

## تنش خشکی و کاربرد ژئولیت معدنی بر رشد و برخی پارامترهای فیزیولوژیکی گیاه پنیرک (*Malva sylvestris*)

فرزاد احمدی آذر<sup>۱</sup>، طاهره حسنلو<sup>۱\*</sup>، علی ایمانی<sup>۳</sup> و ولی فیضی اصل<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> کرج، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی، بخش فیزیولوژی مولکولی

<sup>۲</sup> ابهر دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ابهر

<sup>۳</sup> کرج، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، بخش باغبانی

<sup>۴</sup> مراغه، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور

تاریخ پذیرش: ۹۳/۵/۲۶

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۰/۸

### چکیده

این آزمایش بمنظور بررسی اثرات تنش خشکی و کاربرد ژئولیت معدنی بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه دارویی پنیرک، بصورت کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۰ در شهرستان مراغه اجرا شد. عامل اصلی شامل سه سطح آبیاری بصورت شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)، تنش خشکی ملایم (۷۵ درصد ظرفیت زراعی) و تنش خشکی شدید (۵۰ درصد ظرفیت زراعی) و مقادیر ژئولیت در پنج سطح (عدم کاربرد ژئولیت، دو، چهار، شش، هشت گرم در هر کیلوگرم خاک) بعنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد در بین صفات مورد بررسی اختلاف معنی‌داری وجود داشت، به طوری که بالاترین وزن تر اندام هوایی (۱۶۴ گرم)، ریشه (۸۷/۶۶ گرم)، طول ساقه (۷۹ سانتی‌متر)، هدایت روزنه‌ای (۸۷۵ میلی‌مول بر مترمربع در ثانیه)، بالاترین میانگین نشت الکتروولت (۸۷/۷۲ میلی‌مول بر سانتی‌متر)، بیشترین مقدار کلروفیل a (۰/۷۲ میلی‌گرم بر گرم) و b (۹/۰۶ میلی‌گرم بر گرم) متعلق بمیزان هشت گرم ژئولیت و ۱۰۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی بود. بالاترین میزان فندهای محلول (۱۵۵/۲۰ میلی‌گرم در هر گرم وزن خشک) و کمترین میزان نسبی آب برگ (۴۰/۷۲ درصد) متعلق به عدم کاربرد ژئولیت و ۵۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی بود. کاربرد سطوح مختلف ژئولیت در هر سه شرایط رطوبتی خاک سبب بهبود در بسیاری از صفات فوق شد. بطور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که می‌توان با بکارگیری ژئولیت، از هدررفت آب در شرایط کم آبی جلوگیری کرده و آن را بهتر و بیشتر در دسترس گیاه قرار داد.

واژه‌های کلیدی: فندهای محلول، کلروفیل، میزان نسبی آب برگ، نشت الکتروولت، هدایت روزنه‌ای

\* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۲۶-۳۲۷۰۳۵۳۶، پست الکترونیکی: thasanloo@abrii.ac.ir

### مقدمه

پنیرک با نام علمی "*Malva sylvestris*" متعلق به خانواده Malvaceae، گیاهی پایا، یکساله، دوساله و یا بندرت چندساله است که بعنوان یکی از ده گونه جنس پنیرک در سراسر ایران بجز نواحی بیابانی مرکزی می‌روید (۸ و ۳۳). پنیرک از گیاهان دارویی ارزشمندی است که از گل‌ها و برگ‌های آن در بسیاری از دارونامه‌های (Pharmacopa)

معتبر بعنوان دارو یاد شده است. این گیاه در کاهش عوارض سرماخوردگی بویژه سرفه، التهاب‌های تنفسی، ناراحتی‌های مجاری ادراری و گوارشی و نیز جوش‌های پوستی مؤثر می‌باشد. همچنین دارای فعالیت‌های ضدباکتریایی، ضدقارچی و ضدویروسی علیه بسیاری از پاتوژن‌های انسانی می‌باشد (۴۷).

طولانی و صرفه‌جویی در مصرف کود شیمیایی و جلوگیری از آلودگی‌های زیست‌محیطی می‌باشد (۳۱) و (۴۰). این مواد بشدت آبدوست بوده که ضمن برخورداری از سرعت و ظرفیت زیاد جذب آب در موقع نیاز ریشه، به راحتی آب و مواد غذایی محلول در آب را در اختیار ریشه گیاه قرار می‌دهند (۵۲ و ۵۵).

در حال حاضر گزارشی از بررسی اثرات تنش خشکی و یا کاربرد زئولیت معدنی در تحمل به تنش خشکی گیاه دارویی پنیرک وجود ندارد. لذا در این راستا اثرات تنش خشکی و کاربرد زئولیت معدنی بر رشد و برخی پارامترهای فیزیولوژیکی گیاه پنیرک در شرایط گلخانه مورد بررسی قرار گرفته است.

### مواد و روشها

**مشخصات محل اجرای آزمایش:** این پژوهش طی سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۹۰ در شرایط گلخانه (۱۲ ساعت روشنایی بمیزان  $180 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و ۱۲ ساعت تاریکی در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد)، در قالب طرح کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۰ در مرکز فنی حرفه‌ای شهرستان مراغه اجرا شد. بذور مورد استفاده در این تحقیق از بانک ژن پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی انتخاب و آزمون جوانه‌زنی قبل از کاشت برای اطمینان از سالم بودن بذور انجام شد. نتایج آزمون خاک در جدول یک گزارش شده است (۳۴ و ۳۵).

**کشت گیاهان:** برای تعیین میزان رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی (رطوبت ظرفیت زراعی مقدار رطوبتی است که یک خاک اشباع شده پس از خارج شدن آب ثقلی در خود نگه می‌دارد) از معادله ۱ استفاده شد و رطوبت ظرفیت مزرعه در خاک مورد نظر برابر ۲۸ درصد وزنی برآورد شد (۲۰).

معادله (۱)

تنش خشکی یکی از مشکلات اساسی کشاورزی در ایران و جهان است و عامل مهمی در کاهش عملکرد گیاهان بشمار می‌رود. حدود ۹۰ درصد از کشور ایران در نواحی خشک و نیمه‌خشک قرار دارد. یک سوم اراضی قابل کشت در جهان از کمبود آب کافی برای کشاورزی رنج می‌برند (۱۹) و (۳۲). در گزارش‌های متعددی تأثیرات تنش خشکی بر گیاهان، خصوصاً بر رشد و نمو یا تغییرات ساختاری گیاه که منجر به افزایش یا کاهش تحمل گیاه نسبت به تنش می‌شود، بررسی شده است (۵۱ و ۱۶). تأثیر تنش خشکی بر هدایت روزنه‌ای (SC) (Stomatal Conductance) و محتوای نسبی آب برگ (RWC) (Relative water content) و یا اثرات سوخت و سازی مانند افزایش کارایی مصرف آب و تنظیم حرکات روزنه‌ای که با تغییرات اساسی در فرایندهای فیزیولوژیک، تحمل گیاه را نسبت به تنش زیاد می‌کنند به اثبات رسیده است (۲۳ و ۵۴). از طرفی بیان شده است که گیاهان در تنش‌های محیطی با ذخیره مواد تنظیم‌کننده اسمزی با این تنش‌ها مقابله می‌کنند (۳۶ و ۵۱). از سایر اثرات تنش خشکی می‌توان به اثر آن بر میزان نورآمایی اشاره کرد (۲۷). در این رابطه نتایج تحقیقات نشان داده است که تنش خشکی ملایم بر روی مقدار کلروفیل اثری نداشته ولی خشکی شدید مقدار کلروفیل را کاهش می‌دهد (۲۸ و ۴۱).

اتخاذ روش‌هایی همانند بهره‌برداری صحیح از آب و بررسی واکنش‌های گیاه در مقابله با تنش، مفید خواهد بود (۴، ۶، ۳۲ و ۴۴). در سال‌های اخیر کاربرد مواد معدنی طبیعی بمنظور بهبود باروری، اصلاح ساختمان فیزیکی و شیمیایی خاک که منجر به افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک نیز می‌شود توصیه شده است که زئولیت یکی از این مواد می‌باشد (۱۷ و ۳۷). زئولیت یک ماده معدنی است که عمدتاً از آلومینوسیلیکات تشکیل شده و کاربرد تجاری عمده آن در صنایع بعنوان جاذب سطحی است. یکی از علل استفاده از زئولیت در تولیدات کشاورزی و بهره‌وری خاک، خاصیت جذب رطوبت و نگهداری آن برای مدت

$$\text{وزن خاک خشک} \times 100 = \frac{\text{وزن خاک تر} - \text{وزن خاک تر}}{\text{وزن خاک خشک}} \times 100$$

**وزن خاک خشک**

مطالعات مورفولوژیکی: برای اندازه‌گیری خصوصیات مورفولوژیکی (طول ساقه و طول ریشه، قطر طوقه، تعداد برگ و میان‌گره) از خط‌کش و کولیس استفاده شد.

