مقاله پژوهشی

تأثیر زئولیت بر خصوصیات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی گیاه گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) در شرایط تنش کم‌آبی

مهدیه سمسارزاده[۱]، سعید سیف‌زاده[۱*]، داوود درویشی زیدآبادی[۲]، حمیدرضا ذاکرین[۱] و اسماعیل حدیدی ماسوله[۱]

[۱] گروه زراعت، واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران

[۲] مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان، بخش تحقیقات جنگلها و مراتع، کرمان، ایران

(تاریخ دریافت:۱۴۰۱/۰۱/۱۸، تاریخ پذیرش نهایی:۱۴۰۱/۰۵/۲۵)

چکیده

این آزمایش با هدف بررسی تأثیر زئولیت بر خصوصیات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی گیاه دارویی گشنیز در شرایط تنش خشکی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار طی دو سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ و ۹۸-۱۳۹۷ انجام شد. عامل تنش خشکی در سه سطح (شامل: ۱۰۰٪ نیاز آبی (بدون تنش)، ۷۵٪ نیاز آبی (تنش ملایم) و ۵۰٪ نیاز آبی (تنش شدید)) و مصرف زئولیت در پنج سطح (عدم مصرف، ۲، ۴، ۶ و ۸ تن در هکتار زئولیت). نتایج نشان داد که با اعمال تنش خشکی، ارتفاع گیاه، وزن تر و خشک اندام هوایی به‌طور چشم‌گیری کاهش یافت؛ درحالی‌که با کاربرد زئولیت تاحدودی اثرات تنش کم‌آبی کاهش یافت. بیشترین و کمترین میزان وزن خشک اندام هوایی به‌ترتیب، در آبیاری نرمال (بدون تنش) با کاربرد شش تن زئولیت در هکتار (۲/۹۹ گرم بر بوته) و در شرایط خشکی (۵۰ درصد نیاز آبی) بدون کاربرد زئولیت (۱/۲۲ گرم بر بوته) به‌دست آمد. همچنین کاهش میزان آبیاری، سبب افزایش پرولین شد، درحالی‌که با کاربرد زئولیت تا اندازه‌ای اثرات خشکی کاهش یافت. آبیاری نرمال و مصرف شش تن در هکتار زئولیت کمترین مقدار پرولین و تنش شدید (آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی) و عدم مصرف زئولیت، بیشترین میزان پرولین را دارا بود. به‌طورکلی مشخص شد که با اعمال تنش ملایم (۷۵ درصد نیاز آبی) و استفاده از شش تن در هکتار زئولیت می‌توان ضمن کاهش اثرات تنش، از عملکرد اقتصادی قابل-قبولی در گیاه گشنیز برخوردار بود.

کلمات کلیدی: تنش خشکی، زئولیت، کاتالاز، گشنیز، نفوذپذیری غشا

مقدمه

آب از جمله عوامل تأثیرگذار بر رشدونمو گیاهان دارویی است که کمبود آن بیشترین تأثیر را نسبت به سایر نهاده‌ها در کاهش تولید دارد. در اغلب مناطق ایران، اقلیم خشک و نیمه‌خشک غالب است و خشک‌سالی‌های اخیر نیز بر مشکل کم‌آبی افزوده است (Afshar *et al.*, 2015). عکس‌العمل گیاهان به تنش کم‌آبی به‌طور قابل‌توجهی در سطوح مختلف کشاورزی، بسته به‌شدت و طول مدت تنش و همچنین گونه‌های گیاهی و مرحله رشد متفاوت است. شرایط تنش، با کاهش ظرفیت مخزن و کوتاه شدن دوره رشد، سبب کاهش عملکرد می‌گردد

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: saeedsayfzadeh@yahoo.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-16]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.6.4]

(Moghadam, 2016). گیاهان در پاسخ به کمبود آب به سازگاری تکامل‌یافته‌ای دست‌یافته‌اند، از مهم‌ترین آن‌ها بسته شدن روزنه توسط فیتوهورمون آبسزیک اسید (ABA) و کاهش فتوسنتز است (Hazrati *et al.*, 2017).

گیاهان دارویی جز منابع طبیعی هر کشور محسوب می‌شود و از سرمایه‌هایی هستند که برای پیشرفت اقتصادی یک کشور می‌توانند با اهمیت باشند. با ظهور داروهای شیمیایی و نوترکیب، نقش و اهمیت گیاهان دارویی در تأمین سلامت بشر، در معرض فراموشی قرار گرفت. امّا در سال‌های اخیر، استقبال از گیاهان دارویی با رشد قابل‌توجهی روبرو شده است (Chang *et al.*, 2002). گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum* L.)، گیاهی است یک‌ساله و علفی که متعلق به خانواده چتریان (*Apiaceae*) است و به‌دلیل داشتن ماده مؤثره لینالول در صنایع غذایی، دارویی و آرایشی کاربردهای متعددی دارد. میوه و پیکر رویشی گشنیز حاوی اسانس است و به همین منظور، امروزه در نقاط مختلف جهان برای مصارف دارویی و غذایی کشت می‌شود (Bastami and Majidian, 2016).

زئولیت یک کانی طبیعی با فرمول کلی $AlO_2SiO_2.H_2O$ است که به‌عنوان یک سوپرجاذب جهت بالابردن کارایی مصرف آب و افزایش کمی و کیفی محصولات کشاورزی کاربرد دارد. زئولیت به‌دلیل قابلیت بالای جذب و ذخیره‌سازی آب سبب می‌شود که آب مصرفی گیاه ذخیره شود تا به مرور جذب گیاه شود. زئولیت به‌دلیل ظرفیت تبادل کاتیونی بالا، افزون بر نقش اصلاح‌کنندگی در خاک می‌تواند نقش تأمین کننده برخی عناصر غذایی از جمله پتاسیم و فسفر را برای گیاه به‌همراه داشته باشد (Mahmoud, 2009; Polat *et al.*, 2004). پژوهش‌گران اظهار داشتند که زئولیت‌ها با تأثیر بر مقدار نفوذ آب در خاک، وزن مخصوص ظاهری و ساختمان خاک و کاهش تبخیر از سطح خاک، سبب ایجاد تغییرات مورفوفیزیولوژیکی در گیاهان می‌شود (Gholinezhad and Eivazi, 2021). در آزمایشی استفاده از زئولیت سبب افزایش ارتفاع بوته، سطح برگ، ماده خشک و عملکرد گلدهی در ۹۰ درصد ظرفیت زراعی و افزایش درصد اسانس و عملکرد دانه در ۶۰ درصد ظرفیت زراعی شد (Karimzadeh Asl *et al.*, 2018). نتایج یک تحقیق در خصوص تأثیر زئولیت بر ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه دارویی کارلا (*Momordica charantia*) در شرایط تیمارهای کم‌آبیاری نشان داد که کاربرد زئولیت در تمامی سطوح کم‌آبیاری سبب افزایش خصوصیات مورفولوژیکی، عملکرد میوه، کلروفیل a، b و کاروتنوئید شد، به‌طوری‌که بیشترین مقدار این صفات در تیمار ۴۰ کیلوگرم در هکتار زئولیت مشاهده شد (Broushaki *et al.*, 2021). در یک تحقیق با استفاده از زئولیت و کودهای زیستی در سطوح مختلف رطوبتی، اثرات متقابل زئولیت در کودهای زیستی، اثر معنی‌داری بر غلظت کلروفیل کل، کلروفیل a و b، محتوای نسبی آب برگ، درصد و عملکرد اسانس گیاه دارویی بادرشبو داشت (Karimzadeh *et al.*, 2014). با توجه به شرایط اقلیمی خشک استان کرمان و ضرورت توسعه کشت گیاهان دارویی، این تحقیق باهدف بررسی تأثیر زئولیت معدنی بر برخی خصوصیات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی گیاه دارویی گشنیز در شرایط تنش کم‌آبی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش با هدف بررسی تأثیر زئولیت بر عملکرد اندام هوایی و برخی خصوصیات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی گیاه دارویی گشنیز در شرایط کم آبیاری به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی در ایستگاه زنده‌روح شهر جوپار استان کرمان طی دو سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ و ۹۸- ۱۳۹۷ انجام شد. در این آزمایش دو فاکتور مورد بررسی قرار گرفت که شامل: رژیم رطوبتی در سه سطح آبیاری شامل: ۱۰۰٪ نیاز آبی (بدون تنش)، ۷۵٪ نیاز آبی (تنش ملایم) و ۵۰٪ نیاز آبی (تنش شدید) و مصرف زئولیت در پنج سطح (عدم مصرف، مصرف ۲ تن در هکتار زئولیت، مصرف ۴ تن در هکتار زئولیت، مصرف ۶ تن در هکتار زئولیت و مصرف ۸ تن در هکتار زئولیت) بود. خاک مورد استفاده که ترکیبی از ۵۰ درصد خاک مزرعه و ۵۰ درصد ماسه‌بادی بود مورد تجزیه

