیشترین مقدار کربوهیدرات محلول (۱۱۴/۴ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) در تیمار شوری ۶۰ میلی‌مولار و عدم کاربرد آزمونیت مشاهده شد و کاربرد آزمونیت در سطح ۱۲ گرم در کیلوگرم خاک موجب شد تا این صفت به‌طور معنی‌داری نسبت به شرایط بدون کاربرد آزمونیت کاهش نشان دهد (۲۷/۱۹ درصد). مطابق با نتایج حاصل از این تحقیق تنش شوری سبب افزایش کربوهیدرات‌های محلول در همیشه‌بهار (Kalhor et al., 2019) شد. با افزایش تنش شوری میزان کربوهیدرات‌های محلول در گیاه افزایش یافت که می‌تواند به این علت باشد که گیاه در مقابله با تنش میزان کربوهیدرات‌های محلول خود را که از جمله آن‌ها می‌توان به گلوکز، فروکتوز، سوکروز و فروکتان اشاره کرد، افزایش می‌دهد تا به سبب افزایش آن‌ها از نقش محافظت‌کنندگی اسمزی، فشار اسمزی، ذخیره کربن و جوارو کردن رادیکال‌های اکسیژن آن بهره‌مند گردد (Shaki et al., 2018).

### محتوای پرولین

نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل شوری و آزمونیت نشان داد که بیشترین محتوای پرولین (۰/۱۲ میکرومول در گرم وزن خشک) با رسیدن به بالاترین سطح شوری و عدم کاربرد آزمونیت به‌دست آمد؛ اما کاربرد آزمونیت در سطح ۱۲ گرم در کیلوگرم خاک توانست سبب کاهش ۳۳/۳۳ درصدی آن نسبت به شاهد شود. مطابق با نتایج حاصل از این تحقیق تنش شوری سبب افزایش پرولین در گیاه ریحان (Afshar and Ladan Moghadam, 2013)

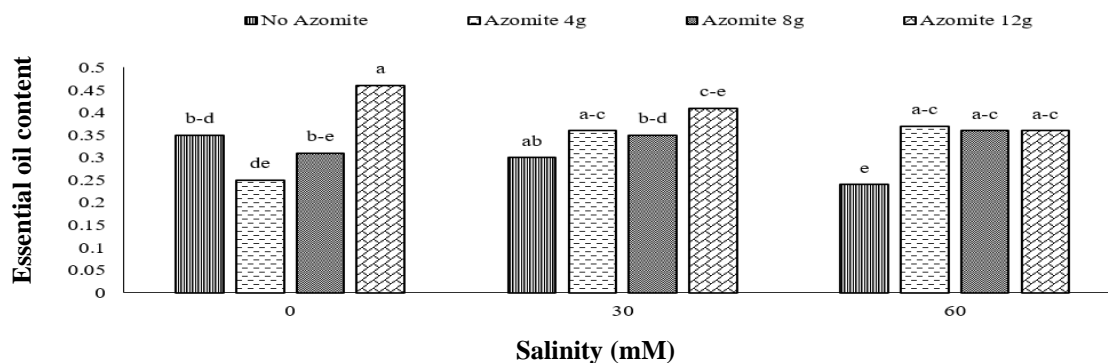


Figure 2. Mean comparison of interaction effect of salinity stress and Azomite application on essential oil content of *Tagetes minuta*

### نتیجه گیری

با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق می‌توان چنین گفت که از بین تیمارهای آزومیت به کار رفته در این آزمایش، تیمار ۱۲ گرم در کیلوگرم خاک نسبت به بقیه سطوح در بهبود زیست‌توده خشک اندام هوایی و خصوصیات بیوشیمیایی گیاه جعفری مکزیکی مؤثرتر بوده است و می‌تواند به‌عنوان یک راهکار مناسب جهت کاهش خسارات ناشی از تنش شوری در تولید این گیاه در مناطق شور استفاده شود.

### سپاس‌گزاری

نویسندگان از دانشگاه فردوسی مشهد به سبب فراهم آوردن شرایط این پژوهش تشکر و قدردانی می‌نمایند.

نتیجه تغییر نسبت بین سیتوکنین و اسید آبسزیک برگ عرصة سیتوکنین از ریشه‌ها به شاخه‌ها و در نتیجه تغییر نسبت بین سیتوکنین و اسید آبسزیک برگ باشد (Barrert-Lennard, 2003). مطابق با نتایج این تحقیق سطح بالای تنش شوری موجب کاهش میزان اسانس در گیاه رازیانه (Ashraf et al., 2004) شد. در واقع یکی از عواملی که می‌تواند مقدار تولید متابولیت‌های ثانویه را تحت تأثیر قرار دهد شوری خاک می‌باشد (Tabatabaie and Nazari, 2007). به نظر می‌رسد کاربرد آزومیت از طریق کاهش اثرات تنش شوری موجب افزایش میزان اسانس در گیاه جعفری مکزیکی تحت تنش گردیده است.