مطالعات فیزیولوژیکی: شاخص‌های فیزیولوژیکی شامل محتوای نسبی آب برگ (RWC) (۲۲) و هدایت روزنه‌ای برگ (SC) (۲۴) با استفاده از دستگاه پورومتر قابل حمل (AP4, Delta-T Devices, Cambridge, UK)، شاخص کلروفیل با دستگاه SPAD-502 مدل Japan-MINOLTA بدون تخریب بافت‌های گیاهی در زمان گل‌دهی از سه نقطه میانی برگ (۲۵) اندازه‌گیری شد. وزن تر و وزن خشک گیاه با استفاده از ترازوی دقیق ۰/۰۱، غلظت کلروفیل a، b و کاروتنوئید در برگ گیاه اندازه‌گیری شد (۱۹). میزان اسیدآمینو پرولین، پس از تهیه منحنی استاندارد جذب محلول پرولین در تولوئن در طول موج ۵۲۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر با استفاده از معادله دو بر حسب میکرومول بر گرم نمونه تر محاسبه شد (۲۰).

معادله (۲)

$$\text{Proline } \mu\text{mole/g of fresh weight material} = \frac{\left[ \frac{\mu\text{g Proline}}{\text{ml}} \times \text{ml Toluene} \right]}{115.5 \mu\text{mole/g} \left( \frac{\text{g sample}}{5} \right)}$$

معادله (۳)

$$\text{Relative Permeability} = \frac{(E_1)}{(E_2)} \times 100$$

برای محاسبه میزان آب مورد نیاز هر گلدان از روش توزین گلدان‌ها و تعیین میانگین آن بعنوان آب مصرفی تیمارها استفاده شد (۱). در طول دوره رشد، هر روزه کلیه گلدان‌ها با توجه به تغییرات دمای گلخانه با ترازوی حساس توزین و هر گلدان در وزن تیمار مربوطه ثابت نگه داشته شد.

زئولیت معدنی از شرکت معدنی افزاوند تهیه شد. در این آزمایش از گلدان‌های سفالی با قطر دهانه ۲۷ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر به ظرفیت شش کیلوگرم خاک، دارای زهکش مناسب استفاده شد. ابتدا تعداد سه بذر در گلدان‌ها کشت شد و در زمان سه یا چهار برگی نسبت به نگهداری یک بوته و تنک بقیه گیاه‌چه‌ها اقدام گردید. پس از اعمال تنش و آبیاری گیاه‌چه‌ها بنا به طرح آزمایشی، عملیات معمول داشت انجام شد. عامل اصلی شامل سه سطح آبیاری بصورت شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)، تنش‌خشکی ملایم (۷۵ درصد ظرفیت زراعی) و تنش‌خشکی شدید (۵۰ درصد ظرفیت زراعی) و مقادیر زئولیت در پنج سطح (عدم کاربرد زئولیت، دو، چهار، شش، هشت گرم در هر کیلوگرم خاک) بعنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند.

برای تعیین میزان نشت الکترولیت (EL) (Electrolytic Leakage) یاخته‌های برگ از دستگاه سنجش هدایت الکتریکی استفاده شد. میزان هدایت الکتریکی قبل و بعد از قرارگیری نمونه‌ها در ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد ( $E_1$  و  $E_2$ ) تعیین شده و درصد نشت الکترولیت برگ از طریق معادله سه محاسبه شد (۴۷).

روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد با نرم‌افزار SAS (Version 9.2) انجام شد.

### نتایج و بحث

ارزیابی صفات مورفولوژیکی: ارتفاع ساقه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات متقابل تنش خشکی و کاربرد زئولیت بر طول ساقه معنی‌دار بود (جدول ۱).

سنجش قندهای محلول (۲۹) با استفاده از محلول‌های فنل و اسید سولفوریک انجام شد و میزان جذب در طول موج ۴۸۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد. مقادیر نمونه‌ها با استفاده از منحنی استاندارد بر اساس میلی‌گرم بر گرم وزن خشک محاسبه شدند. در آنالیز آماری داده‌ها ابتدا از یکنواخت بودن کلیه داده‌ها اطمینان حاصل شد و بعد تجزیه واریانس و مقایسه میانگین به

جدول ۱- نتایج آزمون خاک

عمق نمونه‌برداری	هدایت الکتریکی (دسی-زیمنس بر متر مربع)	اسیدیته	ازت کل (درصد)	فسفر قابل جذب (پی‌پی‌ام)	پتاسیم قابل جذب (پی‌پی‌ام)	شن سیلت رس	بافت خاک	ظرفیت زراعی (درصد)	نقطه پژمردگی (درصد)
۳۰-۰	۲/۳۰	۷/۶۲	۰/۰۲	۴/۵۴	۶۷۶	۴۴	لوم شنی	۲۸	۴/۱۲

ساقه کاهش می‌یابد. گزارش شده است که تنش خشکی موجب کاهش طول ساقه و ایجاد حالت کوتاه قدی در گیاهان می‌گردد (۵۲). افزایش فواصل آبیاری و اعمال تنش خشکی روی گیاه سویا منجر به کاهش تقسیم و طویل شدن یاخته‌ای شده که با کاهش رشد و ارتفاع گیاه همراه بود (۱۵). دلیل کاهش رشد ساقه در تنش خشکی این گونه بیان شده است که فعالیت آنزیم ایندول استیک اسید اکسیداز (IAAO) در بافت‌های گیاهی با رشد سریع، بسیار کم می‌باشد ولی فعالیت این آنزیم در شرایط تنش خشکی افزایش یافته و موجب تجزیه هورمون اکسین در گیاه می‌گردد (۷). مقایسه میانگین بین سطوح مختلف زئولیت نشان می‌دهد که کمترین ارتفاع مربوط به سطح شاهد (۱۸/۷۵ سانتی‌متر) و بیشترین مقدار این صفت مربوط به سطح هشت گرم (۴۹/۵۰ سانتی‌متر) بود که تفاوت معنی‌داری با سطح چهار و شش گرم نداشت. در توجیه

مقایسه میانگین صفت مذکور نشان داد که بیشترین ارتفاع برابر ۷۹ سانتی‌متر بود که از آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و هشت گرم زئولیت به دست آمد و کمترین ارتفاع مربوط به سطح ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و زئولیت شاهد (۵/۵ سانتی‌متر) بود که در سطح خشکی ۷۵ درصد با زئولیت شاهد و دو گرم و سطح ۵۰ درصد با زئولیت دو، چهار و شش تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۲). در توجیه این نتیجه می‌توان گفت که در میزان رطوبت کمتر، قبل از محبوس شدن آب در کانال‌های زئولیت، گیاه همان میزان رطوبت را مورد استفاده قرار می‌دهد، در حالی که در میزان آب بیشتر، قبل از مصرف آب توسط گیاه، کانال‌های زئولیت این رطوبت را در خود نگه داشته و از دسترس گیاه خارج می‌کنند (۱۴). با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل دو عامل، با این حال اثر مقایسه میانگین بین سطوح خشکی نیز نشان می‌دهد که با افزایش تنش، رشد طولی

به تدریج آب و مواد غذایی محلول در آب را در اختیار گیاه قرار می‌دهد و سبب جلوگیری از کاهش طول ساقه می‌شود (جدول ۳).

