Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 52, No 1, Spring 2021 (35-46)
DOI: 10.22059/ijhs.2019.272824.1577

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۵۲، شمارهٔ ۱، بهار ۱۴۰۰ (ص ۴۶-۳۵)

ارزیابی کاربرد زئولیت بر ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه دارویی کارلا (*Momordica charantia* L.) در شرایط کم‌آبیاری

معصومه بروشکی[1]، براتعلی فاخری[2]، نفیسه مهدی‌نژاد[3]، مهدی آران[3*] و علیرضا ابدالی مشهدی[4]
۱، ۲ و ۳. دانشجوی کارشناسی ارشد، استاد و استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران
٤. دانشیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین، خوزستان، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۲٤ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۸/۲۵)

چکیده

به‌منظور بررسی اثر زئولیت بر ویژگی های کمی و کیفی گیاه دارویی کارلا تحت تیمارهای کم‌آبیاری، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل در سال ۱۳۹۷- ۱۳۹٦ اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل تنش کم‌آبی در سه سطح (۹۰، ۷۰ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی) و زئولیت در چهار سطح (صفر، ۲۰، ۳۰ و ٤۰ گرم در هر کیلوگرم خاک گلدان) اعمال گردید. نتایج نشان داد کاربرد زئولیت سبب افزایش وزن تر و خشک میوه، قطر میوه و تعداد میوه در بوته شد و کم‌آبیاری اثر کاهشی بر صفات ذکرشده داشت. کاربرد زئولیت در تمامی سطوح کم‌آبیاری سبب افزایش طول بوته، طول میوه، عملکرد میوه، کلروفیل a، b و کارتنویید، ویتامین C و آلکالویید گردید، به‌طوری‌که بیشترین مقدار این صفات در تیمار ٤۰ گرم زئولیت در کیلوگرم خاک حاصل شدند. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان کاربرد زئولیت را درکاهش اثرات نامطلوب کم‌آبیاری بر صفات کمی و کیفی گیاه دارویی کارلا، مثبت ارزیابی کرد.

واژه‌های کلیدی: آلکالویید، تعداد میوه، عملکرد میوه، ویتامین C.

Evaluation of zeolite on quantitative and qualitative characteristics of carela (*Momordica charantia* L.) medicinal plant under deficit irrigation

Masoomeh Broushaki[1], Baratali Fakheri[2], Nafiseh Mahdinezhad[3], Mehdi Aran[3*] and Alireza Abdali Mashhadi[4]
1, 2, 3. M.Sc. Student, Professor and Assistant Professor, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran
4. Associate Professor, Ramin University of Agriculture and Natural Resources, Khuzestan, Iran
(Received: Jan. 14, 2019 - Accepted: Nov. 16, 2019)

ABSTRACT

In order to study the application of zeolite on quantitative and qualitative characteristics of carela medicinal plant under deficit irrigation, a factorial experiment was conducted in a completely randomized design with three replications in a greenhouse at the Agricultural Institute, University of Zabol during 2018. Experimental factors included deficit irrigation in three levels, (90, 70 and 50 % F.C.), and four levels of zeolite (0, 20, 30 and 40 g/kg of soil). The results showed that application of zeolite increased fresh and dry fruit weight, fruit diameter and fruits number per plant and deficit irrigation had a decreasing effect on the mentioned traits. Application of zeolite at all levels of deficit irrigation increased plant length, fruit length, fruit yield, chlorophyll a, b and carotenoid, vitamin C and alkaloids, so that the highest amount of these traits was obtained from 40 g/kg zeolite. In general, application of zeolite was helpful in reducing the adverse effects of deficit irrigation on carela's quantitative and qualitative traits.

Keywords: Alkaloids, fruit number, fruit yield, vitamin C.

* Corresponding author E-mail: mehdiaran@uoz.ac.ir

مقدمه

کارلا (خربزه تلخ، کدوی تلخ) با نام علمی *Momordica charantia* گیاهی علفی، یک‌ساله از تیره کدوئیان و بومی آسیا می‌باشد که از زمان های قدیم در طب سنتی استفاده می‌شود (Crisan *et al*., 2008). اجزای اصلی گیاه کارلا شامل تری‌ترپن، پروتئین، استرویید، آلکالویید، ترکیب‌های معدنی، لیپید و ترکیب‌های فنلی است. در طب سنتی از دانه‌ها، میوه، برگ و ریشه این گیاه برای بهبود زخم و التهاب، عفونت میکروبی، کاهش تب و فشار خون و ... استفاده می‌شود (Ahmad *et al*., 2016). امروزه به‌دلیل خاصیت ضد دیابتی و به‌طور بالقوه به‌دلیل دارابودن خاصیت آنتی‌اکسیدانی در پیشگیری از انواع بیماری‌ها از جمله سرطان مورد استفاده قرار می‌گیرد (Perumal *et al*., 2015). کارلا تحمل خشکی و کمبود آب را ندارد و کم‌آبیاری عملکرد آن را به شدت کاهش می‌دهد. باید محیط ریشه تا عمق ۵۰ سانتی‌متری مرطوب نگه داشته شود، آبیاری از طریق فاروها هر ۱۰ روز یک‌بار در فصول سرد و خشک و هر هفته در فصول گرم و خشک صورت می‌گیرد (Norzai, 2009).

خشکی، یکی از مهم‌ترین عوامل اقلیمی محدود کننده تولید محصولات کشاورزی است که بر پراکنش، رشد و نمو و مواد دارویی گیاهان در سراسر جهان مؤثر است و می‌تواند باعث تغییرات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی در گیاه گردد (Hasani & Omidbeygi, 2002). تغییرات مورفولوژیک در گیاه می‌تواند نوعی سازگاری به تنش‌های آبی و محیطی برای کاهش تعرق و مصرف کمتر آب باشد (Banon *et al*., 2003). اگرچه عملکرد میوه و تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی، تحت کنترل ژنتیک است، ولی عوامل محیطی تنش‌زا، به ویژه کم‌آبیاری، نقش عمده ای در کمیت و کیفیت این مواد به عهده دارند (Ferr & Lovatt, 1999). گیاهان در شرایط تنش خشکی راهکارهایی برای مقابله با خشکی دارند که تجمع اسمولیت‌های پرولین از واکنش‌های شایع برای مقابله با خشکی است. تجمع پرولین و هیدرات‌های کربن محلول در تمام اندام‌های هوایی گیاه در طی تنش وجود دارد، با این حال میزان آن در برگ‌ها بیش از دیگر اندام‌ها است (Trovato *et al*., 2008). سطح بالای پرولین، گیاه را قادر می‌سازد که پتانسیل آبی پایین را حفظ کند، همچنین پرولین می‌تواند مسمومیت رادیکال‌های آزاد را رفع کند (Manivannan *et al*., 2008; Lashkari Saiad, 2013). کاهش برخی صفات کمی و کیفی گیاه دارویی کارلا را تحت تیمار کم‌آبیاری گزارش کرد، همچنین پژوهشی دیگر بر گیاه کارلا نشان داد که بیشتر ویژگی های مورفولوژی و فتوسنتز با افزایش سطح خشکی کاهش یافت (Shahbaz *et al*., 2015).

