مجله به‌زراعی کشاورزی، دوره ۱۴، شماره ۱، بهار ۱۳۹۱، ص ۸۱-۶۷

اثر کاربرد زئولیت و محلول‌پاشی سلنیم در شرایط تنش کم‌آبی بر روابط آبی و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در گیاه دارویی کدو پوست کاغذی

معصومه نعیمی [۱*]، غلام علی اکبری [۲]، امیرحسین شیرانی‌راد [۳]، طاهره حسنلو [۴] و غلام عباس اکبری [۲]

(E-mail: naeemi_701@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۲/۳ و تاریخ پذیرش: ۹۱/۴/۱۰

چکیده

به منظور بررسی اثر کاربرد زئولیت و محلول‌پاشی سلنیم در شرایط تنش کم‌آبی بر روابط آبی و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در گیاه دارویی کدو پوست کاغذی (*Cucurbita pepo* L.)، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۸۹ در منطقه تاکستان واقع در استان قزوین به اجرا درآمد. در این آزمایش، عامل آبیاری در سه سطح شامل آبیاری معمول (شاهد)، قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی و قطع آبیاری در مرحله میوه‌دهی و عامل زئولیت در دو سطح عدم کاربرد و مصرف ۱۰ تن در هکتار و عامل محلول‌پاشی سلنیم نیز در دو سطح صفر (عدم کاربرد) و ۳۰ گرم در لیتر در هکتار بودند. نتایج نشان داد که تنش کم‌آبی فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان را افزایش داد، به‌طوری‌که این افزایش فعالیت در تیمار تنش در مرحله گل‌دهی مشهودتر بود. محلول‌پاشی سلنیم موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در تمام سطوح آبیاری گردید. کاربرد زئولیت به میزان ۱۰ تن در هکتار در شرایط تنش کم‌آبی موجب کاهش اثرات مخرب تنش و بهبود صفاتی همچون رطوبت نسبی برگ، کمبود اشباع آب، محتوای پروتئین محلول، تعداد دانه در میوه، وزن صد دانه و عملکرد روغن گردید. با توجه به نتایج به دست آمده، به نظر می‌رسد کاربرد زئولیت در مناطقی که در معرض تنش خشکی هستند به دلیل خاصیت حفظ و ذخیره‌سازی رطوبت طی دوره تنش می‌تواند در جهت بهبود رشد و تولید گیاه مفید واقع شود.

کلمات کلیدی: تنش خشکی، رطوبت نسبی برگ، زئولیت، فعالیت آنزیمی، عملکرد روغن

۱ - دانشجوی دکتری زراعت، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت - ایران **(نویسنده مسئول مکاتبات *)**

۲ - دانشیار، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت - ایران

۳ - دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات دانه‌های روغنی، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج - ایران

۴ - استادیار، بخش تحقیقات فیزیولوژی مولکولی، پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی ایران، کرج - ایران

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

تنش خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی محدودکننده رشد و تولید گیاهان می‌باشد (۳۹). همان‌طورکه مدل‌های کنونی تغییر اقلیم پیش‌بینی می‌کنند، پراکنش و شدت خشکی در بسیاری از مناطق جهان رو به افزایش است و همین امر نیاز به شناخت بهتر اثرات خشکی بر کارکرد گیاه و به ویژه سازوکارهای فیزیولوژیکی و عکس‌العمل‌های گیاه در دوره تنش و بازسازی پس از آن را افزایش می‌دهد (۱۵ و ۳۹). عکس‌العمل گیاهان به تنش رطوبتی بسته به شدت و دوره تنش و همچنین گونه و مرحله رشدی گیاه به میزان قابل ملاحظه‌ای متفاوت است (۱۰). یکی از اثرات تنش کم‌آبی، مشابه دیگر تنش‌های محیطی، ایجاد آسیب‌های اکسیداتیو می‌باشد که توسط رادیکال‌های آزاد اکسیژن از جمله رادیکال‌های سوپراکسید (O^{-})، پراکسید هیدروژن (H_2O_2) و رادیکال‌های هیدروکسیل (OH^{-}) صورت می‌گیرد (۲۳). تغییرات فتوشیمیایی در کلروپلاست‌های برگ‌ها در معرض تنش خشکی، به دلیل اتلاف بیش از حد انرژی نور و درنتیجه تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS)[1] که تحت شرایط خشکی به طور بالقوه خطرناک هستند، می‌شود (۳۰). این گونه‌های فعال اکسیژن می‌توانند از طریق ایجاد آسیب اکسیداتیو به غشاها، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک، کارکرد معمول آنها را مختل سازند. همچنین می‌توانند منجر به پراکسیداسیون لیپیدها، دناتوره شدن[2] پروتئین و موتاسیون DNA شوند. گیاهان برای مقابله با این خسارات سلولی، از سیستم آنتی‌اکسیدانی پیچیده‌ای استفاده می‌کنند که اجزای ابتدایی آن شامل کارتنوئیدها، آسکوربات، گلوتاتیون و توکوفرول‌ها می‌باشد. علاوه بر این، آنزیم‌هایی از جمله سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز، پراکسیداز، گلوتاتیون پراکسیداز، پراکسیداز و آنزیم‌های دخیل در چرخه آسکوربات - گلوتاتیون همچون آسکوربات پراکسیداز و گلوتاتیون ردااکتاز نیز از جمله آنها می‌باشند (۷). این آنزیم‌ها نقش کلیدی در مقابله با تنش اکسیداتیو بر عهده دارند (۶ و ۳۲).

افزودن زئولیت به خاک، یکی از راه‌کارهای امکان‌پذیر برای کاهش اثرات کمبود آب بر تولید گیاهان زراعی می‌باشد (۱۳). زئولیت‌ها گروهی از کانی‌های متخلخل طبیعی هستند که با ساختمان کریستالی خود مانند غربال مولکولی عمل کرده و به دلیل داشتن کانال‌های باز در شبکه خود، اجازه عبور برخی از یون‌ها را داده و مسیر عبور بعضی یون‌های دیگر را مسدود می‌کنند (۲۶). 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 (۳۱). زئولیت‌ها قادر هستند تا ۷۰ درصد حجم خود آب جذب کنند که این توانایی ناشی از تخلخل بالای آن‌ها می‌باشد که از ساختمان بلوری آن‌ها نشات می‌گیرد (۲۵). زئولیت می‌تواند به عنوان تنظیم‌کننده آب عمل کند زیرا یکی از خصوصیات مهم آن توانایی آبگیری و پسابیدگی می‌باشد که می‌توان از آن برای بهبود تعادل آب در خاک در شرایط کمبود رطوبت، به ویژه در مراحل رشدی حساس به کاهش رطوبت استفاده کرد (۱۴). مشخص شده است که کاربرد زئولیت، ثابت ماندن مخزن آب در منطقه ریشه در طول دوران خشکی را تضمین کرده و به انتشار افقی آب در خاک کمک می‌کند (۳۱). 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 نهایتاً قیمت اقتصادی مناسب، به‌کارگیری زئولیت‌ها در سطوح مختلف صنایع کشاورزی امکان‌پذیر می‌باشد.