نتیجه به دست آمده می‌توان گفت که با افزایش مصرف زئولیت این کانی که نوعی رس ۲:۱ می‌باشد آب بیشتری در خود نگه داشته و در نتیجه با افزایش تنش رطوبتی

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات طول ساقه و ریشه، قطر طوقه، تعداد میانگره، تعداد شاخه‌جانبی و تعداد برگ در گیاه پنیرک

میانگین مربعات						درجه آزادی	منابع تغییرات
تعداد برگ	تعداد شاخه جانبی	تعداد میان گره	قطر طوقه	طول ریشه	طول ساقه		
۴۱۶/۲۷ <sup>ns</sup>	۳۰/۸۲ <sup>ns</sup>	۱۳/۴*	۰/۰۴ <sup>ns</sup>	۴۹/۹۵ <sup>ns</sup>	۵۵/۱۱ <sup>ns</sup>	۲	تکرار
۴۵۵۲/۲۷ <sup>ns</sup>	۱۵۴/۹۶*	۲۴۱/۸۰**	۲۶/۰۹**	۱۹۲/۶۲ <sup>ns</sup>	۸۶۰۳/۲۸**	۲	سطوح تنش خشکی
۹۵۰/۷۳	۱۴/۰۹	۱/۹۰	۰/۴۳	۸۸/۷۹	۳۸/۵۶	۴	خطای نوع اول
۳۶۹۲/۷۸*	۲۷۵/۸۹**	۱۵۲/۱۹**	۴/۰۴**	۱۰/۰۷ <sup>ns</sup>	۱۶۹۷/۵۰**	۴	سطوح زئولیت
۱۶۳۸/۸۸ <sup>ns</sup>	۱۱/۶۷ <sup>ns</sup>	۱۴/۰۲ <sup>ns</sup>	۱/۴۴**	۳۴/۰۴ <sup>ns</sup>	۴۰۲/۲۸**	۸	تنش خشکی * زئولیت
۱۰۶۱/۵۸	۱۳/۴۴	۱۳/۴۳	۰/۲۴	۱۱۵/۶۶	۹۹/۶۱	۲۴	خطای آزمایشی
۲۸/۴۱	۲۷/۰۵	۲۱/۳۰	۴/۰۰	۲۳/۹۴	۲۶/۷۳		ضریب تغییرات (%)

ns، \*، \*\*، \*\*\*: معنی داری در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ و غیر معنی دار

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل خشکی و زئولیت در صفات طول ساقه و قطر طوقه در گیاه پنیرک

تنش خشکی	زئولیت (گرم در کیلوگرم خاک)	طول ساقه (سانتی‌متر)	قطر طوقه (میلی‌متر)
۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی	۰	de	۱۳/۶۵
	۲	bc	۱۳/۰۵
	۴	a-c	۱۳/۳۶
	۶	ab	۱۳/۷۸
	۸	a	۱۴/۲۸
۷۵ درصد ظرفیت زراعی	۰	f	۱۱/۱۲
	۲	f	۱۲/۹۴
	۴	a-c	۱۲/۹۴
	۶	a-c	۱۲/۵۴
	۸	cd	۱۲/۹۵
۵۰ درصد ظرفیت زراعی	۰	f	۱۰/۰۶
	۲	f	۱۰/۰۷
	۴	f	۱۰/۶۰
	۶	f	۱۱/۲۷
	۸	ef	۱۲/۹۸

اعدادی که در هر ستون دارای حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

تیمار زئولیت بر تعداد برگ در سطح پنج درصد معنی‌دار است. با توجه به مقایسه میانگین اثر ساده زئولیت کمترین مقدار (۸۶/۲۲) مربوط به عدم مصرف زئولیت و بیشترین مقدار (۱۳۵/۲۲) مربوط به دو گرم زئولیت در کیلوگرم خاک بود، که تفاوت معنی‌داری با ۴، ۶ و هشت گرم نداشت. همان‌طور که قبلاً ذکر شد زئولیت زیاد از طریق حفظ آب و کاهش هوای خاک باعث کاهش جذب مواد غذایی و ... می‌شود، در عین حال می‌توان گفت که با مصرف زئولیت در حد مناسب افزایش رشد حاصل شده است. بنابراین نتیجه اثر ساده زئولیت با نتیجه پیشین و نتیجه گزارش سایت اینترنتی اطلاعات زئولیت اکراین مبنی بر اینکه استفاده از زئولیت طبیعی بر روی تعداد برگ تأثیر مثبت دارد، مطابقت می‌نماید (۲۵) (جدول ۶).

**تعداد میان‌گرمه:** نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات متقابل تنش خشکی و کاربرد زئولیت بر تعداد میان‌گرمه معنی‌دار نبود (جدول ۱). نتایج نشان داد که در سطح شاهد آبیاری (۱۰۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی) و هشت گرم زئولیت بیشترین تعداد میان‌گرمه و در تنش خشکی شدید (۵۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی) و عدم وجود زئولیت کمترین تعداد میان‌گرمه مشاهده شد. که علت آن را می‌توان در توسعه ریشه برای جستجوی آب در رطوبت پایین‌تر و در نتیجه کاهش رشد بخش هوایی دانست. در مورد اثر ساده تنش خشکی مشاهده شد که با افزایش تنش، مقدار مقایسه میانگین از ۲۱ به ۱۳ کاهش یافت که ناشی از کاهش رشد بخش هوایی می‌باشد. در مورد مقایسه میانگین اثر ساده زئولیت نیز در مقدار چهار گرم زئولیت بیشترین میزان مقایسه میانگین مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با سطوح شش و هشت گرم زئولیت نداشت (جدول ۶).

**تعداد شاخه جانبی:** نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات متقابل تنش خشکی و کاربرد زئولیت بر تعداد شاخه جانبی معنی‌دار نبود (جدول ۱). بیشترین تعداد شاخه جانبی در تیمار هشت گرم زئولیت و سطح شاهد آبیاری و

**طول ریشه:** نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات متقابل تنش خشکی و کاربرد زئولیت بر طول ریشه معنی‌دار نبود (جدول ۱). بنابراین با کاهش آب، رشد ریشه‌ها تغییر نکرده است که احتمال می‌رود به دلیل محصور بودن در گلدان، ریشه‌ها فرصت رشد کافی پیدا نکرده‌اند.

**قطر طوقه:** نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات متقابل تنش خشکی و کاربرد زئولیت بر قطر طوقه معنی‌دار بود (جدول ۱). بالاترین میانگین قطر طوقه (۱۴/۲۸ میلی‌متر) از سطوح ۱۰۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی و هشت گرم زئولیت به‌دست آمد که به طور معنی‌داری با میانگین این صفت در سطح ۵۰ درصد و عدم وجود زئولیت و دو گرم زئولیت (تقریباً ۱۰/۰۶ میلی‌متر) تفاوت داشت (جدول ۳). در مقایسه میانگین اثر ساده تنش خشکی، مقادیر میانگین‌ها با افزایش تنش کاهش یافت که به گزارش راگلین و همکاران (۴۲) کمبود آب بر روی رشد سلول‌ها دارای اثر منفی است و بر روی تشکیل سلول‌های آوند چوبی به‌طور مؤثری اثر می‌گذارد و مقدار آن را کاهش می‌دهد. در مورد اثر ساده زئولیت بیشترین و کمترین مقدار میانگین (به ترتیب ۱۳/۴۰، ۱۱/۶۱ میلی‌متر) از سطح هشت گرم در کیلوگرم خاک و شاهد مشاهده شد که با نتایج پژوهشی در سورگوم علوفه‌ای رقم اسپیدفید مبنی بر افزایش قطر طوقه با مصرف زئولیت مطابقت می‌کند (۲).

**تعداد برگ:** نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات متقابل تنش خشکی و کاربرد زئولیت بر تعداد برگ معنی‌دار نبود (جدول ۱). با توجه به مقایسه میانگین اثر ساده تنش خشکی مشخص می‌شود که با افزایش تنش خشکی از ۱۰۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی به ۵۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی به‌ترتیب مقادیر مقایسه میانگین تعداد برگ از ۱۲۷/۳۳ به ۹۴/۸۰ عدد کاهش معنی‌داری یافت که علت کاهش تعداد برگ، افزایش میزان تولید اتیلن در نتیجه تنش و ریزش برگ می‌باشد (۳۵). اثر

درصد نشان داد (جدول ۶). نتایج تحقیقی در گیاه بابونه نشان داد که افزایش دور آبیاری از دو روز به ۱۰ روز باعث کاهش معنی‌دار تعداد شاخه جانبی در گیاه بابونه گردید (۴۳ و ۴۹).