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-16]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.6.4]

جدول ۱- نتایج تجزیه شیمیایی و فیزیکی خاک مزرعه

عوامل مورد تجزیه	عمق (سانتی‌متر)	هدایت الکتریکی (dS/m)	واکنش خاک (pH)	ازت کل (٪)	کربن آلی (٪)	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	بافت خاک
نتیجه	۰-۳۰	۲/۵۱	۷/۸۳	۰/۰۷۵	۰/۲۳	۲۲/۴	۲۳۷	سیلت - لوم

قرار گرفت (جدول ۱). کرت‌های آزمایش در ابعاد ۱×۳ متری ایجاد و فاصله بین کرت‌ها یک متر در نظر گرفته شد. زئولیت در زمان کاشت تا عمق ۲۰ سانتی‌متری و با خاک کاملاً مخلوط شد. زئولیت معدنی از شرکت معدنی افرازند تهیه گردید. حجم دقیق آب آبیاری کرت‌ها، براساس نیاز آبی گیاه در دوره ۵ روزه و مقدار تنش اعمال‌شده برای هر کرت، محاسبه و با استفاده از کنتور حجمی و شبکه لوله‌کشی توزیع شد (Smith *et al.*, 2002).

بذور مورد استفاده در این تحقیق از مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی استان کرمان تهیه شد و آزمون جوانه‌زنی قبل از کاشت برای اطمینان از سالم بودن بذور انجام شد. زمین مورد آزمایش با چیزل و دیسک شخم‌زده و برای تسطیح زمین از لولر استفاده شد. مزرعه آزمایشی شامل سه بلوک (تکرار) و هر بلوک دارای ۱۵ تیمار آزمایشی بود. کاشت گیاه دارویی گشنیز در ۲۶ بهمن‌ماه و در کرت‌هایی با ابعاد ۱×۳ متری انجام گرفت. داخل هر کرت، پنج پشته با فاصله ۶۰ سانتی‌متری ایجاد و روی هر پشته دو ردیف گیاه کشت گردید، به‌طوری‌که تراکم گیاهی ۴۰ بوته در مترمربع به‌دست آمد (Akbarinia *et al.*, 2007). اولین وجین علف‌های هرز هم‌زمان با عملیات تنک در مرحله چهار برگی و دومین وجین سه هفته پس از وجین اول صورت گرفت. قبل از برداشت، پنج بوته از هر کرت به‌صورت تصادفی انتخاب و صفات ارتفاع و تعداد شاخه فرعی در هر گیاه تعیین شد. پس از حذف دو ردیف کناری هر کرت به‌عنوان اثر حاشیه، زیست‌توده گیاهی کل گیاه برداشت و پس از تفکیک آن به برگ و ساقه، عملکرد تر برگ، ساقه و کل تعیین گردید. بعد از اتمام دوره رشد، برداشت در تاریخ ۲۳ مرداد انجام شد و پس از تعیین عملکرد تک بوته، نمونه‌ها جهت اندازه‌گیری‌های نهایی به آزمایشگاه منتقل شدند. برگ‌ها جداشده و صفات مرتبط با آن‌ها اندازه‌گیری شد و ساقه‌های اصلی جهت خشک‌کردن به آون (به‌مدت ۴۸ ساعت در ۶۵ درجه) منتقل شده و سپس اندازه‌گیری‌های مربوطه انجام شد.

برای اندازه‌گیری نفوذپذیری نسبی غشاء به روش Zhao و همکاران (۱۹۹۲) عمل گردید. بدین صورت که قطعات برگ به‌اندازه یک سانتی‌متر مربع جداشده (۰/۵گرم برگ تازه) و در فالکون‌های حاوی ۱۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر قرار گرفتند. پس از ۳۰ ثانیه ورتکس نمونه‌ها، هدایت الکتریکی (EC_0) هر نمونه با استفاده از دستگاه EC متر (مارک HACH، ساخت کشور آمریکا) اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴°C+ نگهداری و سپس EC_1 اندازه‌گیری گردید و نمونه‌ها ۱۵ دقیقه در اتوکلاو (۱۱۰°C+) قرار داده شد و پس از خنک‌شدن در دمای اتاق EC_2 اندازه‌گیری شد. نفوذپذیری نسبی غشاء با استفاده از معادله ۱ محاسبه گردید (Zhao *et al.*, 1992):

معادله ۱

$$RMP\ (\%) = ((EC_1-EC_0)/(EC_2-EC_0)) \times 100$$

به‌منظور اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ (RWC) به روش Ritchie و همکاران (۱۹۹۰) از برگ تیمارهای آزمایشی نمونه‌برداری شد و بلافاصله در نیتروژن مایع قرار گرفتند و پس از انتقال به آزمایشگاه، وزن تر آن‌ها با استفاده از ترازوی سارتریوز مارک اورتلینگ ساخت کشور آلمان دارای دقت ۰/۰۱∓ اندازه‌گیری شد؛ سپس تمامی نمونه‌ها در آب‌مقطر قرار داده شده و به‌مدت ۲۴ ساعت در سردخانه در دمای چهار

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-16]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.6.4]

درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. پس از آن وزن اشباع برگ‌ها اندازه‌گیری و برگ‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و وزن خشک هر کدام اندازه‌گیری گردید. با قراردادن اعداد حاصل از توزین در معادله زیر میزان درصد محتوای نسبی آب برگ به‌دست آمد (Ritchie *et al.*, 1990):

معادله ۲ Error! No text of specified style in document.

$$RWC\% = (W_f-W_d/W_t-W_d)\times 100$$

W_f = وزن تر برگ بلافاصله بعد از نمونه‌برداری

W_d = وزن خشک برگ پس از قرارگرفتن در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت

W_t = وزن اشباع برگ پس از قرارگرفتن به‌مدت ۲۴ ساعت در آب‌مقطر

اندازه‌گیری مقدار کلروفیل a و کلروفیل b: جهت اندازه‌گیری کلروفیل در مرحله تاسل دهی نمونه‌های برگی برداشت‌شده و بلافاصله در یخ قرار گرفتند و به آزمایشگاه منتقل شد. مقدار نیم گرم از ماده تر گیاهی را در هاون چینی ریخته شد و با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد عصاره‌گیری شد. سپس در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۱۰ دقیقه قرار دهید. عصاره جداشده فوقانی حاصل از سانتریفیوژ را به بالن شیشه‌ای منتقل کرده و مقداری از نمونه داخل بالن را در کووت اسپکتروفتومتر ریخته و سپس به‌طور جداگانه در طول‌موج‌های ۶۶۳ نانومتر برای کلروفیل a، و ۶۴۵ نانومتر برای کلروفیل b توسط اسپکتروفتومتر مقدار جذب قرائت شد. درنهایت با استفاده از فرمول‌های زیر میزان کلروفیل a و b برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه به‌دست آمد (Arnon, 1949).

معادله ۳

$$\text{Chlorophyll a} = (19.3 \times A663 - 0.86 \times A645)\ V/100W$$

معادله ۴

$$\text{Chlorophyll b} = (19.3 \times A645 - 3.6 \times A663)\ V/100W$$

V= حجم محلول صاف‌شده (محلول فوقانی حاصل از سانتریفیوژ)

A= جذب نور در طول‌موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر

W= وزن تر نمونه برحسب گرم

به‌منظور اندازه‌گیری میزان پرولین به روش Bates و همکاران (۱۹۷۳)، هفت روز پس از پایان دوره تنش خشکی نمونه‌های برگی برداشت‌شده و بلافاصله در یخ قرار گرفتند و به آزمایشگاه منتقل شد. به‌منظور تعیین غلظت پرولین، از منحنی استاندارد پرولین استفاده شد. ابتدا ۲ گرم از نمونه برگی تر در ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوسالیسیک ۳ درصد در داخل هاون ساییده شد و عصاره به‌دست‌آمده توسط سانتریفیوژ با دور ۱۳۰۰۰ دور در دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس دو میلی‌لیتر از عصاره‌های صاف‌شده به لوله‌های درب دار منتقل شد و به همه لوله‌ها مقدار ۲ میلی‌لیتر معرف نین‌هیدرین و دو میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال اضافه شد. بعد از بستن درب لوله‌ها، آن‌ها به‌مدت یک ساعت در حمام بن‌ماری (دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد) قرار گرفتند و پس از سردشدن به هریک از لوله‌ها مقدار ۴ میلی‌لیتر توئولن اضافه شد. درنهایت، غلظت پرولین با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول‌موج ۵۲۰ نانومتر و براساس منحنی استاندارد برحسب میلی‌گرم بر گرم بافت تازه تعیین شد (Bates *et al.*, 1973).