سلنیم یکی از عناصر مؤثر و ضروری برای انسان، حیوانات و گیاهان می‌باشد. بسیاری از گیاهان در جذب این عنصر قابلیت پایینی دارند، اگرچه به میزان زیادی در خاک وجود داشته باشد. مشخص شده است که سلنیم دارای نقش بیولوژیکی ویژه‌ای در گیاهان می‌باشد (۱۲). سلنیم با پروتئین‌ها ترکیب شده و تولید موادی به نام سلنوپروتئین می‌کنند که آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان از جمله آنها می‌باشند (۴۱). امروزه مشخص شده که سلنیم دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی است و تحت شرایط تنش‌های محیطی، به ویژه تنش خشکی، زداینده

1 - Reactive Oxygen Species

2 - Denature

Archive of SID

www.SID.ir

گونه‌های اکسیژن فعال بوده و یکی از عناصر اصلی در ساختار آنزیم ضداکسیدانی گلوتاتیون ردوکتاز می‌باشد (۱۱ و ۴۱). همچنین گزارش شده که این عنصر دارای قابلیت تنظیم وضعیت آب گیاه تحت شرایط تنش خشکی می‌باشد و اثرات محافظتی سلنیم در شرایط تنش از طریق افزایش ظرفیت جذب آب توسط سیستم ریشه حادث می‌شود (۲۰). گیاهان زراعی در انتقال سلنیم به دانه‌های در حال رشد خود، توانایی کمی دارند (۱۶). بنابراین می‌توان با کاربرد سطوح بهینه، منبع بالقوه‌ای از این عنصر حد واسط برای گیاه زراعی ایجاد کرد.

مشخص شده است که زئولیت می‌تواند در کشت چمن برمودا‌گراس به عنوان اصلاح‌کننده خاک عمل کرده و قادر است روی رطوبت خاک تأثیرگذار باشد (۲۲). همچنین طی پژوهشی مشاهده شد که کاربرد زئولیت طبیعی در شرایط تنش رطوبتی موجب افزایش میزان کلروفیل، تعداد و سطح برگ و میزان اسانس گیاه بادرشبی گردید، ولی تأثیری بر وزن تر و خشک گیاه نداشت (۱۳). طی پژوهش دیگری مشخص شد که کاربرد ۱۰ تن زئولیت در هکتار به میزان قابل توجهی عملکرد دانه برنج را بهبود بخشید (۱۷). طبق گزارشات، سلنیم از کاهش کلروفیل تحت شرایط تنش جلوگیری می‌کند و بهبود فتوسنتز و کاهش و تأخیر در پیری برگ‌ها در اثر کاربرد سلنیم در شرایط تنش، موجب افزایش تولید آسیمیلات و انتقال آن به دانه‌ها و درنتیجه منجر به افزایش عملکرد می‌شود (۳۶ و ۴۱). طی یک پژوهش مشخص شد که کاربرد سلنیم (۳۰ گرم در لیتر) در شرایط تنش خشکی تأثیر مثبت و معنی‌داری بر تعداد خورجین در گیاه، تعداد دانه در خورجین، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد روغن ارقام کلزا داشته است (۴۲). محلول‌پاشی سلنیم در شرایط تنش خشکی، همچنین می‌تواند موجب افزایش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (SOD) در گیاه کلزا گردد (۲۹). نتایج حاصل از یک تحقیق مرتبط نشان داد که استفاده از سلنیم در شرایط تنش کم‌آبی موجب افزایش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز و عملکرد دانه در گیاه ذرت گردید (۳۴). طی پژوهش دیگری نیز مشاهده شد که کاربرد سلنیم موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و گلوتاتیون پراکسیداز گردید (۲۴). طی مطالعه‌ای، تأثیر کاربرد زئولیت و محلول‌پاشی سلنیم بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم کلزا مورد بررسی قرار گرفت و مشاهده شد که کاربرد زئولیت و سلنیم در مناطقی که در معرض تنش خشکی بودند، موجب حفظ رطوبت خاک و بهبود رشد و عملکرد گیاه کلزا گردید (۴۲).

کشت گیاهان دارویی در حال حاضر شاخه مهمی از کشاورزی و منبع اصلی استخراج و تولید مواد اولیه برای ساخت داروهای موجود به شمار می‌رود. کدو پوست کاغذی (*Cucurbita pepo convar. pepo var. styriaca*) یکی از گیاهان دارویی معروف دنیا است. بررسی‌ها نشان داده‌اند که درصد بالای دو اسیدچرب غیراشباع مورد نیاز بدن یعنی اسید اولئیک و اسید لینولئیک به ویژه اسید آلفالینولئیک، فیتواسترول‌ها، اسیدهای چرب امگا۳، ویتامین E (آلفاتوکوفرول) و سایر توکوفرول‌های موجود در روغن دانه گیاهان جنس کدو به طور مؤثری در درمان کرم‌های روده‌ای، تومورهای خوش‌خیم پروستات، مشکلات مجاری ادراری، التهابات معده و تصلب شرایین نقش داشته و به علاوه، در کاهش سطح LDL (کلسترول با چگالی پایین) و لخته‌های متداول خون، جلوگیری از انقباضات نامنظم قلب، کاهش خطر تشکیل سنگ‌های مثانه و کلیه نیز مؤثر است (۵). از آنجایی که گیاه کدو پوست کاغذی به تازگی وارد فلور گیاهی ایران شده و کشت آن در مناطق مختلف در حال توسعه است، لذا توسعه سطح زیرکشت به همراه افزایش عملکرد در واحد سطح، زمانی به تحقق می‌رسد که بتوان برای افزایش سطح زیرکشت آن به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور گام‌های اساسی برداشت.

هدف از انجام این تحقیق، بررسی اثر کاربرد زئولیت و محلول‌پاشی سلنیم در شرایط تنش کم‌آبی بر برخی روابط آبی (میزان رطوبت نسبی برگ و کمبود اشباع آب)، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان (پراکسیداز، کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز) و برخی صفات زراعی در گیاه دارویی کدو پوست کاغذی بود.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، به منظور بررسی اثر کاربرد زئولیت و محلول‌پاشی سلنیم در شرایط تنش کم‌آبی بر برخی روابط آبی و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در گیاه دارویی کدو پوست کاغذی،

Archive of SID

www.SID.ir

آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در منطقه تاکستان با موقعیت طول جغرافیایی ´۳۶ و °۳ شرقی و عرض جغرافیایی ´۴۹ و °۴۲ شمالی و ارتفاع ۱۲۸۳ متر از سطح دریا طی سال زراعی ۱۳۸۹ به اجرا آمد.

در این پژوهش، عامل آبیاری در سه سطح، شامل آبیاری معمول بر اساس ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A (شاهد)، قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی و قطع آبیاری در مرحله میوه‌دهی، عامل زئولیت در دو سطح عدم کاربرد و مصرف ۱۰ تن در هکتار و عامل محلول‌پاشی سلنیم نیز در دو سطح صفر و ۳۰ گرم در لیتر در هکتار بودند. هر کرت آزمایشی شامل چهار خط کاشت به طول ۱۰ متر، فاصله بوته روی ردیف ۵۰ سانتی‌متر، فاصله بین ردیف ۲۵۰ سانتی‌متر و تراکم ۱/۳۳ بوته در مترمربع بود. بین بلوک‌ها برای جلوگیری از اختلاط تیمارهای مختلف موجود، شش متر فاصله در نظر گرفته شد و برای هر بلوک سرآب و فاز آب جداگانه طراحی گردید. همچنین بین کرت‌های اصلی در هر بلوک ۲/۵ متر فاصله منظور گردید. کوددهی و تغذیه گیاه بر اساس آزمون خاک و توصیه کودی انجام شد و کلیه عملیات مربوط به داشت، به جز آبیاری به صورت یکسان انجام شد.