یکی از راه‌های اساسی در توسعه امر کشاورزی، بالا بردن کارآیی مصرف آب است که افزایش کمی و کیفی محصولات کشاورزی را به همراه دارد. یکی از راه‌کارهای جدید در این زمینه، استفاده از کانی‌های طبیعی مانند زئولیت با فرمول کلی $AlO_2SiO_2.H_2O$ است. زئولیت‌ها گروهی از آلومینوسیلیکات‌های آبدار با ساختمان بلوری ویژه هستند که کاربردهای بسیاری در کشاورزی و باغبانی دارند. قابلیت فراوان آن‌ها در جذب و ذخیره‌سازی آب سبب می‌شود که نخست آب مصرفی گیاه ذخیره شود تا در هنگام لزوم از آب ذخیره شده در زئولیت استفاده شود، دوم آنکه به‌دلیل ظرفیت تبادل کاتیونی بالا و قرارگرفتن بعضی کاتیون‌ها از جمله آمونیوم در شبکه خود، علاوه بر نقش اصلاح‌کنندگی در خاک می‌توانند نقش تغذیه‌ای داشته و باعث بهبود رشد گیاه به‌ویژه در اراضی با قابلیت کاتیونی پایین شوند (Harb & Mohamad, 2009). جذب انتخابی و آزادسازی کنترل شده عناصر غذایی از زئولیت باعث می‌شود در صورت انتخاب نوع صحیح زئولیت مصرفی، هنگامیکه این مواد به عنوان اصلاح‌کننده به خاک اضافه می‌شوند، از طریق افزایش فراهمی طولانی‌مدت آب و عناصر غذایی به بهبود رشد گیاه کمک کنند (Polat *et al*., 2004). استفاده از زئولیت در گیاه بادرشبو بیشترین تأثیر را بر ارتفاع بوته، سطح برگ، ماده خشک و عملکرد گلدهی در ۹۰ درصد ظرفیت زراعی و درصد اسانس و عملکرد دانه در ۶۰ درصد ظرفیت زراعی داشت (Karimzadehasl *et al*., 2018). نتایج مطالعات بر گیاه دارویی کدو پوست کاغذی نشان داده است که بالاترین وزن میوه، بیشترین رطوبت نسبی برگ و بالاترین عملکرد دانه با

کاربرد پلیمر سوپرجاذب از دور ۵ روز آبیاری حاصل شده است (Safavi *et al*., 2016). همچنین در گیاه دارویی نعناع کاربرد زئولیت تحت شرایط کم‌آبیاری موجب بهبود پارامترهای رشدی و عملکرد شد (Ghanbari & Ariafar, 2013). با توجه به خصوصیات منحصر به فرد زئولیت‌ها در بهبود کارایی مصرف آب و خواص فیزیکی خاک، فراوانی طبیعی و خدادادی آنها در کشور ایران، استخراج آسان و در نهایت قیمت اقتصادی مناسب، به‌کارگیری زئولیت‌ها در سطوح مختلف صنایع کشاورزی امکان‌پذیر است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ در گلخانه پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل (چاه نیمه) در موقعیت جغرافیایی ۶۱ درجه و ۲۹ درجه دقیقه طول شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۱۳ دقیقه شمالی و در ارتفاع ۴۹۸/۲ متر از سطح دریا قرار دارد. . بذر مورد استفاده کارلا) در این پژوهش رقم هندی بود که از شرکت زیست بوم زاهدان تهیه شد. فاکتورهای آزمایش شامل کم آبیاری در سه سطح (۹۰، ۷۰ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی) و زئولیت در چهار سطح (صفر، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ گرم در هر کیلوگرم خاک گلدان) بود. در این آزمایش گلدان‌های پلاستیکی ۸ کیلوگرمی با قطر دهانه ۴۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر مورد استفاده قرار گرفت. زئولیت در سطوح مختلف با هرکیلوگرم خاک گلدان که حاوی خاک باغچه با بافت شنی- لومی بود مخلوط و در گلدان‌ها ریخته شد. سپس بذرهای جوانه‌زده به تعداد ۳ عدد به عمق ۳ تا ۵ سانتی‌متری خاک در گلدان‌های مورد نظر کاشته شدند. زئولیت مورد استفاده از نوع کلینوپتیلولیت بود که از شرکت افرازند واقع در تهران تهیه شد. کشت بذرهای گیاه دارویی کارلا درسوم بهمن ماه سال ۱۳۹۶ انجام شد. در طول مدت آزمایش در گلخانه دمای میانگین روز ۳۰ درجه و شب ۲۲ درجه سانتی‌گراد بود.

اعمال تیمارهای تنش با استفاده از روش وزنی و از مرحله ۲۰ روز پس از کشت انجام گردید. با وزن کردن روزانه گلدان‌ها، وضعیت رطوبتی آنها مشخص و بدین ترتیب نقصان رطوبتی گلدان‌ها با اضافه نمودن آب به حد تنش مورد نظر جبران گردید. به منظور به حداقل رساندن خطا در محاسبه میزان آب مورد نیاز و حذف اثر افزایشی وزن گیاه و اطمینان از تنظیم رطوبت گلدان‌ها به روش وزنی، از گلدان‌های فاقد گیاه و هم وزن با گلدان‌های آزمایشی استفاده گردید.

برداشت محصول و نمونه برداری از میوه کارلا در طی سه مرحله به فواصل زمانی ۱۴ روز و بر اساس ارزیابی بصری و هنگامی که میوه‌ها هنوز نارس و سبز رنگ بودند، صورت گرفت. در این تحقیق ویژگی‌های مورفولوژیکی از قبیل ارتفاع بوته، تعداد ساقه‌های فرعی، میانگین طول و قطر میوه، وزن تر و خشک میوه، تعداد میوه در بوته (روش نمونه‌برداری به این ترتیب بود که در هر گلدان و به فاصله ۱۴روز در طول دوره باردهی در سه نوبت میوه‌های آن‌ها برداشت شد و بعد از شمارش میوه‌ها میانگین برای هر بوته محاسبه شد) و عملکرد میوه (با محاسبه میانگین وزن کل میوه‌های حاصل از هر سه برداشت) محاسبه گردید.

برای سنجش میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی شامل کلروفیل a و b و کارتنویید ابتدا ۰/۲ گرم از بافت تازه برگ در مرحله میوه‌دهی و از برگ های جوان کامل توسعه یافته با ۱۰ میلی‌لیتر متانول ۹۹ درصد در هاون چینی ساییده شده و سپس محلول حاصل به مدت ۵ دقیقه در ۳۰۰۰ دور سانتریفیوژ شده و سپس جذب محلول رویی جهت تعیین میزان کلروفیل‌ها و کارتنویید توسط اسپکتروفتومتر در طول موج‌های ۶۵۳، ۶۶۶ و ۴۷۰ نانومتر قرائت گردید. میزان کلروفیل a و b و میزان کارتنوییدها از طریق رابطه‌های زیر محاسبه گردید (Arnon, 1967).

رابطه ۱) $\text{Chl a}= 15.65\ A666 - 7.340\ A653$

رابطه ۲) $\text{Chl b}= 27.05\ A\ 653 - 11.21\ A666$

رابطه ۳) $$carotenoid = \frac{1000A_{470} - 1.8chla - 85.02chlb}{198}$$

برای تعیین میزان پرولین، ۲ میلی‌لیتر از عصاره حاصل از ۰/۵ گرم بافت تازه برگ در مرحله میوه‌دهی و از برگ های جوان کامل توسعه یافته و ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوسالیسیلیک ۳ درصد با ۲ میلی‌لیتر معرف

ناین هیدرین و ۲ میلی‌لیتر اسید استیک خالص مخلوط گردیده و به مدت یک ساعت در حمام آب جوش قرار داده شد و پس از افزودن تولوئن میزان جذب نور فاز فوقانی در طول موج ۵۲۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد (Bates *et al*., 1973).