جهت اندازه‌گیری آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت تعداد برگ‌هایی از گیاه را جدا کرده و بعد از شستشو با آب‌مقطر بلافاصله در بافر فسفات تریس ۰/۱۶ مولار با pH = ۷/۵ وارد و خردکرده و به میزان ۰/۵ گرم هموژن تهیه شد و حجم مشابهی از همان بافر حاوی دی‌جی‌تونین و آنزیم هضم‌کننده دیوار اجازه داده شد تا فرآیند هضم غشاء و دیواره سلول را انجام دهد. در پایان مقدار ۰/۵ میلی‌لیتر از محلول هموژن برای سنجش هریک از آنزیم‌ها به روش‌های مخصوص تعیین شد.

اندازه‌گیری کاتالاز براساس روش Dhindsa و Matowe (۱۹۸۱) انجام گرفت در این روش شدت واکنش حذف آب‌اکسیژنه به‌عنوان سوبسترا ارزیابی شد. بافر زمینه برای کار حاوی ۰/۱۷ میلی‌مول فسفات دی‌سدیک (pH =۷/۵) همراه ۰/۱۵ مول اتیلن‌دی آمین ترا استیک اسید و ۰/۱۱ میلی‌مول کلرید منیزیم بود. یک واحد فعالیت آنزیم کاتالاز معادل نسبت

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-16]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.6.4]

تبدیل آب‌اکسیژنه در مدت یک دقیقه هنگامی‌که واکنش درجه اول پیش برود در نظر گرفته شد (Dhindsa and Matowe, 1981).

سنجش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز: ابتدا محلول زمینه بافر تریس حاوی فسفات دی‌سدیک (pH ۷/۲ =) به همراه ۱/۳ میلی‌مول اتیلن‌دی آمین تترا استیک اسید به‌همراه ۰/۱ میلی‌مول کربنات مونوسدیک تهیه شد و از اپی‌نفرین با غلظت ۰/۲۵ میلی‌مول به‌عنوان سوبسترا استفاده شد. سپس مجموعه عصاره به آن‌ها اضافه و تغییرات جذب نوری حاصل از اکسیداسیون اپی‌نفرین اندازه‌گیری و به‌عنوان فعالیت آنزیمی ارزیابی شد. درنهایت از آنزیم استاندارد و خالص برای استاندارد کردن نتایج استفاده گردید که هر واحد آن قادر به اکسیداسیون ۰/۵ میلی‌مول اپی‌نفرین در یک دقیقه است (Giannopolitis and Ries, 1977).

به‌منظور اطمینان از نرمال‌بودن داده‌ها، با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C آزمون نرمال انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها، براساس مدل آماری تجزیه مرکب و به کمک نرم‌افزار آماری SAS ver. 9.1.3 صورت گرفت. قبل از انجام تجزیه مرکب، به منظور بررسی یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی، ابتدا آزمون بارتلت با استفاده از نرم‌افزار SPSS ver.21 انجام شد. سپس با توجه به معنی‌دار نبودن تفاوت واریانس خطاهای صفات مورد بررسی و همگنی داده‌ها، تجزیه مرکب صورت گرفت. مقایسه میانگین‌های هر صفت با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد و با نرم‌افزار MSTAT-C انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثر سال، رژیم آبیاری، زئولیت و اثر متقابل رژیم آبیاری × زئولیت بر ارتفاع گیاه معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری × زئولیت بر ارتفاع گیاه نشان داد که با کاهش میزان آبیاری، ارتفاع گیاه به‌طور چشم‌گیری کاهش یافت، درحالی‌که با کاربرد زئولیت تا اندازه‌ای اثرات خشکی کاسته شد. تیمار شاهد (آبیاری نرمال) و مصرف شش تن در هکتار زئولیت بالاترین ارتفاع و تیمار تنش خشکی شدید (آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی) و عدم مصرف زئولیت، کمترین ارتفاع را دارا بود. درحالی‌که بین تیمار ۷۵٪ نیاز آبی – چهار تن زئولیت و ۵۰٪ نیاز آبی – هشت تن زئولیت تفاوتی مشاهده نشد. نتایج همچنین نشان داد که با کاهش میزان آبیاری، ارتفاع گیاه به‌صورت چشمگیری کاهش یافت درحالی‌که با کاربرد زئولیت تا اندازه‌ای اثرات خشکی کمتر شد (شکل ۱). اولین علائم کمبود آب در گیاهان کاهش فشار تورژسانس است، که منجر به کاهش رشدونمو سلول‌ها در ساقه گشنیز شد. رشد سلول‌ها مهم‌ترین فرآیندی است که در تنش آبی تحت‌تأثیر قرار می‌گیرد. کاهش رشد سلول برگ منجر به کاهش ارتفاع و کاهش وزن بخش‌های مختلف گیاه می‌گردد (Yeganehpoor *et al.*, 2017). این نتایج همچنین با یافته‌های Beyki و Khashei (۲۰۱۹) درخصوص کاهش ارتفاع گیاه دارویی سیاهدانه ناشی از تنش خشکی مطابقت داشت. همچنین نتایج Abrisham و همکاران (۲۰۱۵) نیز نشان داد که با افزایش مقدار زئولیت در خاک ظرفیت تبادل کاتیونی افزایش و شرایط تغذیه‌ای گیاه را بهبود بخشیده است. براساس نتایج حاصل از تحقیق ایشان، با توجه به فراوانی منابع معدنی زئولیت کلینوپتیلولایت (Clinoptilolite) در ایران، به‌نظر می‌رسد استفاده از این ماده می‌تواند شرایط کم‌آبی در فصول خشک سال را برای گیاهان مناطق خشک کاهش دهد (Abrisham *et al.*, 2015).

وزن تر اندام هوایی به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر سال، رژیم آبیاری، زئولیت و اثر متقابل رژیم آبیاری × زئولیت قرار گرفت (جدول ۲). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با اعمال تنش خشکی، وزن تر اندام هوایی در تمامی تیمارها کاهش یافت. به‌طوری‌که بیشترین میزان این صفت (۱۳/۱ گرم بر بوته) در تیمار بدون تنش – زئولیت شش تن مشاهده شد. همچنین کمترین میزان تأثیرگذاری تنش خشکی (۷۵ درصد نیاز آبی) بر وزن تر اندام هوایی در شرایط کاربرد زئولیت هشت تن در هکتار (۸/۹ گرم بر بوته) به‌دست آمد و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-16]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.6.4]

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات موردبررسی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		ارتفاع گیاه	وزن تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی	نفوذپذیری نسبی غشاء	محتوای نسبی آب
سال	۱	۱۸۷/۷۷۸ **	۲۴/۵۴۴ **	۰/۶۱۳**	۱۴۱/۸۷۸**	۵۸۷/۷۷۸**
تکرار (سال)	۴	۱۷/۹۸۹**	۳/۵۶۴**	۰/۰۴۱*	۲۸/۶۴۴ns	۴۵/۹۲۲**
رژیم آبیاری	۲	۴۸۰۶/۹۰۰**	۴۲۲/۳۹۶**	۱۲/۰۵۴**	۴۴۸۶/۱۷۸**	۱۷۷۷۲/۴۰۰**
سال × رژیم آبیاری	۲	۰/۰۷۸ ns	۰/۰۶۳ ns	۰/۰۰۴ ns	۴/۰۴۴ ns	۷/۷۷۸*
زئولیت	۴	۲۴۷/۱۲۲ **	۴۵/۸۶۵ **	۰/۰۰۱**	۵۶۳/۶۲۲**	۸۶۳/۹۵۶**
سال × زئولیت	۴	۰/۵۰۰ ns	۰/۰۹۳ ns	۱/۰۰۹ ns	۲۳/۴۸۹ ns	۱/۷۷۸ ns
رژیم آبیاری × زئولیت	۸	۲/۱۶۴ *	۴/۵۵۲ **	۰/۰۷۳**	۷۶/۷۸۹**	۲۵/۹۵۶**
سال× رژیم آبیاری × زئولیت	۸	۰/۲۵۸ ns	۰/۲۲۵ ns	۰/۰۰۵ ns	۲۸/۱۵۶ ns	۴/۴۴۴*
خطا	۵۶	۰/۸۲۲	۰/۱۸۴	۰/۰۱۴	۱۳/۴۷۸	۱/۹۹۴
ضریب تغییرات	-	۶/۸۴	۷/۱۶	۶/۷۷	۷/۸۷	۴/۶۴