به منظور ارزیابی صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی، نمونه‌های یک گرمی از برگ‌های سالم هر بوته برداشت و بلافاصله بعد از قرار دادن در ورقه‌های آلومینیومی، در نیتروژن مایع منجمد شدند و در پایان نمونه‌ها تا زمان انجام آزمایشات مربوطه در فریزر (۸۰-) درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

برای استخراج پروتئین محلول کل، یک گرم بافت برگ درون هاون چینی در حضور بافر استخراج (فسفات سدیم ۵۰ میلی‌مولار با pH هفت و سدیم متابای سولفات) ساییده شد. جهت عصاره‌گیری، مخلوط حاصل به دستگاه سانتریفیوژ (Beckman Culterlng مدل Allegra-64) انتقال داده شد و در ۱۵۰۰۰ rpm و دمای چهار درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه سانتریفیوژ گردید. میزان پروتئین محلول کل طبق روش برادفورد اندازه‌گیری شد (۸). جهت رسم منحنی استاندارد از غلظت‌های مختلف پروتئین آلبومین سرم گاوی[1] (BSA) استفاده گردید. فعالیت آنزیم‌ها با استفاده از اسپکتروفتومتر (Varian scan USA) اندازه‌گیری شد. به منظور محاسبه میزان فعالیت آنزیم کاتالاز از روش ای بی، فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز طبق روش ناکانو و آسادا و فعالیت آنزیم پراکسیداز بر اساس روش چنس و مهلی تعیین گردید (۴، ۹ و ۲۷).

در زمان اعمال تیمارهای تنش کم‌آبی، به منظور اندازه‌گیری میزان آب نسبی برگ، به وسیله یک چوب پنبه سوراخ‌کن تیز تعداد هشت نمونه از هر بوته تهیه و در دیسک به قطر ۱۲ میلی‌متر از قسمت مشخصی از وسط پهنک و نزدیک به رگبرگ برگ‌های مشابه و سالم و جوان کیسه‌های پلی‌اتیلنی و در ظرف محتوی یخ با دمای ۲- درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل گردیدند. ابتدا با ترازوی دقیق وزن تازه دیسک‌های مربوط به هر کرت آزمایشی تعیین و یادداشت گردید. دیسک‌ها پس از توزین، به ظروف پتری دربدار حاوی آب مقطر منتقل و به مدت ۱۸ ساعت در تاریکی نگهداری شدند و بعد از طی شدن این مدت و خشک کردن آب روی دیسک‌ها توسط کاغذ صافی، وزن آماس دیسک‌ها اندازه‌گیری شد. در ادامه، دیسک‌ها به آون با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد منتقل و پس از گذشت ۲۴ ساعت، وزن خشک دیسک‌ها توسط ترازوی دقیق به دست آمد. میزان آب نسبی برگ (RWC)[2] برحسب درصد و از طریق رابطه زیر محاسبه شد (۲۸):

$$RWC\% = [(F_w - D_w) / (T_w - D_w)] \times 100 \quad (۱$$

در این رابطه، F_w وزن تازه، T_w وزن آماس و D_w وزن خشک دیسک‌ها بر حسب گرم می‌باشند.

جهت اندازه‌گیری کمبود اشباع آب (WSD)[3] از رابطه زیر استفاده شد (۳۵):

$$WSD = 100 - RWC \quad (۲$$

1 - Bovine Serum Albumin

2 - Relative Water Content

3 - Water Saturation Deficient

Archive of SID

www.SID.ir

پس از هر بار برداشت میوه در طول فصل رشد، میوه‌های مربوط به چهار بوته از هر کرت، جداگانه توزین شده و سپس دانه آنها استخراج و در سایه خشک می‌شدند. پس از خشک شدن، دانه‌ها شمارش و وزن ۱۰۰ دانه تعیین گردید. در پایان، میانگین عملکرد دانه خشک و درصد روغن (توسط دستگاه NMR) برای هر تیمار اندازه‌گیری شدند و از حاصل‌ضرب عملکرد دانه در درصد روغن، عملکرد روغن تعیین گردید.

کلیه داده‌ها پس از اطمینان از یکنواختی، با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (Ver. 9) تجزیه واریانس شدند و میانگین داده‌ها به روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفتند. نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شدند.

نتایج و بحث

میزان رطوبت نسبی و کمبود اشباع آب برگ

اعمال تیمارهای تنش کم‌آبی سبب کاهش میزان رطوبت نسبی و افزایش کمبود اشباع آب برگ شدند که بیشترین میزان کاهش رطوبت نسبی و به تبع آن، افزایش کمبود اشباع آب مربوط به تیمار قطع آبیاری در مرحله میوه‌دهی بود که نتایج مشابهی توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (جدول ۱) (۱۹ و ۳۵). کاربرد زئولیت موجب افزایش صفت مذکور (۱۲ درصد) نسبت به تیمار عدم مصرف گردید و این دو در گروه‌های آماری مجزا قرار گرفتند (جدول ۱).

نتایج جدول مقایسات میانگین تیمارهای اصلی، نشان می‌دهد که کاربرد زئولیت به میزان ۱۰ تن در هکتار، موجب کاهش ۳۱ درصدی کمبود اشباع آب برگ گردیده است (جدول ۱). سلنیم نیز تأثیر مثبت و فزاینده‌ای (شش درصد) بر میزان رطوبت نسبی برگ داشت و موجب کاهش معنی‌دار (۱۷ درصد) صفت کمبود اشباع آب برگ گردید (جدول ۱).

استفاده از زئولیت تحت تیمارهای تنش کم‌آبی تأثیر مثبت و معنی‌داری بر صفت رطوبت نسبی برگ داشت. بیشترین میزان رطوبت نسبی برگ از تیمار کاربرد زئولیت در شرایط آبیاری معمول به دست آمد و کمترین میزان آن نیز مربوط به تیمار عدم کاربرد زئولیت در شرایط تنش کم‌آبی در مرحله گل‌دهی بود که به همراه تیمار عدم کاربرد زئولیت در شرایط قطع آبیاری در مرحله میوه‌دهی، در آخرین گروه آماری قرار گرفتند. استفاده از زئولیت تحت شرایط تنش کم‌آبی موجب بهبود ۱۹ (قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی) و ۱۷ درصدی (قطع آبیاری در مرحله میوه‌دهی) صفت مذکور گردید (جدول ۲).

محلول‌پاشی سلنیم تحت تمام تیمارهای آبیاری اثر مثبت و فزاینده‌ای بر میزان رطوبت نسبی برگ داشت. بیشترین میزان صفت یاد شده مربوط به استفاده از سلنیم در شرایط آبیاری معمول و کمترین میزان آن به تیمار عدم کاربرد سلنیم در شرایط تنش کم‌آبی در مرحله میوه‌دهی متعلق بود (جدول ۲).

نتایج نشان داد که استفاده هم‌زمان از زئولیت و سلنیم در تیمارهای مختلف آبیاری تأثیر معنی‌دار و مثبتی بر رطوبت نسبی برگ داشته است، به‌طوری‌که بیشترین میزان صفت یاد شده از کاربرد توأم زئولیت و سلنیم در شرایط آبیاری معمول به دست آمد و کمترین میزان آن به عدم کاربرد زئولیت و سلنیم در دو تیمار قطع آبیاری در مراحل گل‌دهی و میوه‌دهی، تعلق داشت که به همراه هم در گروه آماری آخر جای گرفتند (جدول ۳). در آزمایشی تأثیر کاربرد زئولیت در شرایط تنش خشکی بر رشد و نمو چمن کنتاکی مورد مطالعه قرار گرفت و مشاهده شد که استفاده از زئولیت در شرایط تنش موجب افزایش رطوبت نسبی برگ در چمن گردید. به نظر می‌رسد زئولیت به دلیل دارا بودن خاصیت جذب و دفع آب به صورت برگشت‌پذیر، قادر است در شرایط تنش خشکی از طریق افزایش میزان فراهمی رطوبت در حفظ کیفیت چمن مؤثر باشد (۳). همچنین امروزه مشخص شده است که سلنیم دارای قابلیت تنظیم وضعیت آب گیاه تحت شرایط تنش خشکی می‌باشد و اثرات محافظتی سلنیم در شرایط تنش از طریق افزایش ظرفیت جذب آب توسط سیستم ریشه حادث می‌شود (۲۰). در پژوهش حاضر نیز احتمالاً کاربرد زئولیت و سلنیم در شرایط تنش کم‌آبی، از طریق تحریک رشد ریشه، افزایش جذب آب ریشه‌ها و فراهمی بالاتر رطوبت خاک موجب بالاتر ماندن رطوبت نسبی برگ در شرایط تنش کم‌آبی شده است.