کمترین مقدار نیز در تیمار شاهد زئولیت و بیشترین میزان تنش خشکی ثبت شد. باتوجه به مقایسه میانگین اثر ساده خشکی مشاهده شد که در نتیجه افزایش تنش خشکی، تعداد شاخه جانبی کاهش معنی‌داری را در سطح پنج

جدول ۴- تجزیه واریانس صفات وزن‌های تر و خشک ریشه و اندام هوایی در گیاه پنیرک

میانگین مربعات (MS)				درجه آزادی	منابع تغییرات
وزن خشک ریشه	وزن تر ریشه	وزن خشک اندام هوایی	وزن تر اندام هوایی		
۵/۱۷*	۶۶/۶۰*	۱/۱۷ <sup>ns</sup>	۲۳۰/۰۵ <sup>ns</sup>	۲	تکرار
۴۲/۴۲*	۱۳۲۹/۰۷**	۶۶۰/۶۰*	۶۷۹۸/۸۵**	۲	سطوح تنش خشکی
۵/۹۵	۷/۹۷	۷/۴۹	۶۸/۸۰	۴	خطای نوع اول
۱۴/۵۲ <sup>ns</sup>	۷۶۰/۶۴**	۳۴۷**	۳۰۷۳/۲۰**	۴	سطوح زئولیت
۱۸/۳۹*	۶۰۵/۰۵**	۲۸/۷۸**	۵۲۶/۸۹**	۸	تنش خشکی * زئولیت
۵/۶۹	۳۶/۷۵	۴/۶۶	۷۸/۶۷	۲۴	خطای آزمایشی
۲۵/۹۱	۱۳/۵۲	۸/۳۸	۷/۶۶		ضریب تغییرات (%)

\*, \*\*, و ns: معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ و غیرمعنی‌دار

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل خشکی و زئولیت بر صفات وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی پنیرک

وزن خشک ریشه (گرم)	وزن تر ریشه (گرم)	وزن خشک اندام هوایی (گرم)	وزن تر اندام هوایی (گرم)	زئولیت (گرم در کیلوگرم خاک)	تنش خشکی
۹/۲۳ a-f	۴۱/۷۲ de	۲۵ cd	۱۲۹ Cd	۰	۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی
۹/۱۱ a-f	۴۴/۴۴ d	۳۳ b	۱۴۴ Bc	۲	
۸/۲۶ b-f	۳۹/۷۹ d-f	۳۴ b	۱۲۴ De	۴	
۶/۲۵ Ef	۳۲/۵۴ e-g	۲۸ c	۱۳۱ Cd	۶	
۱۳/۶۴ A	۸۷/۶۶ a	۴۳ a	۱۶۴ A	۸	۷۵ درصد ظرفیت زراعی
۷/۱۲ d-f	۳۷/۶۴ d-f	۱۸ ef	۹۱ H	۰	
۹/۸۳ c-f	۴۳/۶۰ d	۱۹ ef	۸۶ Hi	۲	
۱۲/۲۹ a-f	۶۲/۱۸ b	۳۴ b	۱۰۷ Fg	۴	
۱۳/۰۱ Ab	۵۷/۴۰ b	۲۲ de	۱۲۴ De	۶	۵۰ درصد ظرفیت زراعی
۱۱/۶۲ a-d	۵۵/۳۷ bc	۳۳ b	۱۵۶ Ab	۸	
۶/۲۱ Ef	۲۹/۳۷ fg	۱۳ g	۸۴ hi	۰	
۵/۶۱ F	۳۱/۹۶ e-g	۱۶ fg	۷۳ i	۲	
۷/۶۹ a-c	۲۴/۷۱ g	۱۲ e	۹۹ gh	۴	۵۰ درصد ظرفیت زراعی
۱۰/۸۳ a-e	۴۶/۷۶ cd	۲۰ ef	۱۰۹ e-g	۶	
۶/۸۱ d-f	۳۷/۳۲ d-f	۲۷ c	۱۱۶ d-f	۸	

اعدادی که در هر ستون دارای حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

جدول ۶- تجزیه واریانس صفات میزان هدایت روزنه‌ای، میزان نسبی آب برگ، نشت الکترولیت، پرولین و کربوهیدرات در گیاه پنیرک

میانگین مربعات						
میزان کربوهیدرات	میزان اسیدآمینه پرولین	نشت الکترولیت	میزان نسبی آب برگ	هدایت روزنه‌ای	درجه آزادی	منابع تغییرات
۶/۱۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۴۵ <sup>ns</sup>	۴۱/۱۲ <sup>ns</sup>	۱۵۸/۸۸ *	۱۷۵۹۸۸۲ <sup>ns</sup>	۲	تکرار
۱۲۰۲/۰۶**	۰/۷۳**	۵۷۸/۱۸**	۸۱/۳۳*	۸۷۴۵۵۵/۸۵**	۲	سطوح تنش خشکی
۹/۷۲	۰/۰۰۲	۱۲/۶۳	۹/۸۹	۱۷۱۸۲/۹۷	۴	خطای نوع اول
۳۵۲/۴۸**	۰/۶۵**	۳۱۷۷/۵۴**	۱۷/۸۹ <sup>ns</sup>	۱۲۴۳۸۴/۰۰**	۴	سطوح زئولیت
۲۱۵/۷۱**	۰/۲۳**	۵۸۱/۲۹**	۴۳/۳۱ <sup>ns</sup>	۷۴۶۸۳/۲۲**	۸	تنش خشکی * زئولیت
۱۳/۲۷	۰/۱۳	۳۶/۲۶	۲۳/۶۳	۵۷۳۵/۳۱	۲۴	خطای آزمایشی
۲/۷۸	۱۸/۸۰	۱۱/۷۴	۱۱/۴۶	۱۵/۶۳		ضریب تغییرات (%)

ns، \*\* و \* : معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ و غیر معنی‌دار

هوایی کاهش معنی‌داری پیدا کرده است که کاملاً منطقی بنظر می‌رسد (۱۳). چون در میزان رطوبت کمتر، قبل از محبوس شدن آب در کانال‌های زئولیت، گیاه همان میزان رطوبت را مورد استفاده قرار می‌دهد، در حالی که در میزان آب بیشتر، قبل از مصرف آب توسط گیاه، کانال‌های زئولیت این رطوبت را در خود نگه داشته و از دسترس گیاه خارج می‌کنند (۱۴).

وزن تر و خشک ریشه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات متقابل تنش خشکی و کاربرد زئولیت بر وزن تر و خشک ریشه معنی‌دار بود (جدول ۴). بر اساس جدول سه بالاترین و کمترین وزن تر ریشه (به ترتیب ۸۷/۶۶ و ۲۴/۷۱ گرم در گیاه) در هشت گرم زئولیت، و کمترین میزان تنش خشکی (۱۰۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی) و چهار گرم و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی خاک مشاهده شد. بیشترین و کمترین میزان وزن خشک ریشه (به ترتیب ۱۳/۶۴ و ۵/۶۱ گرم در گیاه) مربوط به هشت گرم زئولیت در ۱۰۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی و دو گرم زئولیت در ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بوده است (جدول ۵). همچنین نتایج نشان می‌دهد که در غیاب زئولیت با افزایش تخلیه رطوبت خاک از کمترین میزان به بالاترین مقدار (۵۰

وزن تر و خشک اندام هوایی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات متقابل تنش خشکی و کاربرد زئولیت بر وزن تر و خشک اندام هوایی معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج حاصل از میانگین وزن تر و خشک اندام هوایی گیاه پنیرک تحت اثر متقابل سطوح زئولیت و سطوح مختلف دور آبیاری در جدول سه نشان می‌دهد که بالاترین و پایین‌ترین وزن تر اندام هوایی (به ترتیب ۱۶۴ و ۷۳ گرم در گیاه) متعلق به میزان هشت گرم زئولیت در ۱۰۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی و دو گرم زئولیت در ۵۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی خاک بود که تفاوت معنی‌داری با زئولیت شاهد در ۵۰ درصد و زئولیت دو گرم در ۷۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی نداشت (جدول ۵). در حالی که کمترین (۱۳ گرم) و بیشترین (۴۳ گرم) وزن خشک اندام هوایی بترتیب در زئولیت شاهد، ۵۰ درصد و هشت گرم و ۱۰۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی خاک دیده شد. نتایج نشان می‌دهد که در غیاب زئولیت با افزایش تنش از ۱۰۰ به ۵۰ درصد حد ظرفیت مزرعه هم وزن تر و هم وزن خشک اندام هوایی (بترتیب از ۱۲۹ به ۸۴ و از ۲۵ به ۱۳ گرم) کاهش یافته‌اند، که علت این امر کاهش میزان آب قابل دسترس گیاه می‌باشد. در سطوح دیگر زئولیت نیز با کاهش رطوبت خاک میزان وزن تر و وزن خشک اندام



افزایش شدت تنش آبی میزان آب نسبی برگ کاهش یافت. به‌طوری که بیشترین و کمترین میزان نسبی آب برگ با میانگین‌های ۴۵/۰۶ و ۴۰/۷۲ درصد بترتیب مربوط به تیمار آبیاری بر اساس ۱۰۰ و ۵۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی خاک بود. که در توجیه آن می‌توان اشاره کرد که با افزایش شدت تنش آبی، شرایط جذب آب برای گیاهان مشکل‌تر شده و در نتیجه مقدار آب موجود در یاخته‌های بافت گیاهی از حالت تورژسانس فاصله گرفته و کاهش محتوای آب باعث تأثیر منفی بر تقسیم یاخته‌ای و رشدونمو گیاه می‌شود. در سطوح مختلف مصرف زئولیت نیز بیشترین میزان آب نسبی برگ در تیمار شاهد زئولیت (صفر گرم) و کمترین میزان این فاکتور در تیمار چهار گرم زئولیت دیده شد. البته خاطر نشان می‌شود که این اختلاف‌ها معنی‌دار نبودند. این نتایج با نتایج پژوهشی بر گیاه گلرنگ در شرایط تنش و مصرف زئولیت و سالیسیک اسید (۹) با نتایج پژوهشی در گیاه ریحان در شرایط تنش خشکی و مصرف زئولیت مطابقت داشت (۵) (جدول ۱۰).