***و ** به‌ترتیب در سطح ۵ و ۱ درصد معنی‌دار است و ns معنی‌دار نیست.**

ادامه جدول ۲-

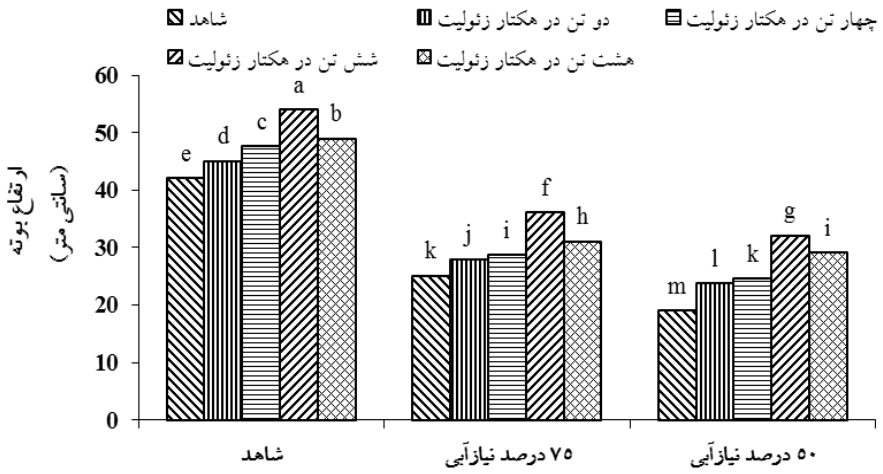
منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		کلروفیل a	کلروفیل b	پرولین	کاتالاز	سوپراکسید دیسموتاز
سال	۱	۰/۲۴۳**	۰/۰۵۷**	۰/۰۸۹*	۰/۱۲۴**	۰/۴۲۴**
تکرار (سال)	۴	۰/۲۲۸**	۰/۰۳۱**	۰/۱۸۳**	۰/۰۴۰**	۰/۰۴۰**
رژیم آبیاری	۲	۱۲/۸۷۰**	۳/۳۶۳**	۷/۸۹۵**	۲/۴۱۹**	۱/۰۸۷**
سال × رژیم آبیاری	۲	۰/۰۳۹ ns	۰/۰۰۸ ns	۰/۰۲۳ ns	۰/۰۷۹**	۰/۰۹۱**
زئولیت	۴	۱/۰۶۷**	۰/۲۷۵**	۰/۳۱۸**	۰/۰۵۴**	۰/۰۶۷**
سال × زئولیت	۴	۰/۰۱۵ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۰۱ ns	۰/۰۰۱ ns
رژیم آبیاری × زئولیت	۸	۰/۱۰۴**	۰/۰۲۱**	۰/۰۴۰*	۰/۰۱۳**	۰/۰۱۸**
سال× رژیم آبیاری × زئولیت	۸	۰/۰۱۱ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۰۱ ns	۰/۰۰۰۱ ns
خطا	۵۶	۰/۰۱۹	۰/۰۰۳	۰/۰۱۶	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳
ضریب تغییرات	-	۸/۰۰	۵/۲۶	۱۱/۲۴	۱۱/۴۴	۱۲/۰۰

***و ** به‌ترتیب در سطح ۵ و ۱ درصد معنی‌دار است و ns معنی‌دار نیست.**

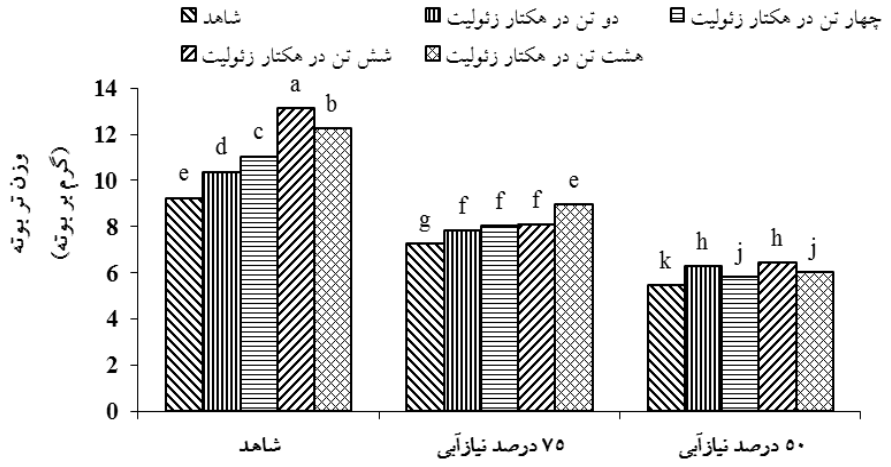
بیشترین تأثیر مخرب تنش در تیمار بدون زئولیت (۵/۴ گرم بر بوته) بود (شکل ۲). بابایی و همکاران (Babaee *et al.*, 2010) در گیاه آویشن گزارش دادند که تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد اندام رویشی داشت و با افزایش تنش خشکی، وزن تر و خشک اندام هوایی کاهش یافت. همچنین Ghaderi و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که با اعمال تنش کم‌آبی وزن

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-16]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.6.4]



شکل .Error! No text of specified style in document– **مقایسه میانگین اثر متقابل کم آبیاری و مصرف زئولیت بر ارتفاع**

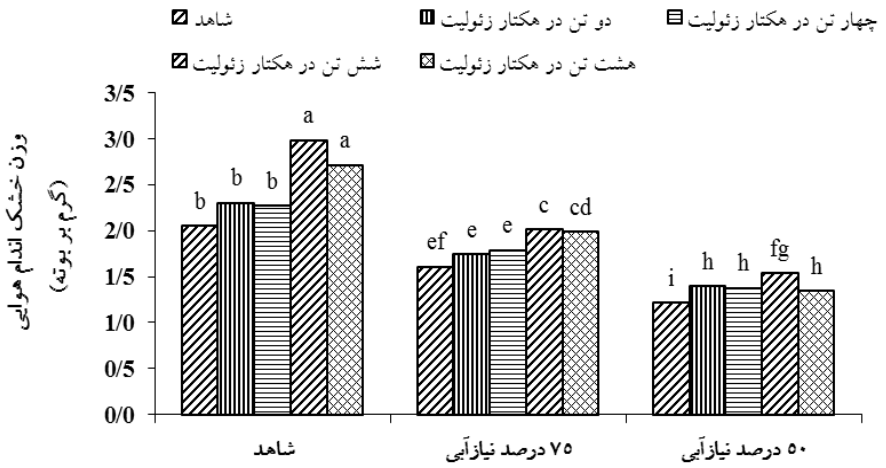


شکل ۲.Error! No text of specified style in document– **مقایسه میانگین اثر متقابل کم آبیاری و مصرف زئولیت بر وزن تر اندام هوایی**

خشک ریشه و اندام هوایی آویشن باغی نسبت به تیمار شاهد کاهش یافتند (Ghaderi *et al.*, 2018).