همچنین ویژگی های محتوای نسبی آب برگ از بافت تازه برگ در مرحله رشد رویشی (Wheutherley, 1950)، ویتامین C (McDonald *et al*., 2001) و میزان آلکالویید کل (Harborne, 1973) در مرحله میوه دهی از بافت میوه اندازه‌گیری شدند.

نتایج با استفاده از نرم‌افزار SAS۹/۱ تجزیه و تحلیل و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه دانکن در سطح احتمال خطای ۵ درصد مقایسه گردیدند.

نتایج و بحث

عملکرد و اجزای عملکرد

نتایج تجزیه واریانس (جدول۱) نشان داد که اثر کم‌آبیاری و زئولیت برای صفات طول بوته، وزن تر و خشک میوه، طول و قطر میوه، تعداد میوه و عملکرد میوه در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل کم‌آبیاری با زئولیت برای طول میوه و عملکرد میوه در سطح یک درصد و برای صفت طول بوته در سطح پنج درصد معنی‌دار شد.

بیشترین میانگین طول بوته، ۳۵۹/۳ سانتی‌متر در آبیاری با ۹۰ درصد ظرفیت زراعی و خاک محتوی ۴۰ گرم در هر کیلوگرم زئولیت و کمترین مقدار ۱۸۱/۶۷سانتی‌متر از کم‌آبیاری با ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و عدم کاربرد زئولیت به‌دست آمد. همچنین بیشترین طول بوته در تیمار تنش شدید (۳۳۸/۳ سانتی‌متر) و در تیمار تنش متوسط (۳۳۵/۶ سانتی‌متر) از تیمار ۴۰ گرم زئولیت در هر کیلوگرم خاک حاصل شد (جدول ۲). کاهش طول بوته با افزایش شدت تنش آبی در کارلا را Rezaie Alulu *et al*. (2019) نیز گزارش کردند. همچنین Taghadosinia *et al*. (2020) کاهش شاخص های رشدی و عملکردی را در دو توده خربزه تحت تاثیر تیمارهای کم آبیاری گزارش کردند. در شرایط کم‌آبیاری جریان آب اطراف سلول‌های در حال رشد کاهش یافته و در نتیجه طویل شدن این سلول‌ها متوقف می‌شود (Sadeghipour & Aghai, 2012). همچنین در شرایط کمبود آب ترشح هورمون سیتوکینین از ریشه کاهش می‌یابد و از طریق کاهش تقسیم سلول‌ها، از طول گیاه کاسته می‌شود (Lalinia *et al*., 2012). با افزایش سطوح تنش کم‌آبی، شاخص‌های رشدی گیاه چای ترش کاهش پیدا کرد (Hashemi, 2016). طبق نتایج آزمایشات انجام شده افزایش مقدار زئولیت باعث تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع در گیاهان گلرنگ (Sibi *et al*., 2011)، همیشه بهار (Shekofteh & Arabnejad Khanooki, 2017) و آلوئه‌ورا (Yari *et al*., 2013) در کم‌آبیاری شد. در توضیح نتیجه به‌دست‌آمده می‌توان گفت که با افزایش مصرف زئولیت این کانی که نوعی رس ۲:۱ است آب بیشتری در خود نگه داشته و در نتیجه با افزایش تنش رطوبتی به‌تدریج آب و مواد غذایی محلول در آب را در اختیار گیاه قرار می‌دهد و سبب جلوگیری از کاهش طول ساقه می‌شود (Ahmadi Azar *et al*., 2015).

بررسی مقایسه میانگین اثر متقابل زئولیت با کم‌آبیاری گویای این واقعیت است که کاربرد ۴۰ گرم زئولیت در هر کیلوگرم خاک در تمامی سطوح آبیاری بیشترین مقدار طول میوه را داشتند، به‌طوری‌که بیشترین طول میوه (۱۹/۵۷ سانتی‌متر) از آبیاری کامل و ۴۰ گرم زئولیت در هر کیلوگرم خاک و کم‌ترین آن (۶/۳۰ سانتی‌متر) از کم‌آبیاری با ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و عدم کاربرد زئولیت حاصل شدند. همچنین بیشترین مقدار این صفت در سطوح تنش شدید (۱۰/۱۲ سانتی‌متر) و تنش متوسط (۱۳/۷۵ سانتی‌متر) از کاربرد ۴۰ گرم زئولیت در هر کیلوگرم خاک به‌دست آمد (جدول ۲). اثرات ساده کم‌آبیاری بر صفت قطر میوه نشان داد با کاهش میزان آب آبیاری از مقدار این صفت کاسته شد، به‌طوری‌که بیشترین مقدار قطر میوه (۵/۵۳ سانتی‌متر) از آبیاری کامل به‌دست آمد. مقایسه میانگین سطوح مختلف زئولیت نشان داد که بیشترین قطر میوه (۵/۵۳ سانتی‌متر) از کاربرد ۴۰گرم زئولیت در هر کیلوگرم خاک به‌دست آمد که حاکی از آن بود که افزایش کاربرد این تیمار سبب افزایش قطر میوه شده است (جدول ۳).

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس اثر زئولیت و کم آبیاری بر صفات مورفولوژیک کارلا.

Table 1. Results of variance analysis effect of zeolite and deficit irrigation on carela morphological traits.

Source of variation	df	Mean of squares						
		Plant length	Fresh fruit weight	Dried fruit weight	Fruit length	Fruit diameter	Number of fruits	Fruit yield
Deficit irrigation	2	1443.0**	2009.02**	11.59**	111.28**	17.75**	16.93**	27.13**
Zeolite	3	30514.99**	209.61**	15.76**	83.20**	10.05**	45.85**	24.51**
Deficit irrigation	6	519.18*	17.30^{ns}	0.25^{ns}	7.12**	0.16^{ns}	0.28^{ns}	1.08**
Error	24	176.86	14.58	0.027	0.273	0.136	0.151	0.22
C.V (%)	-	4.84	6.57	6.12	5.00	8.56	3.97	5.48

*، ** و ns: به‌ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد و عدم تفاوت معنی‌دار.

*, **, ns: significant difference at 5% and 1% a level and no significant difference, respectively

کاهش طول و قطر گیاه دارویی کارلا در شرایط کم‌آبیاری توسط Lashkari Saiad (2013) و Shahbazi *et al*. (2015) نیز گزارش شده است. تنش کم‌آبی از مهمترین تنش‌های محیطی است که به‌طور قابل‌توجهی رشد گیاه و عملکرد میوه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. علاوه بر آن تنش کم‌آبی رسیدن قبل از بلوغ را تسریع کرده و اندازه میوه را کاهش می‌دهد (Foyer *et al*., 1998). کاربرد زئولیت بر قطر میوه گوجه‌فرنگی (Haghighi *et al*., 2014) و طول و قطر میوه خیار گلخانه‌ای (Mohebati *et al.,* 2018) تأثیر معنی‌داری داشت.

مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای زئولیت و کم‌آبیاری نشان داد با کاهش میزان آب آبیاری عملکرد میوه کاهش یافت به‌طوری‌که بیشترین میزان این صفت از تیمارهای آبیاری کامل و ۴۰ گرم زئولیت در هر کیلوگرم خاک (۱۲/۲۵ کیلوگرم در بوته)، آبیاری کامل و ۳۰ گرم زئولیت در هر کیلوگرم خاک (۱۱/۰۸ کیلوگرم در بوته) و آبیاری با ۷۰ درصد ظرفیت زراعی و ۴۰ گرم زئولیت در هر کیلوگرم خاک (۱۱/۳۰ کیلوگرم در بوته) و کمترین میزان آن (۵/۸ کیلوگرم در بوته) از تیمار کم‌آبیاری با ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و عدم کاربرد زئولیت حاصل شد (جدول-۳). در تنش شدید بیشترین میزان این صفت (۸/۳۵ کیلوگرم در بوته) از تیمار ۴۰ گرم در کیلوگرم زئولیت به‌دست آمد (جدول ۲). کاهش عملکرد و وزن متوسط میوه در نتیجه کم‌آبی ممکن است به‌دلیل عدم رطوبت کافی خاک در منطقه ریشه باشد که در نتیجه آن فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف از جمله جذب مواد غذایی، رشد گیاه، فتوسنتز و تجمع ماده خشک گیاهی کاهش می‌یابد و این منعکس‌کننده وزن متوسط و عملکرد کمتر در اثر تنش کم‌آبی می‌باشد (Simsek & Comlekcioglu, 2011). کم‌آبیاری باعث کاهش معنی‌دار عملکرد در میوه کارلا شد (Lashkari Saiad, 2013). با مصرف زئولیت به‌ویژه در مقادیر بالا، به‌دلیل خاصیت ویژه این مواد در نگهداری طولانی مدت رطوبت در محیط توسعه ریشه به‌ویژه در خاک‌های شنی، امکان رشد رویشی بیشتر و توسعه سطح برگ‌ها برای گیاه فراهم می‌گردد. با توجه به رابطه مستقیمی که بین شاخص توسعه برگ و توان فتوسنتزی گیاه وجود دارد می‌توان انتظار داشت که مصرف زئولیت با تأمین آب و نیتروژن مورد نیاز گیاه موجب افزایش عملکرد نهایی گیاه گردد (Pansini, 1996).

جدول ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل زئولیت و کم‌آبیاری بر صفات مورفولوژیک کارلا.

Table 2. Mean comparison interaction effect of zeolite and deficit irrigation on carela morphological characteristics.

Deficit irrigation (%)	Zeolite (g/kg)	Plant length (cm)	Fruit length (cm)	Fruit yield (kg/plant)
90	0	220.33g	8.60e	7.55cd
	20	245.67ef	12.20c	9.23b
	30	310.33c	14.75b	11.08a
	40	359.33a	19.57a	12.25a
70	0	225.00fg	7.19efg	7.09de
	20	259.67e	8.08ef	8.17bcd
	30	287.33d	10.01d	8.77bc
	40	335.67b	13.75b	11.30a
50	0	181.67h	6.30g	5.80f
	20	244.67ef	7.05fg	6.29ef
	30	285.00d	7.78ef	7.72cd
	40	338.33ab	10.12d	8.35bc

در هر ستون میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی‌داری در سطح پنج درصد ندارند.

In each column means followed by at least a common letter, are not significantly different at 5 % level.

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر زئولیت و کم‌آبیاری بر صفات مورفولوژیک کارلا

Table 3. Mean comparison effect of zeolite and deficit irrigation on carela morphological characteristics

Treatments	Number of fruits	Fresh fruit weight (gr)	Dried fruit weight (gr)	Fruit diameter (cm)
Deficit irrigation 90(%)	11.08a	71.31a	7.87a	5.53a
Deficit irrigation 70 (%)	9.52b	57.54b	6.81b	4.30b
Deficit irrigation 50 (%)	8.75c	45.45c	5.91c	3.10c
Zeolite (0)	7.37d	41.89d	8.44a	3.13d
Zeolite 20 (g/kg)	8.77c	50.48c	7.3b	3.80c
Zeolite 30 (g/kg)	10.37b	63.17b	6.39c	4.77b
Zeolite 40 (g/kg)	12.63a	76.87a	5.33d	5.53a

در هر ستون میانگین هایی با حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی داری در سطح پنج درصد ندارند.

In each column means followed by at least a common letter, are not significantly different at 5 % level.

پیش از این تأثیر مثبت کاربرد زئولیت در بهبود رشد و افزایش عملکرد خیار گلخانه‌ای (Mohebati *et al*., 2018)، پنیرک (Ahmadi Azar *et al*., 2015) و کدوی پوست کاغذی (Naimi *et al*., 2013; Eskandarizanjan *et al*., 2011) به‌ویژه در شرایط کم‌آبیاری گزارش شده است.

با توجه به جدول مقایسه میانگین، بیشترین تعداد میوه در بوته (۱۲/۶۳) در تیمار ۴۰ گرم زئولیت در هر کیلوگرم خاک به‌دست آمد و اختلاف معنی‌داری با سایر سطوح زئولیت داشت. در واقع با افزایش میزان زئولیت تعداد میوه در بوته افزایش یافت. همچنین با افزایش کم‌آبیاری از میزان این صفت کاسته شد به‌طوری‌که کمترین تعداد میوه در بوته (۸/۷۵) از کم‌آبیاری با ۵۰ درصد ظرفیت زراعی به‌دست آمد (جدول ۳). البته اثر متقابل بین زئولیت و کم‌آبیاری بر این صفت معنی‌دار نشد. بروز کم‌آبیاری از طریق کاهش سطح برگ و ریزش آنها منجر به کاهش منبع فتوسنتزی گیاه و اُفت فعالیت آنزیم‌های مؤثر بر این فرایند شده و قابلیت تولید گل در واحد سطح را کاهش و در نتیجه تعداد میوه در بوته کاهش می‌یابد (Margarita *et al*., 2002). تعداد میوه کارلا در اثر افزایش کم‌آبیاری کاهش یافت و کاربرد سوپر جاذب تحت کم‌آبیاری سبب افزایش تعداد میوه گیاه کارلا شد که احتمالاً به علت تلفات کمتر گل در بوته با کاربرد سوپرجاذب بوده است (Lashkari Saiad, 2013).

با کاهش میزان آب آبیاری از میانگین وزن تر و خشک میوه کاسته شد، بطوری که بیشترین میانگین وزن تر (۷۱/۳۱ گرم) و بیشترین میانگین وزن خشک (۷/۸۷ گرم) مربوط به آبیاری کامل و کمترین میانگین وزن تر میوه (۴۵/۴۵ گرم) و وزن خشک (۵/۹۱ گرم) نیز مربوط به کم‌آبیاری با ۵۰ درصد ظرفیت زراعی به‌دست آمد. سطوح مختلف تیمار زئولیت نشان داد که با افزایش کاربرد این تیمار وزن تر و خشک میوه افزایش یافت به‌طوری‌که بیشترین وزن تر (۷۶/۸۷ گرم) و بیشترین وزن خشک (۸/۴۴ گرم) از تیمار ۴۰گرم زئولیت در هر کیلوگرم خاک به‌دست آمد (جدول ۳). خشکی با ایجاد تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی متعددی که در گیاه به وجود می‌آورد و با متوقف نمودن رشد سلول ها و کاهش فشار آماس می‌تواند بر روی وزن تر و خشک گیاه تأثیر گذاشته و آن ها را کاهش دهد. خشکی باعث کاهش انتقال مواد غذایی از خاک به گیاه می‌شود و باعث کاهش معنی‌دار وزن خشک نسبت به گیاهان شاهد می‌شود (Keshavarz *et al*., 2012).