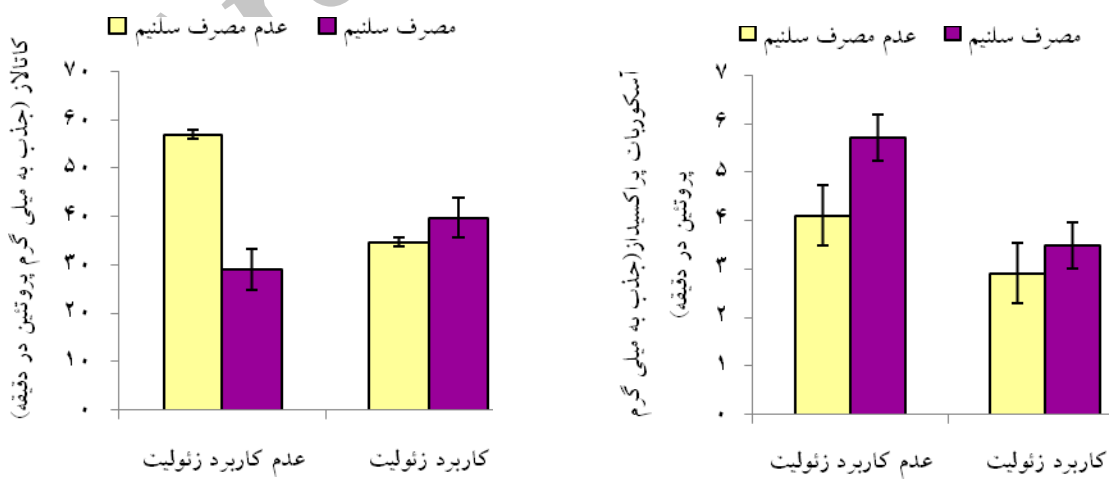
Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱ - مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در گیاه دارویی کدو پوست کاغذی

تیمار	میانگین									
	رطوبت نسبی برگ (٪)	کمبود آب اشباع (٪)	پروتئین محلول (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	پراکسیداز (تغییرات جذب به میلی‌گرم پروتئین در دقیقه)	کاتالاز (تغییرات جذب به میلی‌گرم پروتئین در دقیقه)	آسکوربات پراکسیداز (تغییرات جذب به میلی‌گرم پروتئین در دقیقه)	تعداد دانه در میوه	وزن ۱۰۰ دانه (گرم)	میزان روغن (٪)	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)
آبیاری										
آبیاری معمول (شاهد)	۸۶/۵۹^{a}	۱۳/۴۱^{c}	۱/۳۸^{a}	۷/۸۱^{c}	۵/۷۱^{c}	۱/۴۲^{c}	۲۴۲/۲۹^{a}	۱۲/۶۳^{a}	۴۳/۹۲^{a}	۵۵۹/۰۱^{a}
قطع آبیاری در مرحله گلدهی	۶۹/۴۰^{b}	۳۰/۵۹^{b}	۰/۸۴^{b}	۲۲/۵۷^{a}	۲۳/۱۲^{b}	۷/۳۰^{a}	۲۲۶/۵۱^{b}	۱۲/۲۲^{b}	۴۳/۱۲^{ab}	۴۹۰/۹۹^{b}
قطع آبیاری در مرحله میوه‌دهی	۶۷/۸۶^{c}	۳۲/۱۳^{a}	۰/۷۸^{c}	۱۹/۹۸^{b}	۲۷/۵۵^{a}	۵/۰۱^{b}	۱۹۸/۸۴^{c}	۱۰/۹۸^{c}	۴۲/۳۳^{b}	۳۶۹/۵۷^{c}
زئولیت (تن در هکتار)										
۰	۶۹/۹۲^{b}	۳۰/۰۸^{a}	۰/۸۷^{b}	۱۸/۹۰^{a}	۲۷/۳۹^{a}	۴/۹۰^{a}	۲۱۲/۴۷^{b}	۱۱/۶۹^{b}	۴۳/۱۷^{a}	۴۴۵/۱۶^{b}
۱۰	۷۹/۳۲^{a}	۲۰/۶۸^{b}	۱/۱۳^{a}	۱۴/۶۷^{b}	۱۰/۲۰^{b}	۳/۲۰^{b}	۲۳۲/۶۲^{a}	۱۲/۲۰^{a}	۴۳/۰۸^{a}	۵۰۱/۲۲^{a}
سلنیم (گرم در لیتر در هکتار)										
۰	۷۲/۲۸^{b}	۲۷/۷۲^{a}	۰/۹۵^{b}	۱۴/۹۲^{b}	۱۵/۰۱^{b}	۳/۵۱^{b}	۲۱۵/۵۴^{b}	۱۱/۷۵^{b}	۴۳/۴۲^{a}	۴۵۹/۶۹^{b}
۳۰	۷۶/۳۲^{a}	۲۳/۰۳^{a}	۱/۰۵^{a}	۱۸/۶۵^{a}	۲۲/۵۸^{a}	۴/۶۰^{a}	۲۲۹/۵۵^{a}	۱۲/۱۳^{a}	۴۲/۸۳^{a}	۴۸۶/۶۸^{a}

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



شکل ۱ - اثر متقابل زئولیت و سلنیم بر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان آسکوربات پراکسیداز

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۲ – مقایسه میانگین اثرات متقابل آبیاری × زئولیت و آبیاری × سلنیم بر صفات مورد مطالعه در برگ گیاه دارویی کدو پوست کاغذی

تیمار		میانگین				
		رطوبت نسبی برگ (٪)	کمبود آب اشباع (٪)	پروتئین محلول (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	پراکسیداز (تغییرات جذب به میلی‌گرم پروتئین در دقیقه)	کاتالاز (تغییرات جذب به میلی‌گرم پروتئین در دقیقه)
آبیاری	زئولیت (تن در هکتار)					
آبیاری معمول (شاهد)	۰	۸۶/۰۴^{a}	۱۳/۹۶^{d}	۱/۳۵^{b}	۶/۵۳^{d}	۶/۱۲^{d}
	۱۰	۸۷/۱۴^{a}	۱۲/۸۵^{d}	۱/۴۱^{a}	۶/۱۰^{d}	۵/۳۰^{d}
قطع آبیاری در مرحله گلدهی	۰	۶۲/۲۱^{d}	۳۷/۷۹^{a}	۰/۶۶^{d}	۲۵/۵۸^{a}	۳۴/۶۲^{b}
	۱۰	۷۶/۵۸^{b}	۲۳/۴۰^{c}	۱/۰۲^{c}	۱۹/۵۶^{b}	۱۱/۶۱^{c}
قطع آبیاری در مرحله میوه‌دهی	۰	۶۱/۵۲^{d}	۳۸/۴۸^{a}	۰/۵۹^{e}	۲۴/۵۹^{a}	۴۱/۴۱^{a}
	۱۰	۷۴/۲۱^{c}	۲۵/۷۹^{b}	۰/۹۷^{c}	۱۵/۳۶^{c}	۱۳/۶۸^{c}
آبیاری	سلنیم (گرم در لیتر در هکتار)					
آبیاری معمول (شاهد)	۰	۸۵/۴۴^{b}	۱۴/۵۶^{c}	۱/۳۵^{b}	۶/۲۲^{e}	۴/۳۸^{d}
	۳۰	۸۷/۷۵^{a}	۱۲/۲۵^{d}	۱/۴۱^{a}	۹/۴۱^{d}	۷/۰۵^{d}
قطع آبیاری در مرحله گلدهی	۰	۶۶/۴۶^{d}	۳۳/۵۴^{a}	۰/۷۸^{d}	۲۰/۱۱^{b}	۱۸/۸۷^{c}
	۳۰	۷۲/۳۵^{c}	۲۷/۶۵^{b}	۰/۹۰^{e}	۲۵/۰۳^{a}	۲۷/۳۷^{b}
قطع آبیاری در مرحله میوه‌دهی	۰	۶۴/۹۳^{d}	۳۵/۰۷^{a}	۰/۷۳^{c}	۱۸/۴۳^{c}	۲۱/۷۸^{c}
	۳۰	۷۰/۸۰^{c}	۲۹/۲۰^{b}	۰/۸۳^{e}	۲۱/۵۲^{b}	۳۳/۳۱^{a}