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثرات ساده سال، رژیم آبیاری و زئولیت و همچنین اثر متقابل رژیم آبیاری × زئولیت دارای تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک اندام هوایی بود (جدول ۲). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با اعمال تنش خشکی، میزان وزن خشک اندام هوایی به‌طور چشمگیری کاهش یافت و بیشترین و کمترین میزام وزن خشک اندام هوایی به‌ترتیب، در تیمار شاهد (بدون تنش) با کاربرد زئولیت شش تن در هکتار (۲/۹۹ گرم بر بوته) و در شرایط خشکی (۵۰ درصد نیاز آبی) بدون کاربرد زئولیت (۱/۲۲ گرم بر بوته) به‌دست آمد. در شرایط تنش، میزان وزن خشک اندام هوایی در تیمارهای متفاوت مصرف زئولیت نسبت به شرایط عدم کاربرد آن، کاهش کمتری به لحاظ آماری نشان دادند (شکل ۳). خشکی با ایجاد تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی متعددی که در گیاه گشنیز به وجود آورده با متوقف نمودن گسترش سلول‌ها و کاهش فشار آماس توانسته بر روی وزن خشک گیاه تأثیر بگذارد و سبب کاهش صفات مذکور گردد و موجب کاهش انتقال مواد غذایی از خاک به گیاه شود (Keshavars *et al.*, 2012) که کاهش معنی‌دار وزن خشک نسبت به گیاهان شاهد در پی دارد. درحالی‌که Mahalleh و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-16]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.6.4]



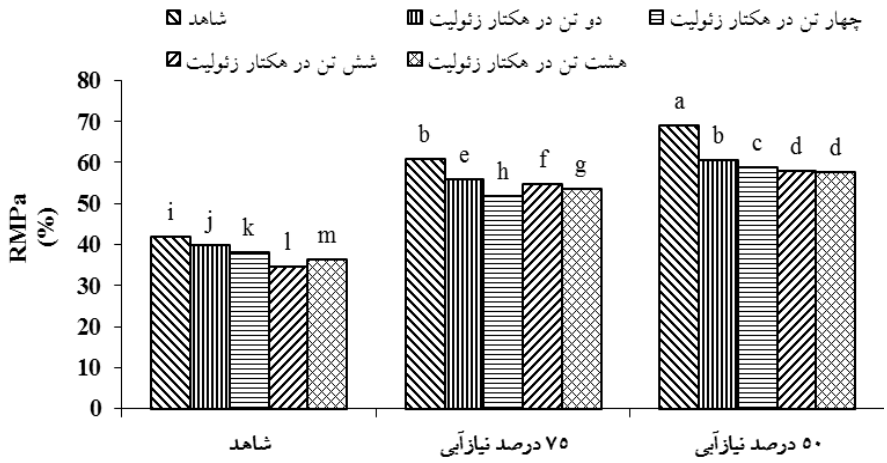
شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل کم آبیاری و مصرف زئولیت بر وزن خشک اندام هوایی

دلیل کاهش وزن گیاه در اثر تنش خشکی به خاطر کاهش پتانسیل اسمزی سلول و کاهش طول سلول و تقسیم در ساقه است و نشان دادند که زئولیت با توانایی بالای نگهداری آب می‌تواند اثرات بد کم‌آبی را کاهش می‌دهد (Mahalleh *et al.*, 2011). با بررسی خصوصیات زئولیت به‌نظر می‌رسد که با بازماندن روزنه‌ها به‌مدت طولانی، موجب تثبیت مناسب دی‌اکسید کربن شده و مانع کاهش شدید وزن خشک در گیاه می‌شود (Li *et al.*, 2014). همچنین نتایج نشان داد که افزایش مصرف زئولیت از ۶ به ۸ تن در هکتار در شرایط ۵۰ درصد نیاز آبی موجب افزایش کمتر وزن تر و خشک اندام هوایی گشنیز گردید. به‌نظر می‌رسد که افزایش بیش از ۶ تن در هکتار زئولیت تأثیری در بهبود شرایط کم آبیاری گیاه گشنیز نشده و از قانون بازده نزولی تبعیت نموده است.

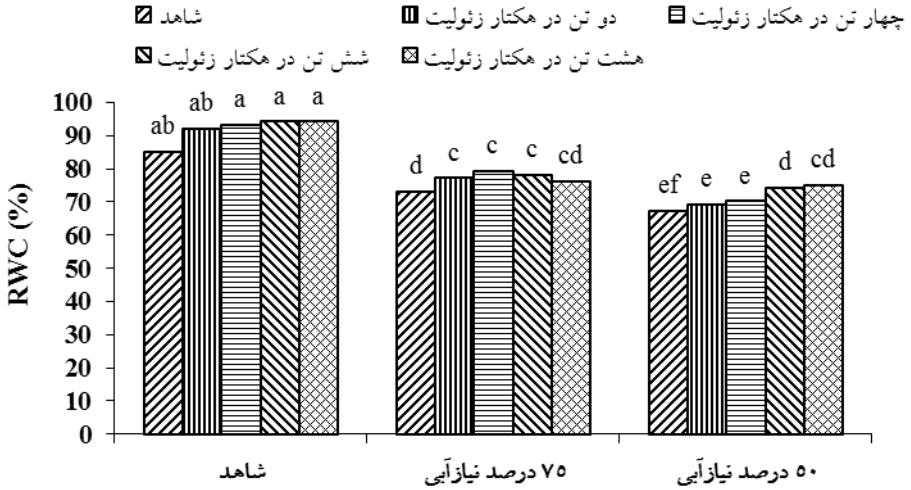
نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثر سال، رژیم آبیاری، زئولیت و همچنین اثر متقابل رژیم آبیاری × زئولیت بر نفوذپذیری نسبی غشاء معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با اعمال رژیم آبیاری، نفوذپذیری نسبی غشاء در تمامی تیمارها افزایش یافت. به‌طوری‌که بیشترین میزان این صفت (۶۹ درصد) در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی و بدون کاربرد زئولیت مشاهده شد. همچنین کمترین میزان تأثیرگذاری رژیم آبیاری (۷۵ درصد نیاز آبی) بر نفوذپذیری نسبی غشاء در شرایط کاربرد زئولیت شش تن در هکتار به‌دست آمد (شکل ۴). تحت شرایط کم‌آبی، غشای پلاسمایی از نخستین اندام‌هایی است که آسیب می‌بیند (Levitt, 1980). درنتیجه صدمه به غشا سلولی، تراوایی را افزایش داده و بدین ترتیب نشت الکترولیتی از سلول، باعث پژمردگی گیاه می‌شود. با شروع تنش که با تنش اکسیداتیو همراه است، تولید و ذخیره گروه‌های سمی و مخرب اکسیژن آزاد افزایش می‌یابد و تحت این شرایط به‌سرعت فسفولیپیدهای غشا پراکسیده گردیده و پایداری غشا سلول‌ها از بین می‌رود. درحالی‌که با حفظ شرایط رطوبتی زئولیت به‌واسطه دارابودن ساختار منحصر به فرد صدمات ناشی از کم‌آبی کاهش یافته است (Wang and Huang, 2004).

محتوای نسبی آب برگ به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر سال، تنش خشکی، زئولیت و اثر متقابل سال × رژیم آبیاری خشکی و رژیم آبیاری × زئولیت قرار گرفت (جدول ۲). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با اعمال رژیم آبیاری، میزان وزن محتوای نسبی آب برگ به‌طور چشم‌گیری کاهش یافت. بیشترین و کمترین میزان محتوای نسبی آب برگ به‌ترتیب، در تیمار نرمال (بدون تنش) با کاربرد زئولیت و در شرایط خشکی (۵۰ درصد نیاز آبی) بدون کاربرد زئولیت به‌دست آمد. در شرایط تنش، میزان محتوای نسبی آب برگ در تیمارهای متفاوت مصرف زئولیت نسبت به شرایط عدم کاربرد آن، کاهش کمتری مشاهده شد (شکل ۵). رژیم آبیاری با تأثیر

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-16]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.6.4]



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل کم آبیاری و مصرف زئولیت بر نفوذپذیری نسبی غشا

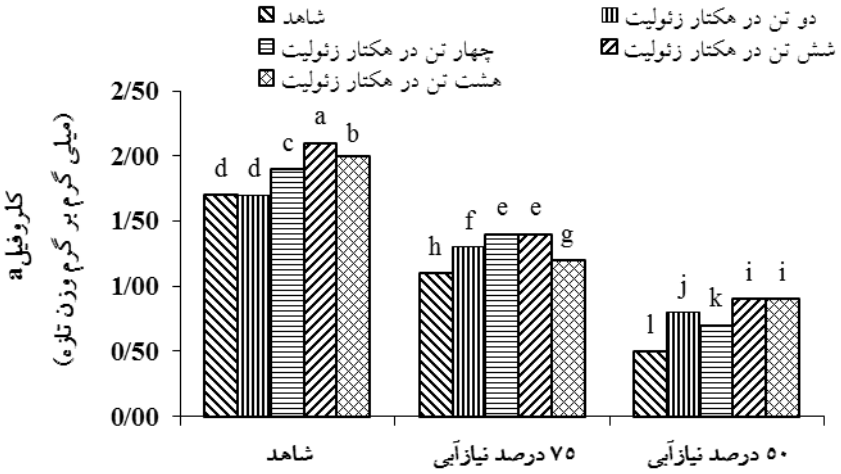


شکل .Error! No text of specified style in document**۵- مقایسه میانگین اثر متقابل کم آبیاری و مصرف زئولیت بر RWC**

بر فعالیت‌های آنزیمی سبب کاهش پایداری غشا سلولی در گیاه شد که به‌عنوان یکی از اجزای مهم مکانیسم دفاعی گیاه در شرایط خشکی در نظر گرفته می‌شود که با گزارش Pourebtehaj و همکاران (۲۰۱۲) همسو بود.