در شرایط کمبود آب میوه‌های خربزه کوچک‌تر و عملکرد کاهش می‌یابد (Sensoy *et al.,* 2007). افزایش وزن غده سیب زمینی با افزایش کاربرد زئولیت تحت کم‌آبیاری گزارش شد و این می‌تواند به علت افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک، تمایل زیاد آن برای جذب و نگهداری آمونیوم وجلوگیری از شست و شوی عناصر غذایی خاک به ویژه نیتروژن باشد (Madani *et al*., 2009).

صفات فیزیولوژیکی

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان داد که اثرات ساده و متقابل تیمارهای کم‌آبیاری و زئولیت بر میزان پرولین، کلروفیل a و b، کارتنویید، ویتامین C و آلکالویید معنی‌دار بود.

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل کم‌آبیاری با زئولیت حاکی از آن بود که با کاهش میزان آب آبیاری مقدار پرولین افزایش یافت به‌طوری که بیشترین میزان پرولین (۲/۴۹ میکرومول بر گرم وزن تر) و متعلق به میزان صفر گرم زئولیت و کم‌آبیاری با ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بود (جدول ۵). تجمع پرولین

یکی از پاسخ‌های فیزیولوژیک گیاهان در برابر کم‌آبیاری است (Girousse *et al*., 1996). کم‌آبیاری از دو راه سبب افزایش میزان پرولین می‌شود. الف: افزایش سنتز آنزیم‌هایی که تولید پرولین را تحریک می‌کند، ب: ممانعت از عمل آنزیم‌هایی که پرولین را تخریب می‌کند (Rontein., 2002). مطالعات مختلف نشان داده که معمولا کم‌آبیاری سبب افزایش پرولین می‌شود (Molashahi, 2016; Razavi zadeh *et al.*, 2014). کاربرد زئولیت در شرایط کم‌آبیاری در گیاه کدوی پوست کاغذی باعث کاهش میزان پرولین شد. به نظر می‌رسد زئولیت به‌دلیل دارابودن خاصیت جذب و دفع آب به‌صورت برگشت‌پذیر، قادر است در شرایط کم‌آبیاری از طریق افزایش میزان فراهمی رطوبت، موجب تخفیف تأثیرات تنش و در نتیجه کاهش تجمع پرولین شود (Naimi *et al*., 2015). کاربرد زئولیت به‌طور متوسط منجر به کاهش معنی‌دار ۱۹ درصدی پرولین در کلزا شد (Lotfi far *et al.,* 2017).

مقایسه میانگین اثر متقابل صفات مذکور نشان داد که بیشترین مقدار کلروفیل a (۲۰/۷۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، کلروفیل b (۹/۴۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و کارتنویید (۵/۲۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) از سطح آبیاری کامل و ۴۰ گرم در کیلوگرم زئولیت در خاک به‌دست آمدند. کمترین میزان کاروفیل a (۹/۸۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در کم‌آبیاری با ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و عدم کاربرد زئولیت مشاهده شد.

همچنین کمترین میزان صفات کلروفیل b (۴/۶۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، (۴/۸۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و کارتنویید (۲/۱۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، (۲/۲۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) به تر تیب از تیمار عدم کاربرد زئولیت و مقدار ۲۰ گرم در کیلوگرم خاک زئولیت در سطح تنش ۵۰ درصد ظرفیت زراعی حاصل شدند (جدول ۵). Shahbaz *et al*. (2015) گزارش کردند که با افزایش میزان کم‌آبیاری میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی در کارلا کاهش معنی‌داری را نشان داد. تحت تأثیر خشکی، کاهش در رنگدانه‌های فتوسنتزی از قبیل کلروفیل a ممکن است ناشی از کاهش سنتز کمپلکس اصلی رنگدانه کلروفیلII که توسط گروه ژنی Cab کدگذاری می‌شوند یا تخریب نوری کمپلکس پروتئین رنگدانه‌های a و b که محافظت‌کننده‌ی دستگاه فتوسنتزی است، یا به‌واسطه صدمه اکسیداتیو لیپیدهای کلروپلاست، رنگدانه‌ها و پروتئین‌ها با افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز باشد (Shao *et al*., 2007). از دست رفتن کلروفیل در شرایط تنش خشکی می‌تواند یک جنبه‌ی سازگاری و مفید داشته باشد، زیرا با کاهش مقدار کلروفیل انرژی خورشید جذب شده کاهش یافته و به دنبال آن، خسارت‌های ناشی از تشکیل رادیکال‌های آزاد اکسیژن کاهش می‌یابد (Yao *et al*., 2009). طبق نتایج آزمایشی انجام‌شده روی گیاه دارویی سیاه‌دانه خشکی سبب کاهش کلروفیل گردید (Heidari & Rezapor, 2011). کاهش مقدار کارتنویید در شرایط تنش احتمالاً به‌دلیل تجزیه بتاکاروتن و تشکیل زآگزانتین در چرخه زانتوفیل می‌باشد (Sultana *et al.,* 1999). اعمال تیمارهای تنش قطع آبیاری در مراحل گلدهی و میوه‌دهی گیاه دارویی کدو تخم پوست کاغذی به ترتیب به کاهش معنادار کاروتنویید به مقدار۳۰/۴ و۱۴/۹ درصد نسبت به تیمار آبیاری معمول منجر شد (Naimi *et al*., 2015).

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس اثر زئولیت و کم آبیاری بر صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی کارلا.

Table 4. Results of variance analysis effect of zeolite and deficit irrigation on carela physiological and biochemical traits.

Source of variation	df	Mean of squares					
		Proline	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Carotenoid	vitamin c	Alkaloid
Deficit irrigation	2	1.65**	51.42**	15.18**	7.14**	193.35**	2.74**
Zeolite	3	1.29**	53.92**	10.37**	4.06**	554.78**	2.02**
Deficit irrigation	6	0.228**	22.29**	1.84**	0.147*	2.514**	0.063**
Error	24	0.021	0.213	0.039	0.043	0.648	0.0038
C.V (%)	-	10.45	3.04	3.27	6.22	1.12	4.07

*، ** و ns: به ترتیب بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم تفاوت معنی‌دار.

*, **, ns: indicate a significant level of 5% and 1% and no significant difference, respectively.

سوپرجاذب به عنوان یک ماده جذب‌کننده آب و سایر محلول‌ها عمل می‌کند، در جلوگیری از شست و شوی ازت از اطراف ریشه گیاه اثر مثبت داشته و باعث افزایش کلروفیل برگ می‌شود (Fazeli Rostam por *et al*., 2010). افزایش معنی‌دار کلروفیل a و b و کارتنویید گیاه دارویی خرفه تحت تیمار زئولیت توسط Yosofian *et al*. (2015) گزارش شده است. نتایج مقایسه میانگین اثر زئولیت بر گیاه دارویی کدو پوست کاغذی مشخص کرد که کاربرد زئولیت به مقدار ده تن در هکتار موجب افزایش نه درصدی کارتنویید در مقایسه با شرایط عدم کاربردزئولیت در شرایط کم‌آبیاری شد (Naimi *et al*., 2015).