### References

- Afshar, M., & Ladan Moghadam, A. R. (2013). Evaluation the effect of salicylic acid on some quantitative, qualitative and growth on salt stress in basil (*Ocimum basilicum* L.) plant. *Cellular and Molecular Plant Biology Journal*, 10(1), 35-43. [In Farsi]
- Amiri, H., & Moazeni, L. (2016). Interaction of salinity and ascorbic acid with some biochemical features in *Satureja khuzestanica*. *Magazine of Recent Findings in Biological Sciences*, 3(1), 69-79. [In Farsi]
- Arshad, M., Saqib, M., Akhtar, J., & Asghar, M. (2012). Effect of calcium on the salt tolerance of different of wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *Pakistan Journal Agriculture Science*, 49(4), 497-504.
- Ashraf, M., Mukhtar, N., Rehman, S., & Rha, E.S. (2004). Salt-induced changes in photosynthetic activity and growth in a potential medicinal plant Bishop's weed (*Ammi majus* L.). *Photosynthetica*, 42(2), 543-550.
- Bahari Saravi, S. H., Pirdashti, H., & Yaghoobian, Y. (2015). Response of chlorophyll fluorescence and physiological parameters of basil plant (*Ocimum basilicum* L.) to the function of growth enhancing bacteria (PGPR) under salinity stress. *Journal of Process and Plant Function*, 6(19), 89-104. [In Farsi]
- Baniasadi, F., Safari, V. R., & Maghsoodimood, A. A. (2015). The Effect of putrescine and salinity on morphological, biochemical, and pigments of (*Calendula officinalis* L.). *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, 6(1), 125-134. [In Farsi]

- Barrert-Lennard, E. G. (2003). The interaction between waterlogging and salinity in higher plants: Causes, consequences and implications. *Plant and Soil*, 253(1), 35-54.
- Bates, L. S., Waldren, R. P., & Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil*, 39(1), 205-207.
- Cooper-Driver, G. A., & Bhattacharya, M. (1998). Role of phenolics in plant evolution. *Phytochemistry*, 49, 1165-1174.
- Demiral, M. A., Aydin, M., & Yorulmaz, A. (2005). Effect of salinity on growth chemical composition and antioxidative enzyme activity of two malting barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars. *Turkish Journal of Biology*, 29(2), 117-123.
- Duran, R. E., Coskun, Y., & Savaskan, C. (2011). The examination of Na-Ca effect on some qualitative and quantitative characters in durum wheat plants. *African Journal of Biotechnology*, 10(64), 14013-14023.
- Harati, E., Kashefi, B., & Matinizadeh, M. (2016). Investigation of reducing detrimental effects of salt stress on morphological and physiological traits of (*Thymus daenensis* Celak.) through salicylic acid application. *Plant Production Technology*, 16(2), 111-125. [In Farsi]
- Kalhor, M., Dehestani-Ardakani, M., Shirmardi, M., & Gholam-Nejad, J. (2019). Effect of different media cultures on physico-chemical characteristics of pot Marigold (*Calendula officinalis* L.) plants under salt stress. *Plant Productions*, 42(1), 89-102. [In Farsi]
- Kazemzadeh Haghghi, A. (2010). Evaluation of salinity tolerance in relation to seed germination, in nine forage sorghum varieties sorghum bicolor (L.) mohench. *Journal of Plant Science Researches*, 19(5), 74-81.
- Khosravinejad, F., Heydari, R., & Farboodnia, T. (2009). Effect of salinity on organic solutes contents in barley. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 12, 158-162.
- Lotfollahi, L., Torabi, H., & Omid, H. (2014). Salinity effect on proline, photosynthetic pigments and leaf relative water content of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) in hydroponic condition. *Journal of Plant Production Research*, 22(1), 89-104. [In Farsi]
- Lutts, S., Kinet, J. M., & Bouharmont, J. (1995). Changes in plant response to NaCl during development of rice (*Oryza sativa* L.) varieties differing in salinity resistance. *Journal of Experimental Botany*, 46(12), 1843-1852.
- Manchanda, G., & Garg, N. (2008). Salinity and its effects on the functional biology of legumes. *Acta Physiologia Plantarum*, 30(6), 595-618.
- Moghaddam, M., & Talebi, M. (2016). The Effects of salinity and methyl jasmonate on morphological and biochemical characteristics and photosynthetic pigments content in two basil cultivars. *Journal of Planting and Seed*, 32(1), 81-98. [In Farsi]
- Moon, J. H., & Terao, J. (1998). Antioxidant activity of caffeic acid and dihydrocaffeic acid in lard and human low-density lipoprotein. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(12), 5062-5065.
- Palmer, R., & Sharon, D. (2009). 'Digging Into Soil Health'. Retrieved from <http://www.growerssecret.com> Today's Dietician. Accessed 5 October 2012.
- Parida, A. K., & Das, A. B. (2005). Salt tolerance and salinity effects on plants: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60(3), 324-349.
- Rao, M. S. S., & Mendham, N. J. (1991). Soil-plant-water relations of oilseed rape (*Brassica napus* and *B. campestris*). *The Journal of Agricultural Science*, 117(02), 197-205.
- Rezaei-Chiyaneh, E., Jamali, M., Pirzad, A. R., & Tofiq, S. (2015). Effect of mycorrhizal fungi on some morphophysiological characters and yield of summer savory (*Satureja hortensis* L.) in salt stress conditions. *Process and Plant Function*, 5(17), 15-29. [In Farsi]
- Rostami, Gh., & Moghaddam, M. (2019). Effects of Azomite on growth and some physiological and biochemical characteristics of basil under salt stress conditions. *Journal of Plant Process and Function*, 8(29), 299-311. [In Farsi]