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثرات ساده سال، رژیم آبیاری، زئولیت و اثرات متقابل رژیم آبیاری × زئولیت دارای بر محتوای کلروفیل a معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با اعمال رژیم آبیاری، کلروفیل a در تمامی تیمارها کاهش یافت. به‌طوری‌که بیشترین میزان این صفت (۲/۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) در تیمار بدون تنش - زئولیت شش تن مشاهده شد. همچنین کمترین تأثیرگذاری رژیم آبیاری (۷۵ درصد نیاز آبی) بر کلروفیل a در شرایط کاربرد زئولیت چهار و شش تن در هکتار به‌دست آمد و بیشترین تأثیر مخرب تنش در تیمار بدون زئولیت (۰/۵ گرم بر گرم وزن تازه برگ) بود (شکل ۶). تغییرات محتوای نسبی آب برگ به‌عنوان یک واکنش کوتاه مدت به تنش و معیاری از توان حفظ قدرت منبع در شرایط تنش خشکی است (Ahmadi *et al.*, 2010). از سوی دیگر، کاربرد زئولیت، با کاهش شکل‌گیری سیگنال‌های بروز تنش خشکی در محیط ریشه گیاه، سبب افزایش مقدار رطوبت نسبی می‌شود (Bahador *et al.*, 2017).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-16]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.6.4]



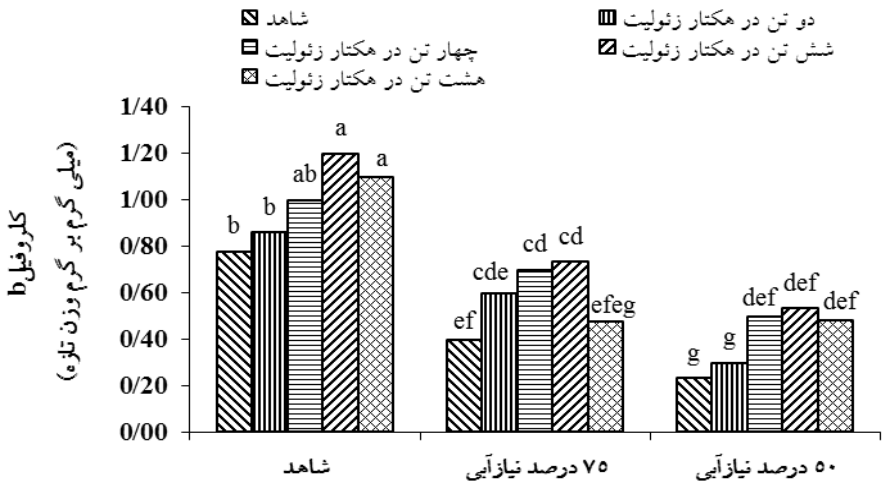
شکل .Error! No text of specified style in document۶- **مقایسه میانگین اثر متقابل کم آبیاری و مصرف زئولیت بر کلروفیل a**

کلروفیل b به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر اثر ساده سال، رژیم آبیاری، زئولیت قرار گرفت. همچنین اثر متقابل رژیم آبیاری و زئولیت بر کلروفیل b معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با اعمال تیمارهای کم آبیاری، میزان کلروفیل b به‌طور چشم‌گیری کاهش یافت. بیشترین و کمترین میزان کلروفیل b به‌ترتیب، در تیمار نرمال (بدون تنش) با کاربرد زئولیت شش تن در هکتار (۱/۲۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و در شرایط خشکی (۵۰ درصد نیاز آبی) – بدون کاربرد زئولیت به‌دست آمد (۰/۲۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) بود اگر چه در شرایط ۵۰ درصد نیاز آبی بین تیمار بدون مصرف و ۲تن زئولیت تفاوتی مشاهده نشد. در شرایط تنش، میزان کلروفیل b در تیمارهای متفاوت مصرف زئولیت نسبت به شرایط عدم کاربرد آن، کاهش کمتری به لحاظ آماری نشان دادند (شکل ۷). کاهش کلروفیل کل، کلروفیل a و b در شرایط تنش کم‌آبی در گیاه دارویی آویشن (Maleki Lajayer *et al.*, 2018) و ریحان (Aslani *et al.*, 2010) نیز گزارش شده است. تنش خشکی از طریق ایجاد تنش اکسیداتیو و ROS می‌تواند غشاءهای تیلاکوئیدی که محل قرارگیری رنگیزه‌های فتوسنتزی هستند را مورد تهدید قرار دهد (Aslani *et al.*, 2010).

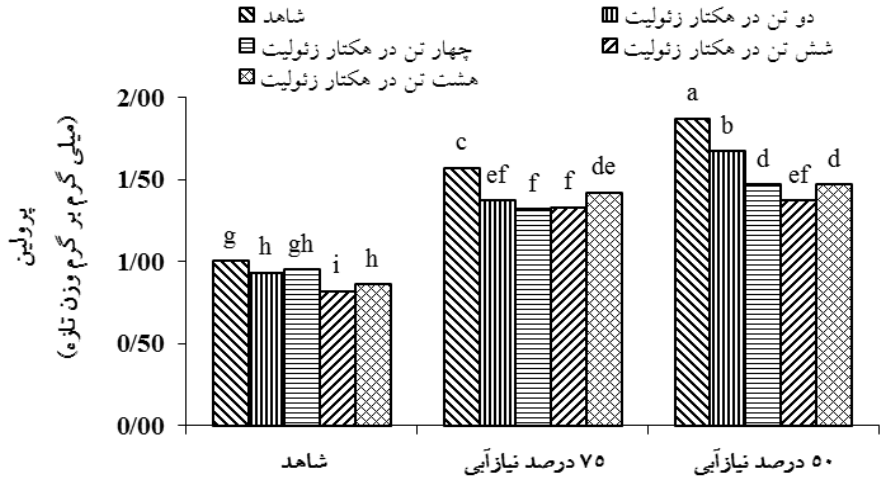
نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر سال، رژیم آبیاری، زئولیت و اثر متقابل رژیم آبیاری و زئولیت به‌طور معنی‌داری پرولین را تحت‌تأثیر قرار داد (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کاهش میزان آبیاری، سبب افزایش پرولین شد درحالی‌که با کاربرد زئولیت تا اندازه‌ای اثرات خشکی کاهش یافت. تیمار شاهد (آبیاری نرمال) و مصرف شش تن در هکتار زئولیت کمترین مقدار پرولین و تیمار تنش شدید (آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی) و عدم مصرف زئولیت، بیشترین میزان پرولین را دارا بود (شکل ۸). پرولین اسیدآمینه ذخیره‌شده در سیتوپلاسم بوده و در حفاظت از ساختمان ماکرو مولکول‌های درون سلول در طی رژیم آبیاری نقش مؤثری دارد. پرولین درواقع به‌عنوان یک شاخص در تعیین میزان حساسیت به تنش‌ها در گیاهان به‌شمار می‌رود. از همین سو بالارفتن میزان این ترکیب در بافت‌های گیاه گشنیز به‌نوعی بیانگر فعال‌شدن سازوکار تنظیم اسمزی است که شرایط را برای جذب بیشتر آب و املاح از محیط ریشه را فراهم نمود (Aslani *et al.*, 2010).