**میزان نشت الکترولیت:** تنش خشکی می‌تواند منجر به آسیب دیدن غشاء سلولی شود و از طریق پرکسیداسیون چربی‌های غشاء تحت شرایط تنش آن را برای یون‌ها نشت‌پذیر کرده و بدین ترتیب ساختار و عملکرد آنرا مختل نماید. مقدار این خسارت را می‌توان با اندازه‌گیری مقدار هدایت الکتریکی ناشی از نشت یونی تعیین کرد. با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۶)، تیمار زئولیت، تنش خشکی و اثر متقابل آنها در صفت میزان نفوذپذیری غشاء با سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشند. بالاترین میزان نشت الکترولیت (۸۷/۷۲ میلی‌موس بر سانتی‌متر) از سطوح ۱۰۰٪ رطوبت ظرفیت زراعی و مقدار ۸ گرم زئولیت به‌دست آمد که بطور معنی‌داری با کمترین میانگین این صفت در سطح ۷۵٪ و ۴ گرم زئولیت (۱۲/۹۲ میلی‌موس بر سانتی‌متر) تفاوت داشت (جدول ۷). نتایج اثر ساده خشکی حاکی از این بود که

درصد) هر دو صفت مذکور یعنی وزن تر و خشک ریشه کاهش یافته‌اند (به‌ترتیب از ۴۱/۷۲ به ۲۹/۳۷ و از ۹/۲۳ به ۶/۲۱ گرم) که در مورد وزن تر و خشک ریشه این کاهش معنی‌دار است. این روند کاهش در صفت وزن تر ریشه در میزانهای شاهد، دو و هشت گرم زئولیت هم بهمین صورت بوده است و با افزایش تنش هم وزن تر و هم وزن خشک ریشه بطور معنی‌داری کاهش یافتند. در هنگام تنش خشکی (۷۵ درصد) افزایش زئولیت تا حد ۶ گرم در افزایش وزن خشک ریشه اثر مثبت داشت ولی بکارگیری ۸ گرم زئولیت موجب کاهش وزن خشک ریشه شد. با افزودن زئولیت به خاک، این سوپر جاذب مانند یک مخزن ذخیره آب عمل کرده و طی دوره خشکی، مدت حفظ رطوبت در خاک را افزایش می‌دهد و تر شدن و پخش شدن مجدد آب در ناحیه ریشه بعد از آبیاری به‌سرعت افزایش می‌یابد (۱۲، ۲۵، ۴۵ و ۵۰).

**ارزیابی صفات فیزیولوژیکی: هدایت روزنه‌ای:** نتایج جدول تجزیه واریانس مشخص کرد که هدایت روزنه‌ای بطور معنی‌داری تحت تأثیر اثرات متقابل تنش خشکی و کاربرد زئولیت قرار گرفت (جدول ۶). مقایسه میانگین صفت مذکور نشان داد که بیشترین میزان هدایت روزنه‌ای برابر ۸۷۵/۰۰ میلی‌مول بر مترمربع در ثانیه بود که از آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و هشت گرم زئولیت به‌دست آمد و کمترین آن نیز برابر ۹۲ میلی‌مول بر مترمربع در ثانیه بود که از سطح ۵۰ درصد و دو گرم زئولیت به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با چهار و شش گرم همین سطح نداشت (جدول ۷). این یافته با نتایج پژوهشی در گیاه برنج در شرایط تنش خشکی مطابقت دارد (۲۲). اثر ساده زئولیت نیز نشان می‌دهد که بیشترین مقدار میانگین در سطح هشت گرم زئولیت دیده می‌شود (۲۱).

**میزان نسبی آب برگ:** اثرات متقابل تنش خشکی و کاربرد زئولیت بر میزان نسبی آب برگ معنی‌دار نبود (جدول ۶). بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی تنش خشکی، با

گرم شاهد کاهش نشت الکترولیت بودیم ولی با افزایش مقدار زئولیت (۸ گرم) میزان نشت الکترولیت بشدت افزایش یافت. در شرایط تنش نیز افزایش نشت الکترولیت در شرایط بکارگیری زئولیت بالا با شدت کمتری دیده می‌شود. به طوری که کاربرد زئولیت تأثیر مثبت و بهبود دهنده ای بر کاهش میزان نشت غشاء دارد (۱۴ و ۵۳).

آبیاری در حد ۱۰۰٪ و ۵۰٪ ظرفیت زراعی در این صفت مناسب نبوده و آبیاری ۷۵٪ بهترین تیمار آبیاری می‌باشد. بنابراین نیاز به بررسی‌های بیشتر در این خصوص احساس می‌شود. در مورد اثر ساده زئولیت نیز با افزایش زئولیت مطلوبیت این صفت افزایش می‌یابد. در شرایط ۱۰۰٪ رطوبت ظرفیت زراعی با افزایش زئولیت تا سطح ۶

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل خشکی و زئولیت در صفات میزان هدایت روزنه‌ای، نشت الکترولیت، پرولین و کربوهیدرات در گیاه پنبیرک

تنش خشکی	زئولیت (گرم در کیلوگرم خاک)	هدایت روزنه‌ای mol CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> s	نشت الکترولیت (میلی‌موس بر سانتی‌متر)		اسید آمینه پرولین (میکرومول بر گرم وزن تر)		کربوهیدرات (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک)
			bc	۶۶/۴۰	d-f	۰/۱۶۷	
۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی	۲	۷۴۵/۰۰	bc	۶۶/۳۶	d	۰/۲۵۳	bc
	۴	۵۲۲/۵۰	e	۳۴/۸۷	ef	۰/۱۰۷	g
	۶	۶۹۰/۰۰	e	۲۵/۴۴	ef	۰/۱۰۷	b-d
	۸	۸۷۵/۰۰	a	۸۷/۷۲	c	۰/۴۲۳	c
۷۵ درصد ظرفیت زراعی	۰	۵۰۰	b-d	۵۸/۲۵	b	۱/۰۲۷	bc
	۲	۱۳۸/۵۰	cd	۵۵/۶۳	ef	۰/۰۹۷	f
	۴	۴۹۲/۵۰	f	۱۲/۹۲	c	۰/۴۷۷	f
	۶	۸۲۵/۰۰	e	۲۵/۲۵	c	۰/۴۵۰	c-e
۵۰ درصد ظرفیت زراعی	۸	۵۸۵/۰۰	cd	۶۹/۴۰	b	۰/۴۶۳	de
	۰	۳۴۰	bc	۶۶/۱۲	a	۱/۴۱۰	a
	۲	۹۲	b-d	۵۸/۸۳	de	۰/۲۳۲	e
	۴	۱۹۳/۵۰	b-d	۶۱/۶۲	d-f	۰/۱۵۳	b
	۶	۱۶۳/۵۰	e	۲۸/۴۰	f	۰/۰۷۰	bc
	۸	۳۷۲/۵۰	d	۵۲/۰۲	c	۰/۴۶۰	bc

اعدادی که در هر ستون دارای حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

جدول ۸- تجزیه واریانس صفات کلروفیل a, b و سبزیگی و کاروتنوئید در گیاه پنبیرک

میانگین مربعات				درجه آزادی	منابع تغییرات
کاروتنوئید	سبزیگی	کلروفیل b	کلروفیل a		
۱۹۰/۸۷ <sup>ns</sup>	۲۲/۸۴ <sup>ns</sup>	۰/۱۰۸ <sup>ns</sup>	۰/۱۲۴ <sup>ns</sup>	۲	تکرار
۱۷۵۵۰/۳۷ <sup>**</sup>	۳۸/۰۰ <sup>*</sup>	۲۹/۹۳ <sup>**</sup>	۳۲۸/۱۸ <sup>**</sup>	۲	سطوح تنش خشکی
۲۶۵/۹۰	۳/۲۹	۰/۲۹	۴/۱۵	۴	خطای نوع اول
۱۵۱۱/۲۴ <sup>**</sup>	۲۲/۷۱ <sup>ns</sup>	۱/۶۵ <sup>*</sup>	۴۲/۱۲ <sup>**</sup>	۴	سطوح زئولیت
۱۶۱۰/۷۱ <sup>**</sup>	۱۴/۶۱ <sup>ns</sup>	۲/۸۲ <sup>**</sup>	۶/۷۶ <sup>*</sup>	۸	تنش خشکی * زئولیت
۲۱۹/۸۰	۱۵/۵۲	۰/۴۹	۲/۰۹	۲۴	خطای آزمایشی
۷/۵۸	۶/۴۷	۱۱/۱۲	۷/۹۵		ضریب تغییرات (%)

ns و \*\* و \*\*\*: معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ و غیر معنی‌دار