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

محتوای پروتئین محلول کل

محتوای پروتئین محلول در اثر تنش کم‌آبی کاهش یافت که نتایج حاصل با گزارش‌های ارائه شده از آزمایش‌های مشابه مطابقت دارد (جدول ۱) (۱، ۲ و ۳۳). به نظر می‌رسد کاهش محتوای پروتئین کل تحت شرایط تنش کم‌آبی به دلیل واکنش پروتئین با رادیکال‌های آزاد و درنتیجه تغییر اسیدآمینه، افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده پروتئین، کاهش سنتز پروتئین و همچنین تجمع اسیدهای آمینه آزاد از جمله پرولین مرتبط باشد (۳۳).

نتایج نشان می‌دهد که زئولیت و سلنیم تأثیر مثبت و فزاینده‌ای بر صفت مذکور داشتند و بیشترین میزان صفت مربوط از کاربرد این دو عامل به‌دست آمد (جدول ۱). کاربرد زئولیت در تمام تیمارهای مختلف آبیاری نیز تأثیر معنی‌دار و مثبتی بر محتوای پروتئین کل داشت، به‌طوری‌که بیشترین میزان صفت یاد شده از کاربرد زئولیت در شرایط آبیاری معمول به دست آمد که به تنهایی در گروه آماری برتر و کمترین میزان آن مربوط به تیمار عدم مصرف زئولیت در شرایط تنش کم‌آبی در مرحله میوه‌دهی در گروه آماری آخر قرار گرفت (جدول ۲).

Archive of SID

www.SID.ir

ادامه جدول ۲ – مقایسه میانگین اثرات متقابل آبیاری × زئولیت و آبیاری × سلنیم بر صفات مورد مطالعه در گیاه دارویی کدو پوست کاغذی

تیمار		میانگین				
		آسکوربات پراکسیداز (تغییرات جذب به میلی‌گرم پروتئین در دقیقه)	تعداد دانه در میوه	وزن ۱۰۰ دانه (گرم)	میزان روغن (٪)	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)
آبیاری	زئولیت (تن در هکتار)					
آبیاری معمول	۰	۱/۴۰^{a}	۲۳۸/۶۴^{b}	۱۲/۵۹^{a}	۴۳/۹۳^{a}	۵۵۰/۳۵^{ab}
(شاهد)	۱۰	۱/۴۵^{a}	۲۴۵/۹۴^{a}	۱۲/۶۶^{a}	۴۳/۹۲^{a}	۵۶۷/۶۷^{a}
قطع آبیاری	۰	۷/۲۰^{d}	۲۱۸/۰۲^{c}	۱۲/۰۱^{b}	۴۲/۴۷^{ab}	۴۵۶/۴۷^{c}
در مرحله گلدهی	۱۰	۴/۲۵^{b}	۲۳۵/۰۱^{b}	۱۲/۴۴^{a}	۴۳/۷۷^{a}	۵۲۵/۵۱^{b}
قطع آبیاری	۰	۶/۱۱^{d}	۱۸۰/۷۵^{d}	۱۰/۴۶^{d}	۴۳/۱۰^{ab}	۳۲۸/۶۷^{e}
در مرحله میوه‌دهی	۱۰	۳/۸۹^{c}	۲۱۶/۹۲^{c}	۱۱/۴۹^{c}	۴۱/۵۶^{b}	۴۱۰/۴۸^{d}
آبیاری	سلنیم (گرم در لیتر در هکتار)					
آبیاری معمول	۰	۱/۰۵^{f}	۲۳۷/۱۳^{b}	۱۲/۵۳^{ab}	۴۳/۶۵^{ab}	۵۴۵/۳۵^{a}
(شاهد)	۳۰	۱/۸۰^{e}	۲۴۷/۴۵^{a}	۱۲/۷۳^{a}	۴۴/۲۰^{a}	۵۷۲/۶۶^{a}
قطع آبیاری	۰	۴/۹۸^{c}	۲۱۸/۵۸^{c}	۱۲/۰۶^{c}	۴۳/۸۵^{ab}	۴۸۷/۶۴^{b}
در مرحله گلدهی	۳۰	۶/۴۸^{a}	۲۳۴/۴۵^{b}	۱۲/۳۸^{b}	۴۲/۴۰^{bc}	۴۹۴/۳۵^{b}
قطع آبیاری	۰	۴/۴۹^{d}	۱۹۰/۹۲^{e}	۱۰/۶۷^{e}	۴۲/۷۷^{abc}	۳۴۶/۱۰^{d}
در مرحله میوه‌دهی	۳۰	۵/۵۱^{b}	۲۰۶/۷۶^{d}	۱۱/۲۸^{d}	۴۱/۸۹^{c}	۳۹۳/۰۵^{c}

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

آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان

تولید گونه‌های فعال اکسیژن یکی از مهم‌ترین عوامل آسیب‌رسان به سیستم فتوسنتزی در شرایط تنش‌های محیطی از جمله تنش خشکی می‌باشد (۱۸). گیاهان برای کاهش دادن اثرات مخرب گونه‌های اکسیژن فعال سازوکارهای متفاوتی دارند که از جمله آنها می‌توان به سیستم دفاع آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان اشاره کرد. کاتالاز، پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز از مهم‌ترین آنزیم‌های زداینده پراکسید هیدروژن به شمار می‌آیند (۲۳ و ۳۸). آنزیم پراکسیداز، پراکسید هیدروژن را با استفاده از سوبستراهای مختلف اهداکننده الکترون به آب احیا می‌کند. آسکوربات پراکسیداز برای احیای پراکسید هیدروژن به آب از آسکوربات به عنوان دهنده الکترون استفاده می‌کند و کاتالاز پراکسید هیدروژن را به آب و اکسیژن تبدیل می‌کند.

تنش کم‌آبی موجب افزایش فعالیت تمام آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان گردید. تنش کم‌آبی در مرحله گل‌دهی بیشترین میزان فعالیت آنزیم‌ها را به خود اختصاص داد و کمترین میزان فعالیت در کرت‌های بدون تنش کم‌آبی مشاهده شد (جدول ۱). کاربرد زئولیت به میزان ۱۰ تن در هکتار منجر به کاهش معنی‌دار فعالیت آنزیم‌ها گردید و بیشترین میزان فعالیت آنزیمی مربوط به تیمار عدم کاربرد زئولیت بود (جدول ۱). کاربرد

Archive of SID

www.SID.ir

زئولیت در تیمارهای مختلف آبیاری نیز تأثیر معنی‌داری بر میزان فعالیت آنزیم‌ها داشت. طبق نتایج به دست آمده، بیشترین میزان فعالیت آنزیم‌ها مربوط به تیمار عدم کاربرد زئولیت در تیمارهای تنش کم‌آبی در مراحل گل‌دهی و میوه‌دهی بود (جدول ۲).