نتایج نشان داد که اثرات ساده سال، رژیم آبیاری، زئولیت و اثر متقابل رژیم آبیاری و زئولیت دارای تأثیر معنی‌داری بر غلظت کاتالاز بود (جدول ۲). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با اعمال رژیم آبیاری، کاتالاز در تمامی تیمارها افزایش یافت. به‌طوری‌که بیشترین میزان این صفت (۱/۸۷ میلی‌مول بر گرم وزن تازه) در تیمار تنش (۵۰ درصد نیاز آبی) × عدم مصرف زئولیت مشاهده شد. همچنین کمترین

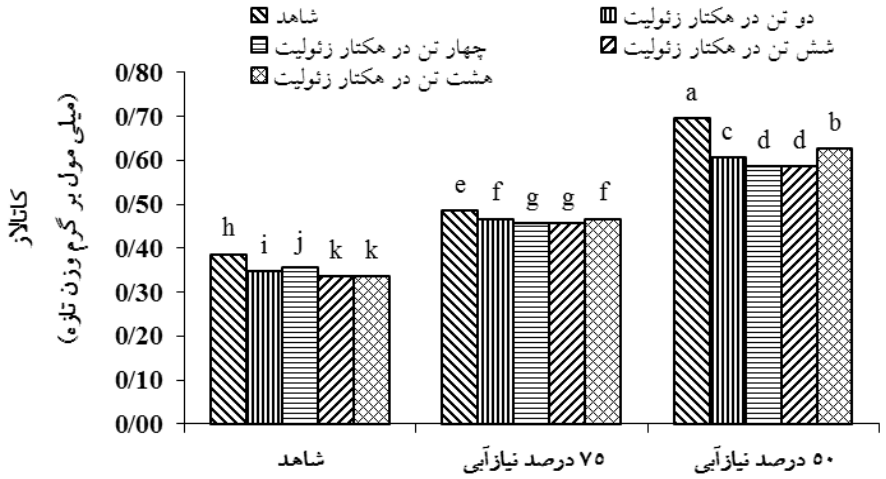
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-16]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.6.4]



شکل .VError! No text of specified style in document- **مقایسه میانگین اثر متقابل کم آبیاری و مصرف زئولیت بر کلروفیل b**



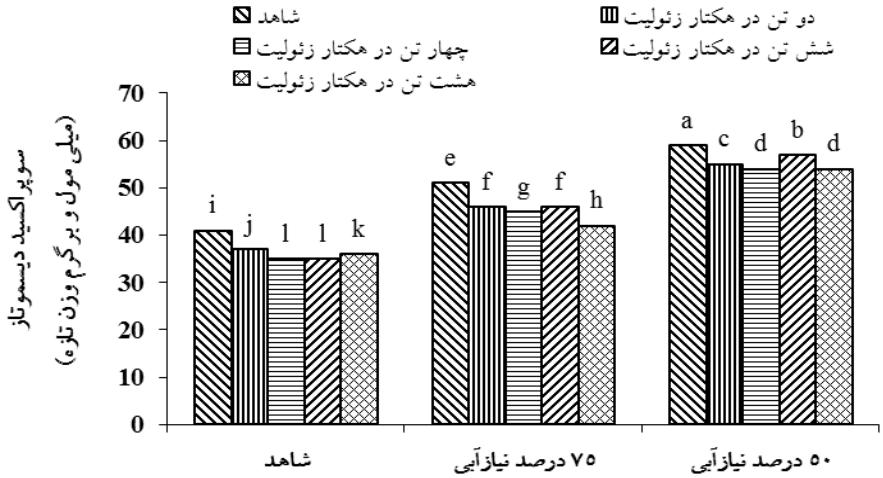
شکل ۸- مقایسه میانگین اثر متقابل کم آبیاری و مصرف زئولیت بر پرولین



شکل ۹- مقایسه میانگین اثر متقابل کم آبیاری و مصرف زئولیت بر کاتالاز

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-16]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.6.4]



شکل .Error! No text of specified style in document- مقایسه میانگین اثر متقابل کم آبیاری و مصرف زئولیت بر سوپراکسید دیسموتاز

میزان تأثیرگذاری رژیم آبیاری بر کاتالاز در شرایط کاربرد زئولیت چهار و شش تن در هکتار (۰/۴۶) به‌دست آمد (شکل ۹). کاتالاز از سلول‌ها در برابر پراکسید هیدروژن محافظت می‌کند. با توجه به اینکه کاتالاز به حفظ هموستازی اکسیژن فعال در زمان وقوع تنش‌های زنده و غیرزنده کمک می‌کند، بنابراین فعالیت آن نیز در زمان مواجهه گیاه در برابر تنش بیشتر می‌شود (Magbanua *et al.*, 2007). سوپراکسید دیسموتاز به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر اثر ساده سال، رژیم آبیاری، زئولیت و اثر متقابل رژیم آبیاری خشکی و زئولیت قرار گرفت (جدول ۲). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با اعمال رژیم آبیاری، میزان سوپراکسید دیسموتاز به‌طور چشم‌گیری افزایش یافت. کمترین و بیشترین میزان سوپراکسید دیسموتاز به‌ترتیب، در تیمار نرمال (بدون تنش) با کاربرد زئولیت چهار و شش تن در هکتار و در شرایط خشکی (۵۰ درصد نیاز آبی) – بدون کاربرد زئولیت به‌دست آمد. در شرایط تنش، میزان سوپراکسید دیسموتاز در تیمارهای متفاوت مصرف زئولیت نسبت به شرایط عدم کاربرد آن، افزایش کمتری به لحاظ آماری نشان دادند (شکل ۱۰). در شرایط رژیم آبیاری، تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن در گیاه گشنیز افزایش یافته و باعث آسیب به بافت‌های یاخته‌ای می‌شود. به‌منظور کنترل سطح تولید گونه‌های فعال اکسیژن و محافظت یاخته‌ها، بافت‌های گیاهی شامل ترکیب آنزیمی سوپراکسید دیسموتاز (SOD) هستند که گونه‌های فعال اکسیژن را پاک‌سازی می‌کنند (Pareek *et al.*, 2009). در حالی با مصرف زئولیت به‌علت توانایی جذب و رهاسازی تدریجی رطوبت، باعث کاهش تأثیر زیان‌بار کم‌آبی می‌شود که در این شرایط، گیاه کمبود آب خفیف‌تری را نسبت به دیگر شرایط مورد بررسی درک کرده است. سوپراکسید دیسموتاز در یک واکنش پیچیده دو مولکول سوپراکسید را به کمک دو مولکول هیدروژن با یکدیگر ترکیب کرده و تبدیل به دو مولکول پراکسید هیدروژن می‌کند و در مرحله بعد، پراکسید هیدروژن توسط دیگر پاک‌کننده‌ها حذف می‌شود (Gill and Tuteja, 2010).

نتیجه‌گیری

با توجه به قرارگرفتن استان کرمان در اقلیم خشک و نیمه‌خشک، توجه به راهکارهایی در جهت کاهش اثرات تنش خشکی بر رشد گیاهان ضروری به‌نظر می‌رسد. به‌طورکلی نتایج نشان داد که استفاده از زئولیت سبب بهبود خصوصیات رشدی گیاه گشنیز در کلیه شرایط رطوبتی شد. به‌طوری‌که این اثرات مثبت در ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی نیز به‌وضوح قابل مشاهده بود. با توجه به اثرات مثبت زئولیت در کاهش اثرات مخرب تنش خشکی در این آزمایش، استفاده از شش تن

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-16]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.6.4]

در زئولیت هکتار در شرایط ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه گشنیز توصیه می‌گردد.

منابع

Abrisham, E., Jafari, M. and Tavili, A. (2015) Effects of water deficit and Zeolite application on some soil properties and growth parameters of *Halothamnus glaucus* in arid land ecosystems. Rangeland 9: 120-128.

Afshar, R., Chaichi, M., Ansari Jovini, M., Jahanzad, E. and Hashemi, M. (2015) Accumulation of phenolic compounds in milk thistle seeds under droughtstress. Planta 242: 2265-2269.

Ahmadi, A., Emam, Y. and Pessarakli, M. (2010) Biochemical changes in maize seedling exposed to drought stress conditions at different nitrogen levels. Journal of Plant Nutrition 33: 541-556.

Akbarinia, A., Daneshian, J. and Mohmmad, B. F. (2007) Effect of nitrogen fertilizer and plant density on seed yield, essential oil and oil content of *Coriandrum sativum* L. Journal of Ornamental and Horticultural plants 3: 95-103.

Arnon, D. I. (1949) Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology 24: 1.

Aslani, Z., Hassani, A., Rasooli Sadagiyani, M., Sefidkon, F., Barin, M. and Gheibi, S. A. (2010) Effect of symbiosis with mycorrhiza fungi on some physiological characteristics of basil (*Osimum basilicum*) under drought stress. Environmental Stresses in Crop Sciences 2: 109-117.

Babaee, K., Amini Dehaghi, M., Modares Sanavi, S. and Jabbari, R. (2010) Water deficit effect on morphology, prolin content and thymol percentage of Thyme (*Thymus vulgaris* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research 26: 239-251.

Bahador, M., Tadayon, M., Rafie-alhoseini, M. and Salehi, M. (2017) Changes of canopy temperature and some physiological traits of Hemp (*Cannabis sativa*) under deficit water stress and zeolite rates. Environmental Stresses in Crop Sciences 10: 269-279.