جدول ۹- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل خشکی و زئولیت در صفات کلروفیل a، b و کاروتنوئید در گیاه پنیرک

کاروتنوئید	کلروفیل b	کلروفیل a	زئولیت		تنش خشکی		
			(گرم بر کیلوگرم خاک)	(میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ)			
۲/۳۲۷	b	۰/۶۵۷	cd	۲/۱۳۸	bc	۰	۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی
۰/۹۴۲	cd	۰/۸۰۲	ab	۲/۴۹۵	a	۲	
۲/۳۴۰	b	۰/۷۷۸	bc	۲/۰۱۹	bc	۴	
۰/۰۸۸	b-d	۰/۷۶۴	bc	۲/۹۷	ab	۶	
۲/۶۴۷	a	۰/۹۰۶	A	۲/۵۷۲	a	۸	۷۵ درصد ظرفیت زراعی
۱/۸۲۸	de	۰/۶۸۶	b-d	۱/۵۹۰	d	۰	
۲/۱۴۸	bc	۰/۵۹۳	De	۱/۶۶۰	d	۲	
۱/۸۴۹	c-e	۰/۵۲۰	ef	۱/۵۵۲	d	۴	
۲/۱۴۱	bc	۰/۶۷۹	b-d	۲/۰۹۶	bc	۶	۵۰ درصد ظرفیت زراعی
۲/۰۹۱	b-d	۰/۵۸۵	d-f	۲/۰۰۳	c	۸	
۱/۲۶۲	g	۰/۳۳۹	G	۰/۹۸۶	e	۰	
۱/۴۹۲	fg	۰/۵۹۰	d-f	۱/۶۲۵	d	۲	
۱/۹۳۱	cd	۰/۵۹۹	de	۱/۲۲۵	e	۴	۵۰ درصد ظرفیت زراعی
۱/۶۳۵	ef	۰/۴۶۱	F	۱/۵۱۱	d	۶	
۱/۶۳۶	ef	۰/۵۱۵	ef	۱/۵۰۸	d	۸	

اعدادی که در هر ستون دارای حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

جدول ۱۰- مقایسه میانگین تعداد میانگره، شاخه جانبی و برگ، میزان نسبی آب برگ و سبزی‌نگی در گیاه پنیرک برای سطوح تنش خشکی و زئولیت

سبزی‌نگی	میزان نسبی آب برگ (درصد)	تعداد برگ	تعداد شاخه جانبی	تعداد میانگره	زئولیت	تنش خشکی
۶۲/۷۱ <sup>a</sup>	۴۵/۰۶ <sup>a</sup>	۱۲۷/۳۳ <sup>a</sup>	۱۶/۰۷ <sup>a</sup>	۲۱ <sup>a</sup>	۰	۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی
۵۹/۸۷ <sup>b</sup>	۴۱/۴۴ <sup>b</sup>	۱۲۱/۸۷ <sup>ab</sup>	۱۴/۶۷ <sup>a</sup>	۱۷/۶۰ <sup>b</sup>	۲	۷۵ درصد ظرفیت زراعی
۶۰/۰۳ <sup>b</sup>	۴۰/۷۲ <sup>a</sup>	۹۴/۸۰ <sup>a</sup>	۹/۹۳ <sup>b</sup>	۱۳/۰۰ <sup>c</sup>	۴	۵۰ درصد ظرفیت زراعی
		۸۶/۲۲ <sup>b</sup>	۵/۸۹ <sup>d</sup>	۱۱/۳۳ <sup>b</sup>	۶	زئولیت در کیلوگرم خاک)
		۱۳۵/۲۳ <sup>a</sup>	۹/۸۹ <sup>c</sup>	۱۴/۷۸ <sup>b</sup>	۸	
		۱۲۲/۷۸ <sup>a</sup>	۱۵/۳۳ <sup>b</sup>	۱۹/۳۳ <sup>a</sup>	۰	
		۱۲۷/۶۷ <sup>a</sup>	۱۷/۴۴ <sup>ab</sup>	۱۸/۸۹ <sup>a</sup>	۲	
		۱۰۱/۴۴ <sup>ab</sup>	۱۹/۲۳ <sup>a</sup>	۲۱/۶۷ <sup>a</sup>	۴	۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی

اعدادی که در هر ستون دارای حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند.

میزان پرولین در گیاه پنیرک برای اثر متقابل سطوح متفاوت زئولیت در سطوح مختلف تنش خشکی در جدول شماره ۴ ارائه شده است. بالاترین و پایین‌ترین میزان پرولین

مقدار اسیدآمینو پرولین و کربوهیدرات: اثرات متقابل تنش خشکی و کاربرد زئولیت بر میزان پرولین و کربوهیدرات معنی‌دار بود (جدول ۶). مقایسه میانگین

**کلروفیل a، b، کاروتنوئید و سبزیگی:** اثرات متقابل تنش خشکی و کاربرد ژئولیت بر میزان کلروفیل و کاروتنوئید معنی‌دار بود (جدول ۸). در صفت کلروفیل a، این صفت در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر اثر ساده تنش خشکی و ژئولیت و در سطح احتمال پنج درصد تحت تأثیر اثر متقابل این دو عامل قرار گرفت. مقایسه میانگین اثر متقابل صفت مذکور نشان داد که بیشترین مقدار از سطح ۱۰۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی و هشت گرم ژئولیت به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با سطح دو گرم ژئولیت از همین سطح خشکی نداشت. کمترین میزان میانگین (۰/۹۸۶) در ۵۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی و ژئولیت شاهد مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با چهار گرم ژئولیت از همین سطح نداشت (جدول ۹). در مورد صفت کلروفیل b نیز طبق جدول مذکور، اثر ساده تنش خشکی و اثر متقابل خشکی در ژئولیت با سطح احتمال یک درصد و اثر ساده ژئولیت با سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بوده است. مقایسه میانگین اثر متقابل صفت کلروفیل b نشان داد که همانند کلروفیل a بیشترین مقدار از سطح ۱۰۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی و هشت گرم ژئولیت (۰/۹۰۶ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) و کمترین میزان میانگین (۰/۳۳۹ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ ۳) در ۵۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی و ژئولیت شاهد مشاهده شد، که با نتایج سایر محققان مطابقت داشت (۵، ۲۶ و ۴۸). بیشترین و کمترین میزان مقایسه میانگین در این صفت از ژئولیت هشت گرم و رطوبت شاهد و ژئولیت شاهد، ۵۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی مشاهده شد (جدول ۹). اثرات متقابل تنش خشکی و ژئولیت و کاربرد ژئولیت بر میزان سبزیگی معنی‌دار نبود. بر اساس نتایج مقایسه میانگین بالاترین سبزیگی در بکارگیری ۱۰۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی به‌دست آمد (جدول ۱۰).

#### نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که می‌توان با بکارگیری ژئولیت

(به‌ترتیب ۱/۴۱ و ۰/۰۷ میکرومول در هر گرم وزن تر) متعلق بمیزان تیمار صفر گرم ژئولیت، ۵۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی و چهار گرم ژئولیت، ۱۰۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی خاک بود (جدول ۷). آنالیز واریانس صفات مورد ارزیابی نشان می‌دهد که اثر تنش خشکی و ژئولیت و اثر متقابل آنها بر میزان این صفت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بوده است. قندهای محلول بعنوان محافظت‌کننده‌های اسمزی در تنظیم اسمزی سلول نقش دارند و در پاسخ به تنش‌های محیطی تجمع می‌یابند و تعیین میزان قندهای محلول ممکن است روشی مفید در انتخاب ژنوتیپ‌های مقاوم به شوری و خشکی باشد (۱۱)، ۳ و ۳۹). بالاترین و پایین‌ترین میزان قندهای محلول (به‌ترتیب ۱۵۵/۱۷ و ۱۰۸/۴۸ میلی‌گرم در هر گرم وزن خشک) متعلق به میزان صفر گرم ژئولیت، ۵۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی و چهار گرم ژئولیت و ۱۰۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی خاک بود. افزایش سطوح تنش خشکی، باعث افزایش معنی‌دار در میزان قندهای محلول در برگ پنبه در مقایسه با گیاهان شاهد شده است. از آنجایی که در گیاهان پتانسیل اسمزی بستگی به تعداد مولکول‌های ماده محلول نیز دارد، تنظیم اسمزی از مسیر تبدیل پلی‌ساکاریدهایی نامحلول مانند نشاسته و فروکتان به قندهای محلول مانند اولیگوساکاریدها، ساکارز و گلوکز تنظیم می‌شود (۴ و ۳۰).