محلول‌پاشی سلنیم موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز، کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز گردید (جدول ۲). شواهدی مبنی بر اینکه غلظت‌های پایین سلنیم تأثیر مثبتی بر رشد و تحمل به تنش‌های محیطی در گیاهان زراعی دارند، موجود می‌باشد (۴۰). مشخص شده است که سلنیم دارای اثر آنتی‌اکسیدانی بوده و می‌تواند ظرفیت آنتی‌اکسیداتیو و تحمل به تنش در گیاهان را افزایش دهد (۲۱ و ۴۱). آزمایشات انجام شده در این زمینه نیز نشان داده‌اند که کاربرد سلنیم می‌تواند موجب افزایش تحمل گیاه به تنش خشکی شود که دلیل آن افزایش سطوح آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان می‌باشد. گزارشات متعددی مبنی بر تأثیر مثبت محلول‌پاشی سلنیم در شرایط تنش خشکی بر افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و گلوتاتیون پراکسیداز وجود دارد (۳۴ و ۴۱). اثر متقابل زئولیت و سلنیم بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز معنی‌دار بود و بیشترین میزان فعالیت آنزیم‌های مذکور مربوط به محلول‌پاشی سلنیم در شرایط عدم کاربرد زئولیت بود (شکل ۱).

بیشترین میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز مربوط به محلول‌پاشی سلنیم در هر دو تیمار قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی و میوه‌دهی و بدون کاربرد زئولیت بود که مشترکاً در گروه آماری برتر جای گرفتند (جدول ۳). برای آنزیم کاتالاز بیشترین میزان فعالیت به تیمار محلول‌پاشی سلنیم در شرایط عدم کاربرد زئولیت و تنش کم‌آبی در مرحله میوه‌دهی تعلق داشت و بیشترین میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز نیز از تیمار محلول‌پاشی سلنیم در شرایط عدم مصرف زئولیت و تنش کم‌آبی در مرحله گلدهی به دست آمد (جدول ۳).

نتایج مشخص کرد که کاربرد زئولیت به میزان ۱۰ تن در هکتار در شرایط تنش‌کم‌آبی موجب کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان گردید که به نظر می‌رسد به دلیل افزایش فراهمی رطوبت و به تبع آن کاهش اثرات تنش کم‌آبی در صورت مصرف زئولیت بوده است.

صفات زراعی

تنش کم‌آبی تأثیر نامطلوبی بر صفات زراعی گیاه از جمله تعداد دانه در میوه، وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد روغن داشت، ولی درصد روغن دانه تحت تأثیر تیمارهای آبیاری قرار نگرفت (جدول ۱). بیشترین میزان هر یک از صفات یاد شده از کرت‌های فاقد تنش کم‌آبی به دست آمد و کمترین مقادیر آنها نیز مربوط به تیمار قطع آبیاری در مرحله میوه‌دهی بود (جدول ۱).

با توجه به نتایج ارائه شده (مقایسه میانگین اثرات اصلی) مشخص شد که هر دو عامل کاربرد زئولیت و محلول‌پاشی سلنیم تأثیر مثبت و معنی‌داری بر صفات زراعی به جز درصد روغن دانه داشتند (جدول ۱).

کاربرد زئولیت در شرایط قطع آبیاری نیز تأثیر مثبت و معنی‌داری بر صفات تعداد دانه در میوه، وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد روغن داشت، به‌طوری‌که در شرایط تنش کم‌آبی، بیشترین میزان تمام صفات یاد شده از کرت‌های حاوی زئولیت حاصل گردید (جدول ۳).

همچنین کاربرد همزمان زئولیت و سلنیم تأثیر مثبت و معنی‌داری بر عملکرد روغن به ویژه در شرایط تنش کم‌آبی در مرحله میوه‌دهی داشت (جدول ۳). گروهی از پژوهشگران گزارش کردند که کاربرد زئولیت در شرایط تنش خشکی، موجب افزایش تعداد خورجین در گیاه، تعداد دانه در خورجین، وزن ۱۰۰۰ دانه، عملکرد دانه، درصد روغن و عملکرد روغن در کلزا گردید (۴۲). ایشان همچنین اظهار داشتند که محلول‌پاشی سلنیم به میزان ۳۰ گرم در هکتار موجب افزایش تمام صفات مذکور به جز درصد روغن گردید (۴۲).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳ – مقایسه میانگین اثرات متقابل آبیاری × زئولیت × سلنیم بر صفات مورد مطالعه در گیاه دارویی کدو پوست کاغذی

تیمار			میانگین					
			رطوبت نسبی برگ (٪)	کمبود آب اشباع (٪)	پراکسیداز (تغییرات جذب به میلی‌گرم پروتئین در دقیقه)	کاتالاز (تغییرات جذب به میلی‌گرم پروتئین در دقیقه)	آسکوربات پراکسیداز (تغییرات جذب به میلی‌گرم پروتئین در دقیقه)	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)
آبیاری	زئولیت (تن در هکتار)	سلنیم (گرم در لیتر در هکتار)						
آبیاری معمول (شاهد)	۰	۰	۸۴/۹۲^{b}	۱۵/۰۸^{f}	۵/۴۰^{f}	۴/۷۳^{h}	۱/۰۷^{h}	۵۴۴/۶۸^{b}
		۳۰	۸۷/۱۶^{ab}	۱۲/۸۴^{fg}	۷/۶۶^{e}	۷/۵۱^{gh}	۱/۷۲^{g}	۵۵۶/۰۲^{ab}
	۱۰	۰	۸۶/۹۶^{ab}	۱۴/۰۵^{fg}	۷/۰۵^{ef}	۴/۰۲^{h}	۱/۰۲^{h}	۵۴۶/۰۳^{b}
		۳۰	۸۸/۳۴^{a}	۱۱/۶۶^{g}	۱۱/۱۵^{d}	۶/۵۸^{gh}	۱/۸۸^{g}	۵۸۹/۳۰^{a}
قطع آبیاری در مرحله گلدهی	۰	۰	۵۸/۶۶^{g}	۴۱/۳۴^{a}	۲۳/۳۳^{b}	۲۷/۲۵^{d}	۶/۰۰^{c}	۴۴۲/۱۰^{c}
		۳۰	۶۵/۷۶^{f}	۳۴/۲۴^{b}	۲۷/۸۴^{a}	۴۱/۹۹^{b}	۸/۴۱^{a}	۴۷۰/۸۴^{c}
	۱۰	۰	۷۴/۲۵^{d}	۲۵/۷۵^{d}	۱۶/۹۰^{c}	۱۰/۴۸^{fg}	۳/۹۷^{f}	۵۳۳/۱۷^{b}
		۳۰	۷۸/۹۴^{c}	۲۱/۰۶^{e}	۲۲/۲۲^{b}	۱۲/۷۲^{ef}	۴/۵۴^{e}	۵۱۷/۸۵^{b}
قطع آبیاری در مرحله میوه‌دهی	۰	۰	۵۹/۲۸^{g}	۴۰/۷۲^{a}	۲۱/۷۳^{b}	۳۲/۳۵^{c}	۵/۲۳^{d}	۳۱۸/۷۰^{e}
		۳۰	۶۳/۷۵^{f}	۳۶/۲۴^{b}	۲۷/۴۴^{a}	۵۰/۴۶^{a}	۶/۹۹^{b}	۳۳۸/۶۵^{ed}
	۱۰	۰	۷۰/۵۸^{e}	۲۹/۴۲^{c}	۱۵/۱۱^{c}	۱۱//۲۰^{fg}	۳/۷۶^{f}	۳۷۳/۵۱^{d}
		۳۰	۷۷/۸۴^{c}	۲۲/۱۶^{e}	۱۵/۶۱^{c}	۱۶/۱۷^{e}	۴/۰۳^{ef}	۴۴۷/۴۶^{c}

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

نتایج همبستگی بین صفات مورد مطالعه نشان داد که میان صفات میزان رطوبت نسبی برگ، محتوای پروتئین محلول، فعالیت آنزیم پراکسیداز، وزن ۱۰۰ دانه و درصد روغن با عملکرد روغن دانه همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری وجود داشت (جدول ۴). به نظر می‌رسد افزایش فعالیت آنزیم آنتی‌اکسیدان پراکسیداز از طریق کاهش اثرات زیان‌بار تنش

Archive of SID

www.SID.ir

کم‌آبی موجب افزایش وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد دانه (نتایج نشان داده نشده)، درصد روغن و درنهایت عملکرد روغن گردیده است.