Bastami, A. and Majidian, M. (2016) Effects of mycorrhiza, phosphatic biofertilizer on photosynthetic pigments and yield in coriander (*Coriandrum sativum* L.). Journal of Plant Productions (Agronomy, Breeding and Horticulture) 38: 49-60.

Bates, L. S., Waldren, R. P. and Teare, I. (1973) Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil 39: 205-207.

Beyki, A. and Khashei, A. (2019) Application of clinoptilolite natural zeolite and irrigation management on yield and yield components of black cumin plant (*Nigella sativa* L.). Journal of Water Research in Agriculture 33: 137-148.

Broushaki, M., Fakheri, B., Mahdinezhad, N., Aran, M. and Abdali Mashhadi, A. (2021) Evaluation of zeolite on quantitative and qualitative characteristics of carela (*Momordica charantia* L.) medicinal plant under deficit irrigation. Iranian Journal of Horticultural Science 52: 35-46.

Chang, C. C., Yang, M. H., Wen, H. M. and Chern, J. C. (2002) Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. Journal of food and drug analysis 10.

Dhindsa, R. S. and Matowe, W. (1981) Drought tolerance in two mosses: Correlated with enzymatic defence against lipid peroxidation. Journal of Experimental Botany 32: 79-91.

Ghaderi, A., Fakheri, B. and Mahdi Nezhad, N. (2018) Evaluation of the morphological and physiological traits of thyme under water deficit stress and foliar application of ascorbic acid. Journal of Crops Improvement 19: 817-835.

Gholinezhad, E. and Eivazi, A. (2021) The effect of super absorbent polymer A200 and manure fertilizer on reducing drought stress in wheat (*Triticum aestivum* L.) different cultivars. Water and Soil Science 31.

Giannopolitis, C. N. and Ries, S. K. (1977) Superoxide dismutases: I. Occurrence in higher plants. Plant Physiology 59: 309-314.

Gill, S. S. and Tuteja, N. (2010) Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. Plant Physiology and Biochemistry 48: 909-930.

Hazrati, S., Tahmasebi-Sarvestani, Z., Mokhtassi-Bidgoli, A., Modarres-Sanavy, S. A. M., Mohammadi, H. and Nicola, S. (2017) Effects of zeolite and water stress on growth, yield and chemical compositions of *Aloe vera* L. Agricultural Water Management 181: 66-72.

Karimzadeh Asl, K., Ghorbanpour, M., Marefatzadeh Khameneh, M. and 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 17: 91-112.

Karimzadeh, K., Sefidkon, F., Majnoon Hosseini, N. and Peighambari, S. A. (2014) The effect of different levels of soil moisture, zeolite and biofertilizers on physiological characteristics, yield and essential oil of dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research 30: 158-173.

Keshavars, L., Farahbakhsh, H. and Golkar, P. (2012) The effects of drought stress and super absorbent polymer on morphphysiological traits of pear millet (*Pennisetum glaucum*). International Research Journal of Applied and Basic Sciences 3: 148-154.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-16]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.6.4]

Levitt, J. (1980) Response of plants to environmental stresses: chilling, freezing, and high temperature stresses. Physiological Ecology: A Series of Monographs, Texts, and Treatises 1: 23-64.

Li, X., He, J. Z., Hughes, J. M., Liu, Y. R. and Zheng, Y. M. (2014) Effects of super-absorbent polymers on a soil–wheat (*Triticum aestivum* L.) system in the field. Applied Soil Ecology 73: 58-63.

Magbanua, Z. V., De Moraes, C. M., Brooks, T., Williams, W. P. and Luthe, D. S. (2007) Is catalase activity one of the factors associated with maize resistance to *Aspergillus flavus*? Molecular Plant-Microbe Interactions 20: 697-706.

Mahalleh, J. K., Abad, H. H. S., Nourmohammadi, G., Darvish, F., Haravan, I. M. and Valizadegan, E. (2011) Effect of superabsorbent polymer (Tarawat A200) on forage yield and qualitative characters in corn under deficit irrigation condition in Khoy Zone (Northwest of Iran). Advances in Environmental Biology 2579-2588.

Mahmoud, A. W. M. (2009) Enhancing of growth, essential oil yield and component of yarrow plants (*Achillea millefolium*) grown under safe agriculture conditions. In "Proceedings of the 1st International Conference on Biological Science".

Maleki Lajayer, H., Zakizadeh, H., Hamidoghli, Y., Chamani, E. and Biglouei, M. H. (2018) Evaluation of freezing tolerance of some thyme (*Thymus* spp.) species in green space. Journal Of Agroecology 10: 1217-1227.

Moghadam, H. R. T. (2016) Application of super absorbent polymer and ascorbic acid to mitigate deleterious effects of cadmium in wheat. Pesquisa Agropecuaria Tropical 46: 09-18.

Pareek, A., Sopory, S. K. and Bohnert, H. (2009) "Abiotic Stress Adaptation in Plants". Springer.

Polat, E., Karaca, M., Demir, H. and Onus, A. N. (2004) Use of natural zeolite (clinoptilolite) in agriculture. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research 12: 183-189.

Pourebtehaj, M., Habibi, D., Paknejad, F., Davoodi, F. M. and farahani, P. P. (2012) Effect of plant growth promoting rhizobacteria and foliar application of silicic acid and amino acids on biochemical biomarkers activity of barley under drought stress (*Hordeum vulgar* L.). Iranian Journal of Agronomy and Plant breeding 8: 147-160.

Ritchie, S. W., Nguyen, H. T. and Holaday, A. S. (1990) Leaf water content and gas-exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science 30: 105-111.

Smith, M., Kivumbi, D. and Heng, L. (2002) Use of the FAO CROPWAT model in deficit irrigation studies. In "Deficit Irrigation Practices".

Wang, Z. and Huang, B. (2004) Physiological recovery of *Kentucky bluegrass* from simultaneous drought and heat stress. Crop Science 44: 1729-1736.

Yeganehpoor, F., Zehtab, S. S., Shafagh, K. J. and Ghassemi, G. K. (2017) Effect of drought stress chemical and biofertilizer and salicylic acid on grain yield and yield components of coriander (*Coriandrum sativum* L.). Electronic Journal of Crop Production 9: 37-55.

Zhao, Y., Aspinall, D. and Paleg, L. (1992) Protection of membrane integrity in *Medicago sativa* L. by glycinebetaine against the effects of freezing. Journal of Plant Physiology 140: 541-543.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-16]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.6.4]

Effect of zeolite on biochemical and physiological properties of coriander (*Coriandrum sativum* L.) under water deficit stress

Mahdieh Semsarzadeh[1], Saeed Sayfzadeh[1]*, Davod darvishi Zeidabadi[2], Hamidreza Zakerin[1], Esmaeil hadidi Masouleh[1]

[1] Department of Agronomy, Takestan Branch, Islamic Azad University, Takestan, Iran
[2] Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Kerman, Iran
(Received: 07/04/2022, Accepted: 16/08/2022)

Abstract

The aim of this experiment was to investigate the effect of zeolite on biochemical and physiological properties of coriander under drought stress in factorial form in a randomized complete block design with 4 replications during the two cropping years of 2017-2018 and 2018-2019. Drought stress at 3 levels (including: 100% water requirement (no stress), 75% water requirement (mild stress) and 50% water requirement (severe stress)) and zeolite consumption at 5 levels (no use, 2, 4, 6 and 8 t. ha^{-1} of zeolite) were applied. The results showed that the water deficit stress decreased plant height drought, as well as fresh and dry weight of shoots significantly; However, with the application of zeolite, the effects of stress were somewhat reduced. The highest and lowest shoot dry weight was obtained, in normal irrigation (without stress) with the use of six tons of zeolite per hectare (2.99 g. $plant^{-1}$) and in drought conditions (50% water requirement) without the use of zeolite (1.22 g. $plant^{-1}$), respectively. Also, reduction of irrigation increased proline, while application of zeolite reduced drought effects slightly. Normal irrigation and consumption of six tons per hectare of zeolite showed the lowest amount of proline and severe stress (irrigation 50% of water requirement) and non-consumption of zeolite showed the highest amount of proline. In general, an acceptable economic yield was gained in the coriander plants by applying mild stress (75% of water requirement) and using six tons per hectare of zeolite, as well as reduces the effects of stress.

Keywords: Coriander, Catalase, Drought stress, Membrane permeability, Zeolite

Corresponding author, Email: saeedsayfzadeh@yahoo.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-16]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.6.4]