در مجموع افزایش قندهای محلول در زمان تنش را می‌توان به‌علت توقف رشد یا سنتز این ترکیبات از مسیرهای غیرفوتوسنتزی و همچنین تخریب قندهای نامحلول که باعث افزایش قندهای محلول نیز می‌شود، بیان کرد (۱۰). نتایج تحقیقات بر روی نخود (۳۶ و ۴۶) نیز مشخص کرد که با افزایش اعمال تنش خشکی، بر میزان قندهای محلول نیز افزوده می‌شود که با نتایج به‌دست آمده در این تحقیق مطابقت دارد. اثر ساده ژئولیت و اثر متقابل ژئولیت و تنش رطوبتی نیز با توجه به معنی‌دار بودن این دو، با نتایج سایر محققان مطابقت دارد (۵).

به هر منطقه و بر اساس میزان قابلیت دسترسی آب باید مورد بررسی قرار گیرد. با توجه به وجود مسئله کم‌آبی در کشور و همچنین با در نظر داشتن ارزش دارویی گیاه پنیرک، بررسی کاربرد ماده معدنی زئولیت در مزرعه بمنظور حفظ هر چه بهتر آب افزایش توسعه کشت و کار این گیاه در مناطق کم‌آب شود ضروریست.

در ترکیب با خاک در شرایط گلخانه، از هدررفت آب جلوگیری کرده و آن را در دسترس گیاه قرار داد. کاربرد سطوح مختلف زئولیت در هر سه شرایط رطوبتی خاک سبب مطلوبیت معنی‌دار در بسیاری از صفات مورد بررسی گردید، به طوری که هشت گرم زئولیت در بیشتر صفات باعث افزایش مطلوبیت این صفات شد. نتایج نشان داد که مقدار زئولیت مصرفی برای هر یک از محصولات با توجه

## منابع

۱. پذیرنده، م.س. ۱۳۹۰. بررسی اثر تنش خشکی و متیل جاسمونات بر رشد و برخی پارامترهای فیزیولوژیکی ژنوتیپ‌های منتخب جو. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. گروه زیست‌شناسی، دانشگاه تهران.
۲. ترابی، ع.ر.، فرحبخش، ح.، خواجه‌بویی نژاد، غ.ر. ۱۳۹۰. تأثیر مقادیر مختلف پلیمر سوپر جاذب (زئولیت) و سطوح تنش خشکی بر عملکرد و خصوصیات مورفولوژیکی سورگوم علوفه ای (رقم اسپدیفید)، یازدهمین سمینار آبیاری و کاهش تبخیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان.
۳. حسین زاده، ع.، چاپارزاده، ن.، دیلمقانی، ن. ۱۳۹۳. اثر سالیسیلیک اسید بر پارامترهای رشد، اسمولیت‌ها و پتانسیل اسمزی در گیاه تربچه (*Raphanus sativus* L.) تحت تنش شوری، مجله پژوهش‌های گیاهی. ۲۷: ۳۲-۴۰.
۴. دادپور، م.، خودشناس، م.ع. ۱۳۸۵. ارزیابی اثرات تنش آبی در کلزا، علوم کشاورزی. ۱۲(۴): ۳۶-۴۷.
۵. دانشمندی، م.ش.، عزیزی، م. ۱۳۸۸. بررسی اثر متقابل تنش خشکی و زئولیت معدنی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی ریحان رقم اصلاح شده مجارستانی، ششمین کنگره علوم باغبانی ایران، گیلان.
۶. دلخوش، ب.، شیروانی راد، ا.ح.، نورمحمدی، ق. و درویش، ف. ۱۳۸۱. تأثیر تنش خشکی بر عملکرد و مقدار کلروفیل ارقام کلزا، علوم کشاورزی ایران. ۱۲(۲): ۳۵۹-۳۶۷.
۷. راهنما، ع.، آیسالان، ش.، مکوندی، م.ا. ۱۳۸۷. اثر کم‌آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم سورگوم علوفه ای، پژوهش در علوم زراعی، ۱(۲): ۲.
۸. زاهدی، ا. ۱۳۷۳. واژه‌نامه گیاهی، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۱۶ صفحه.
۹. سببی، م.، میرزاخانی، م.، گماریان، م. ۱۳۹۰. پاسخ گلرنگ به تنش آبی، مصرف زئولیت و سالیسیلیک اسید، اولین همایش ملی مباحث نوین در کشاورزی، ایران، ساوه.
۱۰. غلامحسینی، م.، فلاوند، ا.، مدرس ثانوی، ع.م.، جمشیدی، ا. ۱۳۸۶. تأثیر کاربرد کمپوست‌های زئولیتی در اراضی شنی بر عملکرد دانه و سایر صفات زراعی آفتابگردان، علوم محیطی. ۱(۱): ۲۳-۳۶.
۱۱. قربانلی، م.، نیاکان، م. ۱۳۸۴. بررسی اثر تنش خشکی بر روی میزان قند‌های محلول، پروتئین، پرولین، ترکیبات فنلی و فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز گیاه سویا رقم گرگان ۳، علوم دانشگاه تربیت معلم ۵: ۵۳۷-۵۴۹.
۱۲. مهدوی، ب.، مدرس ثانوی، ع.م.، آقا علیخان، ی.م.، شریفی، م. ۱۳۹۲. اثر غلظت‌های مختلف کیتوزان بر جوانه زنی بذر و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) در شرایط تنش کم‌آبی، مجله پژوهش‌های گیاهی. ۲۶: ۳۵۲-۳۶۵.
۱۳. نباتی، ج.، رضوانی مقدم، پ. ۱۳۸۷. اثر فواصل آبیاری بر عملکرد و خصوصیات مورفولوژیکی ازن، سورگوم و ذرت علوفه ای، مجله علوم گیاهان زراعی ایران، ۴۱(۱): ۱۸۶-۱۷۹.
۱۴. نعیمی، م. ۱۳۹۲. بررسی اکوفیزیولوژیک تأثیر کاربرد زئولیت و سلنیم بر تحمل به تنش کم‌آبی در گیاه دارویی کدو پوست کاغذی (*Cucurbita pepo* L.). پایان‌نامه دکتری. گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، دانشگاه تهران.
۱۵. یزدانی، ف.، اله دادی، ا.، اکبری، غ.، بهبهان، ی.م. ۱۳۸۵. تأثیر مقادیر پلیمر سوپر جاذب (Tarawat A200) و سطوح تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا، پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. ۷۵: ۱۶۷-۱۷۴.