براساس نتایج این تحقیق، کاربرد زئولیت به میزان ۱۰ تن در هکتار به دلیل خاصیت جذب، نگهداری و افزایش دسترسی به رطوبت در شرایط تنش کم‌آبی، موجب کاهش شدت و اثرات تنش در گیاهان گردید. همچنین مشخص شد که محلول‌پاشی سلنیم از طریق افزایش میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و کاهش محتوای رادیکال‌های آزاد در سلول، موجب کاهش خسارات ناشی از تنش اکسنده به سلول‌های گیاه شد. همچنین دو تیمار زئولیت و سلنیم از طریق حفظ تعادل آبی سلول از کاهش شدید میزان رطوبت نسبی برگ ممانعت به عمل آوردند و موجب افزایش عملکرد روغن به ویژه تحت شرایط تنش کم‌آبی در مرحله میوه‌دهی گیاه دارویی کدو پوست کاغذی گردیدند. با توجه به نتایج حاصل، به نظر می‌رسد کاربرد زئولیت و محلول‌پاشی سلنیم در مناطقی که در طی ماه‌هایی از سال در معرض تنش خشکی هستند می‌تواند در جهت بهبود رشد و تولید گیاه مفید واقع شود. در پایان پیشنهاد می‌شود این تحقیق در اقلیم‌های مختلف کشور و تحت رژیم‌های مختلف رطوبتی و مقادیر متفاوت زئولیت و سلنیم نیز انجام پذیرد.

جدول ۴ - میزان ضرایب همبستگی میان صفات مورد مطالعه در گیاه دارویی کدو پوست کاغذی

	میزان رطوبت نسبی برگ	کمبود اشباع آب	پروتئین محلول	پراکسیداز	کاتالاز	آسکوربات پراکسیداز	تعداد دانه در میوه	وزن ۱۰۰ دانه	درصد روغن	عملکرد روغن
میزان رطوبت نسبی برگ	۱									
کمبود اشباع آب	-۱**	۱								
پروتئین محلول	۰/۹۸**	-۰/۹۸**	۱							
کاتالاز	-۰/۸۱**	۰/۸۱**	-۰/۸۴**	۱						
پراکسیداز	-۰/۵۹**	۰/۵۹**	-۰/۵۳**	۰/۵۴**	۱					
آسکوربات پراکسیداز	-۰/۸۳**	۰/۸۳**	-۰/۸۷**	۰/۹۵**	۰/۴۴**	۱				
تعداد دانه در میوه	۰/۸۲**	-۰/۸۲**	۰/۸۳**	-۰/۵۵**	-۰/۳۷*	-۰/۵۶**	۱			
وزن ۱۰۰ دانه	۰/۷۲**	-۰/۷۲**	۰/۷۲**	-۰/۵۰**	-۰/۳۳*	-۰/۴۹*	۰/۹۰**	۱		
درصد روغن	۰/۲۸**	-۰/۲۸**	۰/۲۴^{ns}	-۰/۳۲^{ns}	۰/۰۶^{ns}	-۰/۳۲^{ns}	۰/۱۶^{ns}	۰/۲۳^{ns}	۱	
عملکرد روغن	۰/۸۱**	-۰/۸۱**	۰/۷۰**	۰/۸۱**	-۰/۶۲**	۰/۲۹^{ns}	-۰/۶۱**	۰/۹۰**	۰/۹۸**	۱

* و ** - به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

Archive of SID

www.SID.ir

منابع مورد استفاده

۱ . دولت آبادیان ا.، مدرس ثانوی س. ع. م. و شریفی م (۱۳۸۸) اثر تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی اسید آسکوربیک بر میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان (*Zea maize* L.) و برخی تغییرات بیوشیمیایی در برگ ذرت دانه‌ای. زیست‌شناسی ایران. ۲۲: ۴۲۲-۴۰۷.

۲ . طالع احمد س. و حداد ر (۱۳۸۹) اثر سیلیکون بر فعالیت آنزیم‌های ضداکسنده و محتوای تنظیم‌کننده‌های اسمزی در دو ژنوتیپ گندم نان در شرایط تنش خشکی. به‌زراعی نهال و بذر. ۲۶: ۲۲۵-۲۰۷.

۳ . عبدی غ. ر (۱۳۸۷) بررسی اثرات زئولیت و تنش خشکی بر رشد و نمو چمن کنتاکی بلوگراس (*Poa pratensis*). مجموعه مقالات همایش بین‌المللی زئولیت ایران. ۲۹۴ ص.

4 . Aebi HE (1984) Catalase *in vitro*. Methods Enzymology 105: 121-126.

5 . Aroiee H and Omidbaigi R (2004) Effects of nitrogen fertilizer on productivity medicinal pumpkin. Acta Horticulture. 629: 415-419.

6 . Asada K (1999) The water cycle in chloroplasts: scavenging of active oxygens and dissipation of excess photons. Annual Rev. Plant Physiology Plant Molecule Biology. 50: 601-639.

7 . Baby J and Jini D (2011) Development of salt stress tolerance plants by gene manipulation of antioxidant enzymes. Asian Journal of Agricultural Research. 5: 17-27.

8 . Bradford MM (1979) A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry. 72: 248-254.

9 . Chance B and Maehly A (1955) Assay of catalase and peroxidase. Methods Enzymology. 2: 764-817.

10 . Chaves MM, Maroco JP and Pereira JS (2003) Understanding plant responses to drought from genes to the whole plant. Functional Plant Biology. 30: 239-264.

11 . Ekelund, NGA and Danilov RA (2001) The influence of selenium on photosynthesis and light-enhanced dark respiration (LEDR) in the flagellate *Euglena gracilis* after exposure to ultraviolet radiation. Aquatic Science. 63: 457- 465.

12 . Germ M, Kreft I and Osvald J (2005) Influence of UV-B exclusion and selenium treatment on photochemical efficiency of photosystem II, yield and respiratory potential in pumpkin (*Cucucrbita pepo*. L). Plant physiology and Biochemistry. 43: 445-448.

13 . Gholizadeh A, Amin MSM, Anuar AR, Esfahani M and Saberioon MM (2010) The Study on the Effect of Different Levels of Zeolit and Water Stress on Growth, Development and Essential Oil Content of Moldavian Balm (*Dracocephalum moldavica* L.). American Journal of Applied Sciences. 7: 33-37.

14 . Harb EMZ and Mahmoud MA (2009) Enhancing of growth, essential oil yield and components of yarrow plant (*Achillea millefolium* L.) growth under safe agriculture conditions using zeolite and compost. 4rd Conference on Recent Technologies in Agriculture. Giza. Egypt.