براساس نتایج بیشترین مقدار ویتامین C (۸۲/۲ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر) از سطح آبیاری کامل و ۴۰ گرم در کیلوگرم زئولیت در خاک و کمترین میزان (۵۷/۷ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر) نیز از کم‌آبیاری با ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و عدم کاربرد زئولیت به‌دست آمد. همچنین در تیمارهای ۷۰ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بیشترین میزان ویتامین C با ۴۰ گرم در کیلوگرم زئولیت در خاک به‌دست آمد (جدول ۵). کاهش میزان ویتامین C با افزایش شدت تنش آبی در کارلا توسط Rezaie Alulu *et al*. (2019) نیز گزارش شده است. کاهش آبیاری بر ویتامین C میوه خربزه ایرانی اثر معنی‌دار داشت به گونه‌ای که کاهش آبیاری از ۱۰۰ درصد به ۳۳ درصد نیاز آبی گیاه باعث کاهش میزان ویتامین C از۰/۹۶ به ۰/۸۷ میلی گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب میوه شد (Lotfi *et al*., 2016). کاربرد زئولیت تحت کم‌آبیاری بر میزان ویتامین C در گیاه دارویی آلوئه ورا معنی‌دار بود بالاترین میانگین تولید ویتامین C با کاربرد ۴۴ گرم زئولیت و آبیاری دو هفته یک بار به‌دست آمد (Yari *et al*., 2013). کم‌آبیاری باعث کاهش اسید آسکوربیک در مقایسه با شرایط بدون تنش در گیاه فلفل شیرین شد (Alizadeh *et al*., 2017). دلیل کاهش مقدار آسکوربیک اسید (ویتامین C) می‌تواند به علت تخریب مستقیم آسکوربات به وسیله O_2 یا سایر رادیکال‌های آزاد اکسیژن و همچنین مصرف آسکوربات برای سنتز زئازانتین و تولید مجدد آلفا توکوفرول باشد (Dolat Abadian *et al*., 2009).

نتایج مقایسه میانگین برهمکنش تیمار آبیاری و زئولیت حاکی از آن بود که بیشترین میزان آلکالوئید (۲/۶۲ جذب در گرم وزن خشک) در تیمار آبیاری۵۰ درصد ظرفیت زراعی و کاربرد ۴۰ گرم زئولیت در هر کیلوگرم خاک و کمترین مقدار آن (۰/۶۶ جذب در گرم وزن خشک) در تیمار آبیاری ۹۰ درصد ظرفیت زراعی و عدم کاربرد زئولیت حاصل گردید. همچنین بیشترین میزان آلکالوئید در تنش متوسط (۲/۱۳ جذب در گرم وزن خشک) و آبیاری نرمال (۱/۴۷ جذب در گرم وزن خشک) نیز از تیمار ۴۰ گرم زئولیت در هر کیلوگرم خاک به‌دست آمد (جدول ۵). افزایش مقدار آلکالوئید در گیاه مرزه در تیمار کم‌آبیاری گزارش شده است (Fabriki Orang & Mehrabad Porbanab, 2016).

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر متقابل زئولیت و کم‌آبیاری بر صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی کارلا

Table 5. Mean comparison interaction effect of zeolite and deficit irrigation on carela physiological and biochemical traits

Deficit irrigation (%)	Zeolite (g/kg)	Proline (mg/g)	Chlorophyll a (mg/g FW)	Chlorophyll b (mg/g FW)	Carotenoid mg/g FW)	vitamin c (mg/100 g)	Alkaloid ($OD.g^{-1}.DW$)
	0	1.15cdef	11.75g	5.43ef	3.17de	67.5f	0.66j
	20	1.09def	14.97e	6.15d	3.71c	72.7e	0.89b
90	30	0.947ef	17.80c	8.02b	4.36b	78.2c	1.11gh
	40	0.909f	20.76a	9.43a	5.26a	84.2a	1.47e
	0	2.05b	12.11g	5.18fgh	2.60gh	61.8h	1.04h
70	20	1.28cd	18.77b	5.28fg	3.006ef	69.6f	1.17g
	30	1.09def	15.42de	5.74e	3.44cd	75.1d	1.67d
	40	1.12def	19.45b	7.61c	4.12b	80.8b	2.13c
	0	2.49a	9.81h	4.65i	2.14i	57.7i	1.28f
50	20	2.03b	11.82g	4.87hi	2.29hi	64.2g	1.76d
	30	1.38c	13.77f	5.9gh	2.74fg	72.2e	2.29b
	40	1.16cde	15.77d	5.46ef	3.18de	76.4cd	2.62a

در هر ستون میانگین هایی با حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی داری در سطح پنج درصد ندارند.

In each column means followed by at least a common letter, are not significantly different at 5 % level.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد می‌توان با به‌کارگیری زئولیت در ترکیب با خاک در شرایط گلخانه، ظرفیت نگهداری آب را افزایش و آب بیشتری را در دسترس گیاه قرار داد. کاربرد سطوح مختلف زئولیت در هر سه تیمار رطوبتی خاک سبب افزایش معنی‌داری در بسیاری از صفات مورد بررسی نسبت به شاهد گردید، به‌طوری‌که ۴۰ گرم زئولیت در هر کیلوگرم خاک گلدان در بیشتر صفات باعث افزایش معنی‌دار این صفات شد. با توجه به اهمیت کارلا به عنوان یک گیاه دارویی ارزشمند و با ارزش افزوده بسیار بالا و نیز بنابر توجیه اقتصادی زئولیت در مناطقی که با مشکل تنش کم‌آبی مواجه‌اند، می‌توان از این ماده جهت کنترل تنش و جلوگیری از کاهش عملکرد و نیز افزایش متابولیت‌های ثانویه محصول زراعی کارلا استفاده نمود.

سپاسگزاری

از دانشگاه زابل به‌خاطر تامین هزینه‌های این پژوهش (با شماره پژوهانه UOZ-GR-9718-89)، تشکر و قدردانی می‌گردد.