16. Alves, A.A.C., and Setter, T.L., 2001. Response of cassava leaf expansion to water deficit: cell proliferation, cell expansion and delayed development. *Am, Bot*, 94: 605- 613.
17. Andrews, R.D., Kimi, S.B., 1996. Improvements in yield and quality of crops with zeoponic fertilizer delivery systems: Turf, flower, vegetables, and Grain. Malaysian Agricultural Research and Development Institute.
18. Anonymous, 2010. statistical database, Available online: [http// www. FAO. Org](http://www.FAO.Org).
19. Arnon, A.N., 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal*, 23:112- 121.
20. Bates, L., Waldren, R., Teare, I., 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and soil* 39: 205- 207.
21. Carter, M.R. Gregorich, E.G., 2008. Soil sampling and methods of analysis, Taylor & Francis Group, LLC.
22. Cabuslay, G.S, Ito, O., Alejar, A.A., 2002. Physiological evaluation of responses of rice (*Oryza sativa* L.) to water deficit, *Plant Sci*, 163: 815- 827.
23. Chaves, M.M., Morocco, J.P., Pereira, J.S., 2003. Understanding plant responses to drought stress.
24. Dhanda, S., Sethi, G., 1998. Inheritance of excised-leaf water loss and relative water content in bread wheat (*Triticum aestivum*), *Euphytica*, 104: 39-47.
25. Gholizadeh, A., Amin, M.S.M., Anuar, A.R., Saberioon, M.M., 2010. Water Stress and Natural Zeolite Impacts on Phisiomorphological Characteristics of Moldavian Balm (*Dracocephalum moldavica* L.), *Australian J. Basic and Applied Sciences*, 4(10): 5184- 5190.
26. Gholizadeh, A., 2009. Evaluation of SPAD Chlorophyll Meter in Two Different Rice Growth Stages and its Temporal Variability, *European J. Scientific Research*, 4: 591- 598.
27. Gusegnova, I.M., Suleymanov, S.y., Aliyev, J.A., 2006. Protein composition and native state of pigments of thylakoid membrane of Wheat genotypes differently tolerant to water stress, *Biochemistry* 71:223- 228.
28. Hauny, B., 2001. Involvement of antioxidants and lipid peroxidation in the adaptation two season grasses to localized drought stress, *Environmental and Experimental Botany*, 45: 105- 114.
29. Hellubust, J.A., Carraige, J.S., 1978 *Handbook of physiological methods, Physiological and biochemical methods*, Camb. Univ. Press.
30. Hendry, G., 1993. Evolutionary origins and natural functions of fructan, *New Phytologist*, 123: 3- 14.
31. Houerou, L., 1996. Climate change, drought and desertification, *J. Arid Environment*, 34: 133- 185.
32. Kocheki, A., Nasiri, Mahalati, M., 1994. Ecology of plants, (2nd ed.), Jahad Daneshgahi Mashad Publication. 291 p.
33. Kumar, J., Gupta, P.K., 2008. Molecular approaches for improvement of medicinal and aromatic plants, *Plant Biotechnology Reports*, 2: 93- 112.
34. Margesin, R., Schinner, F., 2005. *Manual for Soil Analysis—Monitoring and Assessing Soil Bioremediation*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
35. McMichael, B.L., Jordan, W.R., Powell R.D., 1973. Abscission process in cotton: Induction by plant water deficit, *Agronomy J*, 65: 202- 204.
36. Mohsenzade, S., Malboobi, M.A., Razavi, K., Farrahi, Ashtiani, S., 2006., Physiological and molecular responses of *Aeluropus lagopoides* (poaceae) to water deficit, *Environmental and Experimental Botany*, 56: 374- 322.
37. Mumpton, F.A., 1996., Mineralogy and geology of natural Zeolite, Department of the Earth Science, University of New York, U S A.
38. Nanjo, T., Yoshida, Y., Sanada, Y., Wada, K., Tsukaya, H.K., 1988. Roles of proline in osmotic stress tolerance and morphogenesis of *Arabidopsis thaliana*. *Plant Cell Physiology*, 39: 104- 108.
39. Pagter, M., Bragato, C., Brix, H., 2005. Tolerance and physiological responses of *phragmites australis* to water deficit, *Aquatic Botany*, 81: 285- 299.
40. Polat, E., Mehmet, K., Halil, D., Nacionus, A., 2004. Use of natural zeolite (Clinoptilolite) in agriculture, *J. Fruit Ornament. Plant*, 12:183- 189.
41. Rajinder, S.D., 1987. Glutathione status and protein synthesis during drought and subsequent dehydration in *Torula rulis*, *Plant Physiology*, 83 : 816- 819.

42. Rigling, A., Briihhart, H., Braker, O., Forster, T., and Schweingruber, F.H., 2003. Effect of irrigation on diameter growth and vertical resin production in *Pinus sylvestris* L. on dry sites in the central Alps, Switzerland. *Forest Ecology and management*. 175: 285- 296.
43. Razmjoo, K.H., Heydarizadeh, P., Sabzalian, M.R., 2008. Effect of Salinity and Drought Stresses on Growth Parameters and Essential Oil Content of *Matricaria chamomile*, *Int. J. Agri. Biol*, 10: 4.23- 28.
44. Reddy, A.R, Chaitanya, K.V., Vivekanandan, M., 2004. Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *J. Plant Physiol*, 161: 1189- 1202.
45. Savvas, D., Samantouros, K.D., Stamatakis, M., Vassilatos, C., 2004. Yield and nutrient status in the root environment of tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) grown on chemically active and inactive inorganic sunbstrates. *Acta Horticulture*, 377- 382.
46. Schubert, S., Serraj, R., Balzer, P.E., 1995. Effect of drought stress on growth, sugar concentrations and amino acid accumulation in N-2-fixiy alfalfa. *J. plant physiology*, 146(4): 541- 546.
47. Shale, T.L., Stirk, W.A., Staden, J.V., 2005. Variation in antibacterial and anti-inflammatory activity of different growth forms of *Malva parviflora* and evidence for synergism of the anti-inflammatory compounds, *J. Ethnopharmacology*, 96: 325- 330.
48. Shi, Q., Bao, Z., Zhu, Z., Ying, Q., Qian, Q., 2006. Effects of different treatments of salicylic acid on heat tolerance, chlorophyll fluorescence and antioxidant enzyme activity in seedlings of *Cucumis sativa* L., *Plant Growth Regulation*, 48: 127- 135.
49. Stocker, O., 1960. Physiological and morphological changes in plants due to water deficiency, *Arid Zone Res*, 15 : 63- 104.
50. Taiz, L., Zeiger, E., 2010. *Plant Physiology*, Ed Fifth. *In. Sinauer Associates, USA*.
51. Tesfaye, K., Walker, S., Tsubo, M., 2006. Radiation interception and radiation use efficiency of three grain legumes under water deficit conditions in semi-arid conditions, *Eur. J. Agron*, 25 :70- 60.
52. Tohidi-Moghadam, H.R., Shirani-Rad, A.H., Nour-Mohammadi, G., Habibi, D., 2009. Modarres-Sanavy, S.A.M. Mashhadi-Akbar-Boojar, M and Dolatabadian, a, response of six oilseed pape genotypes to water stress and hydrogel application. *Pesq. Agropec. Trop., Goiania* 39: 243-250.
53. Wang, C., Yang, H., Yin and Zhang, L. 2008. Influence of water stress on endogenous hormone content and cell damage of maize seedlings. *J. Integr. Plant Biol.* 50(4): 427- 434.
54. Yadav, R., Bhushan, C., 2001. Effect of moisture stress on growth and yield in rice genotypes. *Indian J Agricultural Research*, 35: 104-107
55. Zahedi, H., Noormohammadi, G., Shirani-rad, A.H, Habib,i D. Mashhadi-Akbar-Boojar, M. 2009. The effect of zeolite and foliar applications of selenium on growth, yield and yield components of three canola cultivars under drought stress. *Word applied Sciences J*, 7: 255- 262.

## Water stress and mineral zeolite application on growth and some physiological characteristics of Mallow (*Malva sylvestris*)

Ahmadi Azar F.<sup>1,2</sup>, Hasanloo T.<sup>1</sup>, Imani A.<sup>3</sup> and Feiziasl V.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Molecular Physiology Dept., Agricultural Biotechnology Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, I.R. of Iran

<sup>2</sup> Horticulture Science Dept., Faculty of Agriculture, Abhar branch, Islamic Azad University, Abhar, I.R. of Iran

<sup>3</sup> Horticultural Dept., Seed and Plant Improvement Institute (SPII), Karaj, I.R. of Iran

<sup>4</sup> Dry Land Agricultural Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Maragheh, I.R. of Iran

### Abstract

The effect of drought stress and application of mineral zeolite was evaluated on morphological and physiological traits of mallow on complete random blocks design with three replications in greenhouse conditions in Maragheh (2011). Factors including, drought stress (control (100 percent FC), mild drought stress (75 percent FC) and intense drought stress (50 percent FC)) and zeolite (0, 2, 4, 6, 8 gr/kg soil). Significant differences were observed between the treatments. The results show that the highest shoot fresh weight (164 gr), root (87.66 gr), shoot length (79 cm), stomata conductance (875.00 milli mol/m<sup>2</sup>/second) electrolytic leakage (87.72 milli mol.cm<sup>-1</sup>), a and b chlorophyll (25.72 and 9.06 mg g<sup>-1</sup>) were observed in 8 gram zeolite and 100 percent moisture field capacity. Also the highest amount of soluble sugar (155.20 mg.g<sup>-1</sup> DW) and prolin content (1.41 μM.g<sup>-1</sup> FW) was belong to zeolite control level, 50 percent moisture field capacity. The application of different levels of zeolite in each three moisture conditions improved agricultural traits. Totally, the results of this research shows that the application of zeolite in combination with soil prevent from water waste and facilitate water availability to plant.

**Key words:** Soluble carbohydrate; Chlorophyll; Relative water content; Electrolytic Leakage; Stomatal Conductance