- Ruiz, J. M., Belakbir, A., & Romero, L. (1997). Leaf-ma cronutrient content and yield in grafting melon plants. A model to evaluate the influence of rootstock genotype. *Scientia Horticulturae*, 71(3), 227-234.
- Sadasivam, S., & Manickam, A. (1992). *Biochemical methods for agricultural sciences*. India: Wiley Eastern Limited.
- SaeedAkram, M., Ashraf, M., & AishaAkram, N. (2009). Effectiveness of potassium sulphate in mitigating salt induced adverse effects on different physio-biochemical attributes in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 204(6), 471-483.
- Sánchez, F. J., Manzanares, M., de Andres, E.F., Tenorio, J. L., & Ayerbe, L. (1998). Turgor maintenance, osmotic adjustment and soluble sugar and proline accumulation in 49 pea cultivars in response to water stress. *Field Crops Research*, 59(3), 225-235.
- Schutz, H., & Fangmier, E. (2001). Growth and yield responses of spring wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Minaret) to elevated CO<sub>2</sub> and water limitation, *Environmental Pollutions*, 114(2), 187-194.
- Shaki, F., Ebrahimzadeh, H., & Niknam, V. (2018). The effect of interaction between salicylic acid and penconazole on physiological and biochemical responses of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under salinity. *Journal of Plant Researchers (Iranian Journal of Biology)*, 31(2), 469-481. [In Farsi]
- Singh, V., Singh, B., & Kaul, V. K. (2003). Domestication of wild marigold (*Tagetes minuta*) as a potential economic crop in western Himalaya and north Indian plants. *Economic Botany*, 57(4), 535-544.
- Singlton, 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.
- Siringam, K., Juntawong, N., Cha-um, S., & Kirdmanee, C. (2011). Salt stress induced ion accumulation, ion homeostasis, membrane injury and sugar contents in salt-sensitive rice (*Oryza sativa* L. spp. indica) roots under isosmotic conditions. *African Journal of Biotechnology*, 10(8), 1340-1346.
- Tabatabaie, J., & Nazari, J. 2007. Influence of nutrient concentrations and NaCl salinity on the growth, photosynthesis and essential oil content of peppermint and lemon verbena. *Turkish Journal of Agriculture*, 31(4), 245-253.
- Wellburn, A. R. (1994). The spectral determination of chlorophylls and b as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. *Journal of Plant Physiology*, 144(3), 307-313.
- Yamada, M., Morishita, H., Urano, K., Shiozaki, N., Yamaguchi-Shinozaki, K., Shinozaki, K., & Yoshiba, Y. (2005). Effects of free proline accumulation in petunias under drought stress. *Journal of Experimental Botany*, 56(417), 1975-1981.
- Yamada, M., Morishita, H., Urano, K., Shiozaki, N., Yamaguchi-Shinozaki, K., Shinozaki, K., & Yoshiba, Y. (2005). Effects of free proline accumulation in petunias under drought stress. *Journal of Experimental Botany*, 56(417), 1975-1981.
- Yarrow, D. (2000). Mineral restoration & utah rock dust: ACRES Magazine. *A Voice for Ecology-Agriculture*, 30(4), 14-17.
- Yasar, F., Kusvuran, S., & Ellialtioglu, S. (2006). Determination of anti-oxidant activities in some melon (*Cucumis melo* L.) varieties and cultivars under salt stress. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 81(4), 627-630.
- Zhang, X., Ervin, E. H., Evanylo, G. K., & Haering, K. C. (2009). Impact of biosolids on hormone metabolism in drought- stressed tall fescue Crop. *Food and Agriculture Organization of the United Nation*, 49(5), 1893-1901.