REFERENCES

1. Ahmad, N., Hasan, N., Ahmad, Z., Zishan, M. & Zohrameena, S. (2016). *Momordica charantia*: for traditional uses and pharmacological actions. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*, 6(2), 40-44.
2. Ahmadi Azar, F., Hasanloo, T., Imani, A. & Feiziasl, V. (2015). Water stress and mineral zeolite application on growth and some physiological characteristics of mallow (*Malva sylvestris*). *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology),* 28(3), 459-474. (in Farsi)**.**
3. Alizadeh, B., Ghahremani, Z., Barzegar, T. & Nikbakht, J. (2017). Effect of foliar application of putrescine on growth, yield and fruit quality of sweet pepper (*Capsicuum annum* cv. Dimaz) under water stress. *Journal of Crops Improvment*, 19(2), 431-444. (in Farsi).
4. Allen, E. R., Ming, D. W., Hossner, L. R., Henninger, D. L.& Galindo, C. (1995). Resent progress in the use of natural zeolite in agronomy and horticulture. *Agronomy Journal*, 87, 1052-1059.
5. Arnon, A. N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal*, 23, 112-121.
6. Baghbani Arani, A., Modarres Sanavy, S.A.M., Mashhadi Akbar Boojar, M. & Mokhtassi Bidgoli, A. (2017). Effects of deficit water stress in response to the zeolite and nitrogen fertilizer on some physiological traits of fenugreek. *Journal of Plant Production,* 24(3), 71-87. (in Farsi).
7. Banon, S., Ochoa, J., Franco, J. A., Sanchez-Blanco, M. J. & Alarcon, J. J. (2003). Influence of water deficit on low air humidity in the nursery on survival of *Rhannus alaternus* seedlings following planting. *Journal of Horticultural Science and Biotechnolgy*, 78, 518-522.
8. Bathes, L. S., Waldren R. P. & Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. *Journal of Plant and Soil*, 39(1), 205-207.
9. Crisan, S., Campeanu, G. & Halmagean, L. (2008). Study of *Momordica charantia* L. species grown on the specific conditions of Romania's western part. *Vegetable Growing*, 425-428.
10. Daneshmandi, M. Sh. & Azizi, M. (2009). Evaluation of the effect of drought stress and mineral zeolite on quantitative and qualitative characteristics of basil chain of hungarian cultivar. In: *The 6th Iranian Horticultural Science Congress*, 13 July, Gilan University, Rasht, Iran. (in Farsi).
11. Dolat Abadian, A., Modarres Sanavy, S.A.M. & Sharifi, M. (2009). Effect of water deficit stress and foliar application of ascorbic acid on antioxidants enzymes activity and some biochemical's changes in leaves of grain corn (*Zea mays* L.). *Iranian Journal of Biology,* 22(3), 407-422. (in Farsi).
12. El-Gengaihi, S., Karawya, M.S., Motaw, H.M., Selim, M.H. & Ibrahim, N.A. (1996) Comparative studies of saponin contents of *Momordica* and *Luffa* species *fan* Cucurbitaceae. *Bulletin of the National Research Centre*, 21(3), 265-8.
13. Eskandari zanjani, K., Shirani Rad, A.H., Naeemi, M., Moradi Aghdam, A. & Taherkhani, T. (2011). Investigation on effects of zeolite and selenium foliar application on physiologic and agronomic traits of medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) in different irrigation regimes. *Crop Production in Environmental Stress*, 3(1-2), 71-85. (in Farsi).
14. Fabriki Ourang, S. & Mehrabad Pourbenab, S. (2016). The effects of drought and salt stresses on some morphological and biochemical parameters of Savory *(Satureja Hortensiss* L.) *Ecophythechemical Journal of Medical Plants,* 4(3), 23-35. (in Farsi).
15. Fazeli Rostampour, M., Seghatoleslami, M.J. & Musavi, S.G.H. (2010). The study of drought stress effect and superabsorbent on relative water content and leaf chlorophyll index and its relationship with seed yield in corn. *Crop Physiology*, 2(1), 19-31. (in Farsi).

16. Ferrat, I. L. & Lovatt, C. J. (1999). Relationship between relative water content, nitrogen pools, and growth of (*Phaseolus vulgaris* L.) and (*P. Acutifolius*) a gray during water deficit. *Crop Science*, 39, 467-74.
17. Foyer, C. H., Valadier, M., Migge, A. & Becker, T. (1998). Drought-induced effects on nitrate reductase activity and mRNA on the coordination of nitrogen and carbon metabolism in maize leaves. *Plant Physiology*, 177, 283-292.
18. Ghanbari, M. & Ariafar, S. (2013). The effects of water deficit and zeolite application on growth traits and oil yield of medicinal peppermint (*Mentha piperita* L.*). International Journal of Aromatic Plants,* 3(1), 32-39.
19. Girousse, C., Bournoville, R. & Bonnemain, J.L. (1996). Water deficit induced changes in concentrations in proline and some other amino acids in the phloem sap of alfalfa. *Plant Physiology,* 111, 109-113.
20. Haghighi, M., Mozafarian, M. & Aghighi Por, Z. (2014). The effect of superabsorbent polymer and different withholding irrigation level on some qualitative and quantitative traits of tomato (*Lycopersicum esculentum*). *Journal of Horticultural science,* 28(1), 125-133. (in Farsi).
21. Harb, E. M. Z. & Mahmoud, M. A. (2009). Enhancing of growth, essential oil yield and components of yarrow plant (*Achillea millefolium* L.) growth under safe agriculture conditions using zeolite and compost. *Proceeding 4th Conference on Recent Technologies in Agriculture*, 3- 5, Nov, Cairo, Egypt, pp. 586-592.
22. Harbone, J. B. (1973). *Phytochemical methods, a guide to modern techniques of plant analysis*, Chapman and Hall Ltd.
23. Hasani, A. & Omidbeygi, R. (2002). Effects of water stress on some morphological, physiological and metabolic characteristics of basil. *Journal of Agricultural Science*, 12 (3), 47-95. (in Farsi).
24. Hashemi, A. (2016). *Effects of nutrition of nano and bio fertilizers on physiological and morphological characteristics of sour tea under drought stress conditions*. M.Sc. Thesis. Faculty of Agriculture Zabol University, Zabol. (in Farsi).
25. Heidari, M. & Rezapor, A R. (2011). Effect of water stress and sulfur fertilizer on grain yield, chlorophyll and nutrient status of black cumin (*Nigella Sativa* L.). *Journal of Crop Production and Processing*, 1(1), 81-90. (in Farsi).
26. Joseph, B. & D. Jini. (2013). Antidiabetic effects of *Momordica charantia* (Bitter melon) and its medicinal potency. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 3(2), 93-102 **.**
27. Karimzadehasl, K.H., Ghorbanpour, M., Marefatzadeh, M. & Hatami, M. (2018). Influence of drought stress, biofertilizers and zeolite on morphological traits and essential oil constituents in *Dracocephalum moldavica* L. *Journal of Medicinal Plants*, 6(67), 91-112**.**
28. Keshavarz Afshar, R., Keykhah, M., Chaeichi, M.R. & Ansari Jovini, M. (2012). Effect of different levels of salinity and drought stress on seed germination characteristics and seedling growth of forage turnip (*Brassica rapa* L.). *Iranian Journal of Field Crop Science*, 43(4), 661-671. (in Farsi).
29. Lalinia, A. A., Marefatzadeh Khamenh, M., Galostian, M., Majnoon Hoseini, N. & Esmailzade Bahabadi, S. (2012). Echophysiological impact of water stress on growth and development of mung bean. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 3, 599-607.
30. Lashkari Saiad, F. (2013). *Effects of super absurbant polymer, manure fertilizer and potassium on quantitative and qualitative properties of bitter melon (Momordica charantia) under irrigation period*. M.Sc. Thesis. Faculty of Agriculture Zabol University, Zabol. (in Farsi).
31. Lawlor, D.W. & Cornic, G. (2002). Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plant. *Plant Cell and Environment*, 25, 275-294.
32. Lotfi, H., Barzegar, T., Rabiei, V., Ghahramani, Z. & Nikbakht, J. (2016). Evalutaion the effect of water stress on fruit quality and quantity of some Iranian melons. *Journal of Crops Improvment*, 18(1), 157-171. (in Farsi)**.**
33. Lotfifar, O., Mottaghi, L., Shiranirad, A. & Mottaghi, S. (2017). The effect of drought stress and zeolite application on physiological traits, and anti-oxidant enzymes activity, and qualitative and quantitative performance of rapeseed (*Brassica napus* L.) genotypes. *Journal of Plant Environmental Physiology*, 45, 51-67. (in Farsi).
34. Madani, H., Farhadi, A. & Changizi, M. (2009). Effect of different levels of nitrogen and zeolite on quantitative and qualitative characteristics of agriya potato in arak region. *Recent Agricultural Findings*, 4(12), 379-391. (in Farsi).
35. Manivannan, P., Abdul Jaleel, C., Somasundaram, R. & Panneerselvam, R. (2008). Osmoregulation and antioxidant metabolism in drought-stressed *Helianthus annuus* under triadimefon drenching. *Comptes Rendus Biologies*, 331, 418-425.
36. Margarita, M., Crosby, K. M. & Eliezer, S. (2002). Differential gene expression analysis in melon roots under drought stress conditions. *Subtropical Plant Science*, 54, 6-10.
37. Mc Donald, S., Prenzler P. D., Autolovich, M. & Robards, K. (2001). Phenolic content and antioxidant activity of olive extracts. *Food Chemistry*, 73, 73-84**.**