15 . IPCC, Climate change (2007) The physical science basis, Vol. 1009. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

16 . Jackson GD (2000) Effects of nitrogen and sulfur on maize yield and nutrient uptake. Agronomy 92: 644-649.

17 . Kavoosi M (2007) Effects of zeolite application on rice yield, nitrogen recovery, and nitrogen use efficiency.

Archive of SID

www.SID.ir

Communications in Soil Science and Plant Analysis. London. 38: 69-76.

18 . Kim JH and Lee CH (2005) In vivo deleterious effects specific to reactive oxygen species on photosystem I and II after photo-oxidative treatments of rice (*Oryza sativa* L.) leaves. Plant Science. 168: 1115-1125.

19 . Kumar RR, Karajol K and Naik GR (2011) Effect of Polyethylene Glycol Induced Water Stress on Physiological and Biochemical Responses in Pigeonpea (*Cajanus cajan* L. Mill sp.). Recent Research in Science and Technology. 3: 148-152.

20 . Kuznetsov VV, Kholodova VP and Yagodin BA (2003) Selenium regulates the water status of plants exposed to drought. Dokl. Biology Science. 390: 266-268.

21 . Mikkelsen RL, Page AL and Haghnia GH (1988) Effect of salinity and its composition on the accumulation of selenium by alfalfa. Plant and Soil. 107: 63-67.

22 . Miller GL (2000) Physiological response of bermudagrass grown in soil amendments during drought stress. Horticulture Science. 35: 213-216.

23 . Mittler R, Vanderauwera S, Gollery M and Breusegem FV (2004) Reactive oxygen gene network of plants. Trends in Plant Science. 9: 490-498.

24 . Mohammadi A, Habibi D, Rohami M and Mafakheri S (2011) Effect of drought stress on antioxidant enzymes activity of some chickpea cultivars. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environment Science. 11: 782-785.

25 . Moran JF, Becana M and Frechilla S (1994) Drought induces oxidative stress in pea plants. Planta. 194: 346-352.

26 . Mumpton FA (1999) Uses of natural zeolites in agriculture and industry. Geology, Mineralogy and Human Welfare. 96: 3463-3470.

27 . Nakano Y and Asada K (1987) Purification of ascorbate peroxidase in spinach chloroplast: inactivation in ascorbate-depleted medium and reactivation by monodehydroascorbate radical. Plant Cell Physiology 28: 131-140.

28 . Omae H, Kumar A, Kashiviba K and Shono M (2007) Assessing drought tolerance of snap bean (*Phaseolus vulgaris*) from genotypic differences in leaf water relations, shoot growth and photosynthetic parameters. Plant Production Science. 10: 28-35.

29 . Pazoki AR, Shirani Rad AH, Habibi D, Paknejad F, Kobraee S and Hadayat N (2010) Effect of drought stress and selenium spraying on superoxide dismotase activity of winter rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. World Academy of Science Engineering and Technology. 68: 678-681.

30 . Peltzer D, Dreyer E and Polle A (2002) Differential temperature dependencies of antioxidative enzymes in two contrasting species. Plant Physiology and Biochemistry. 40: 141-150.

31 . Polat E, Karaca M, Demir H and Naci Onus A (2004) Use of natural zeolite (*Clinoptilolite*) in agriculture. Fruit and Rnamental Plant Research. 12: 183-189.

32 . Rahimzadeh M, Mehraban A and Sabet AM (2007) The effect of micronutrients on antioxidant enzymes metabolism in sunflower (*Helianthus annuus* L.) under drought stress. Hellia. 30: 167-174.

33 . Ranjan R, Bohra SP and Jeet AM (2001) Book of plant senescence. Jodhpur Agrobios. New York. Pp. 18-42.

Archive of SID

www.SID.ir

34 . Sajedi A, Ardakani MR, Naderi A, Madani H and Mashhadi Akbar Boojar M (2009) Response of maize to nutrients foliar application under water deficit stress conditions. American Journal of Agriculture and Biology Science. 4: 242-248.

35 . Sepehri A and Golparvar AH (2011) The Effect of drought stress on water relations, chlorophyll content and leaf area in canola cultivars (*Brassica napus* L.). Electronic Journal of Biology. 7: 49-53.

36 . Seppanen M, Turakianen M and Hartikainen H (2003) The effect of selenium on photoxidative stress tolerance in potato. Plant Science. 165: 311-319.

37 . Shao HB, Liang ZS, Shao MA and Sun Q (2005) Dynamic changes of antioxidative enzymes of 10 wheat genotypes at soil water deficits. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces. 42: 187-195.

38 . Shen X, Zhou Y, Duan L, Li Z, Enej AE and Li J (2010) Silicon effects on photosynthesis and antioxidant parameters of soybean seedlings under drought and ultraviolet-B radiation. Plant Physiology. 167: 1248-1252.

39 . Tommasini L, Svensson JT, Rodriguez EM, Wahid A, Malatrasi M, Kato K, Wanamaker S, Resnik J and Close TJ (2008) Dehydrin gene expression provides an indicator of low temperature and drought stress: transcriptome-based analysis of Barley (*Hordeum vulgare* L.). Functional Integrative Genomics. 8: 387-405.

40 . Turakainen M, Hartikainen H and Seppänen MM (2004) Effects of selenium treatments on potato (*Solanum tuberosum* L.) growth and concentrations of soluble sugars and starch. Agricultural and Food Chemistry. 52: 5378-5382.

41 . Xue TL, Hartikainen H and Piironen V (2001) Antioxidative and growth-promoting effects of selenium on senescing lettuce. Plant Soil. 273: 55-61.

42 . Zahedi H, Noor-Mohamadi GH, Shirani Rad AH, Habibi D and Mashhadi Akbar Boojar M (2009) The effects of zeolite and foliar applications of selenium on growth, yield and yield components of three canola cultivars under drought stress. World Applied Sciences. 7: 255-262.

Archive of SID

www.SID.ir

Effect of zeolite application and selenium spraying on water relations traits and antioxidant enzymes in medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) under water deficit stress conditions

M. Naeemi [1*], Gh. Ali Akbari [2], A. H. Shirani Rad [3], T. Hassanloo [4] and Gh. Abbas Akbari [2]

(E-mail: naeemi_701@yahoo.com)

Abstract

In order to evaluation the effect of zeolite application and selenium spraying on water relations traits and antioxidant enzymes in medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) at water deficit stress conditions, an experiment was conducted in factorial based on randomized complete block design with three replications during 2010 in Takestan, Iran. The three levels of irrigation factor include normal irrigation (control), withhold irrigation at the flowering and fruit formation stages, zeolite factors include two levels of non application and use of 10 tons per hectare and selenium was sprayed at two concentration in zero and 30 grams per liter per hectare. Water deficit increased antioxidant enzymes activity, so that the increase in stressed plants at flowering stage was among the most prominent. Selenium spraying increased the anti-oxidative activity. Zeolite application of 10 tons per hectare, reduced stress effects and improved traits as RWC, WSD, soluble protein content, number of seeds, 100 seed weight and oil yield. According to the results, application of zeoilite under drought stress condition retain the moisture during stress and can be useful in improving plant growth and production.

Keywords: Drought stress, Enzyme activity, Oil yield, Relative water content, Zeolite

1 - Ph.D. Student of Agronomy, Department of Agronomy and Plant Breeding Sciences, College of Abouraihan, University of Tehran, Pakdasht - Iran **(Corresponding Author *)**

2 - Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding Sciences, College of Abouraihan, University of Tehran, Pakdasht - Iran

3 - Research Associate Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Karaj - Iran

4 - Assistant Professor, Department of Molecular Physiology, Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran, Karaj - Iran

Archive of SID

www.SID.ir