38. Mohabbati, A.A., Najafi Mood, M.H., Shahidi, A. & Khashei Siuki, A. (2018). Interaction of water stress and zeolite application on greenhouse cucumber (*Cucumis sativus* L.) yield. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, 9(2), 55-65. (in Farsi).
39. Molashahi, Z. (2016). *The effect of drought stress on Momordica charantia in the presence of salicylic acid*. M.Sc. Thesis. Faculty of Agriculture Sistan and Baluchestan University, Zahedan. (in Farsi).
40. Naimi, M. (2013*). Ecophysiological study the effect of zeolite and selenium on water stress tolerance in (Cucurbita pepo L.).* Ph.D. Thesis. Faculty of Agriculture, University of Tehran, Iran. (in Farsi).
41. Naeemi, M., Ali Akbari, Gh., Shirani Rad, A.H., Hasanloo, T., Akbari, Gh.A. & Amirinejad, M. (2015). The effect of zeolite application and selenium foliar spraying under different moisture regimes on some physiological traits and grain yield in medicinal pumpkin. *Journal of Crop*s *Improvment*, 17(3), 647-635. (in Farsi).
42. Norzai, A. (2009). Carela, the most effective herb in the treatment of diabetes. Nasoah Publications, pp. 120. (in Farsi).
43. Pansini, M. (1996). Natural zeolite as cation exchangers for environment protection. *Mineralium Deposita*, 31(6), 563-575.
44. Perumal, V., Murugesu, S., Lajis, N.H., Khatib, A., Saari, K., Abdul-Hamid, A., Khoo, W.C., Mushtaq, M.Y., Abas, F., Ismail, I.S. & Ismail, A. (2015). Evaluation of antidiabetic properties of *Momordica charantia* in streptozotocin induced diabetic rats using metabolomics approach. *International Food Research Journal*, 22(3), 1298-1306.
45. Polat, E., Karaca, M., Demir, H. & Naci Onus, A. (2004). Use of natural zeolita (clinoptilolite) in agriculture. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*. 12, 183-189.
46. Razavizadeh, R., Shafeghat, M. & Najafi, Sh. (2014). Effect of water deficit on morphological and physiological parameters of *Carum copticum*. *Iranian Journal of Plant Biology*, 22(6), 25-38. (in Farsi).
47. Rezaie Alulu, A., Kheiry, A., Sani Khani, M. & Arghavani, M. (2019). Effect of salicylic acid and glycine betaine foliar application on morpho-physiological characteristics of carla (*Momordica charantia* L.) under water deficit stress. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 29(1), 223-235. (in Farsi).
48. Rontein, D., Basse, T. G. & Hason, A. D. (2002). Metabolic engineering of osmoprotectant accumulation in plants. *Metabolic Engineering,* 4, 49-56.
49. Rover, J.K. & Yadav, S. P. (2004). Pharmacological actions and potential uses of *Momordica charantia*: A review. *Journal of Ethno Pharmacology*, 93(1), 123‑132.
50. Sadeghipour, O. & Aghaei, P. (2012). Response of common bean to exogenous application of salicylic acid under water stress conditions. *Environmental Biology*, 6, 1160-1168.
51. Safavi, F., Galavi, M., Ramrodi, M. & Asgharipoor, M.R. (2016). Effect of super absorbent polymer, potassium and maure animal to drought stress on qualitative and quantitative traits of pumpkin (*Cucurbita pepo*). *International Journal of Farming and Allied Sciences*, 330-335.
52. Sensoy, S., Ertek, A., Gedik, I. & Kucukyumuk, C. (2007). Irrigation frequency and amount affect yield and quality of field grown melon (*Cucumis melo* L.). *Agricultural Water Management*, 88, 269-274.
53. Shahbaz, A., Hussain, K. H., Qasim Abbas, M., Navaz, K. H., Majeed, A. & Batool, S. M. (2015). Changes in growth, morphology and photosynthetic attributes by drought in bitter gourd (*Momordica charantia* L.). *Botany Research Internatinal*, 8(3), 54-58.
54. Shahbaz, A., Hussain, K.H., Abbas, M.Q., Nawaz, K.H., Majeed, A. & Batool, S.M. (2015). Changes in growth, morphology and photosynthetic attributes by drought in bitter gourd (*Momordica charantia* L.). *Botany Research International*, 8(3), 54-58.
55. Shao, H B., Chu, L.Y., Wu, G., Zhang, J. H., Lu, Z. H. & Hu, Y. C. (2007). Change of some anti-oxidative physiological indices under soil water deficits among 10 wheats (*Triticum aestivum* L.) genotypes at tillering stage. *Colloids and Surf. B: Biointerfaces,* 54, 143-149.
56. Shekofteh, H. & Arabnejad Khanooki, M. (2017). Effect of zeolit, hydrogel and vermicompost on some morphological traits in marigold (*Calendula officinalis* L.). *Iranian Journal of Horticultural Science*, 47(4), 823-833. (in Farsi).
57. Sibi, M., Mirzakhani, M. & Gomarian, M. (2011). Effect of water stress, taking zeolite and salicylic acid on yield and yield components of spring safflower. *New Findings in Agricultural*, 5(3), 275-290. (in Farsi).
58. Simsek, M. & Comlekcioglu, N. (2011). Effects of different irrigation regimes and nitrogen levels on yield and quality of melon (*Cucumis melo* L.). *African Journal of Biological*, 10(49), 10009-10018.
59. Sultana, N., Ikeda, T. & Itoh. R. (1999) Effect of NaCl salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains. *Environmental and Experimental Botany,* 42(3), 211-220.
60. Taghadosinia, F., Ghahremani, Z., Barzegar, T. & Aelaei, M. (2020). Effect of deficit irrigation at different growth stages of two Iranian melon accessions on growth, yield, fruit quality and water use efficiency. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 51(2), 503-515. (in Farsi).

61. Trovato, M., Mattioli, R. & Costantino, P. (2008). Multiple roles of proline in plant stress tolerance and development. *Rendiconti Lincei*, 19(4), 325-346.
62. Ullah, M., F. K. Chy, S. K. Sarkar, M. K. Ialam & Absar, N. (2011). Nutrient and phytochemical analysis of four varieties of bitter gourd (*Momordica charantia*) grown in Chittagong hill tracts, Bangladesh. *Asian Journal of Agricultural Reasearch*, 5(3), 186-193**.**
63. Wheutherley, P. E. (1950). Studies in water relations of cotton plants. The field measurement of water deficit in leaves. *New Phytologist*, 49(1), 81-87**.**
64. Yao, X., Chu, J. & Wang, G. (2009). Effects of selenium on wheat seedlings under drought stress. *Biological Trace Element Research*, 130, 283-290.
65. Yari, S., Khalighi Sigarodi, F. & Moradi, P. (2013). Effects of different levels of zeolite on plant growth and amount of gel production in *Aloe vera* L. under different irrigation*. Journal of Medicinal Plants*, 12(48), 72-81. (in Farsi).
66. Yosofian Ghahfarokhi, H. A., Abdali Mashhadi, A. R., Bakhshandeh, A. A. M. & Lotfi Jalalabadi, A. (2015). Evaluation of effect attract moisture substances and organic fertilizers on quality and quantity yield of purslane (*Portulaca oleracea* L.) in Ahwaz region. *Journal of Plant Process and Function*, 4(13), 87-96. (in Farsi).