Archive of SID

مجله پژوهش‌های به زراعی
جلد ۵، شماره ۱، بهار ۱۳۹۲

مجله پژوهش‌های به زراعی

بررسی اثر محلول پاشی سلنیوم بر میزان فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان و مالون دی آلدئید در گیاه دارویی گشنیز (*Corandrum sativum* L.) تحت شرایط تنش خشکی

زهرا بیوک[1*]، حسین حسن پور درویشی[1]، حمید مظفری[1]، داوود حبیبی[2]

۱-گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهر قدس، تهران، ایران
۲- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، البرز، ایران

تاریخ دریافت : ۹۱/۱۲/۹ تاریخ پذیرش : ۹۲/۴/۱۳

چکیده

به منظور بررسی تأثیر محلول پاشی سلنیوم بر میزان فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، گلوتاتیون پراکسیداز و بیومارکر تخریب چربی مالون دی آلدئید در گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum* L.)، آزمایشی در سال زراعی۹۲-۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر قدس اجرا گردید. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل های آزمایش شامل تنش خشکی در چهار سطح شامل ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی (شاهد)، ۴۰ ،۶۰ و۸۰ درصد ظرفیت زراعی و عامل دوم، سطوح مختلف سلنیوم از منبع سلنات سدیم در چهار سطح (صفر، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ میلی گرم بر لیتر به صورت محلول پاشی) اعمال شد. نتایج آزمایش نشان داد با افزایش تنش خشکی میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت و مالون دی آلدئید افزایش یافت. طبق نتایج بیشترین میزان فعالیت آنزیم های سوپر اکسید دیسموتاز، کاتالاز، گلوتاتیون پراکسیداز و بیومارکر مالون دی آلدئید در تیمار ۴۰ درصد آبیاری بر اساس ظرفیت زراعی و ۲۵ میلی گرم بر لیتر سلنیوم و کمترین آن در آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و عدم استفاده از سلنیوم مشاهده شد.

واژه های کلیدی: گشنیز، تنش خشکی، سلنیوم، آنزیم های اکسیدان، مالون دی آلدئید

* نگارنده مسئول (zahrabuick@yahoo.com)

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

گیاه دارویی گشنیز با نام انگلیسی Coriander و نام علمی *Coriandrum sativum* L. گیاهی است یکساله از خانواده چتریان (Apiaceae) و علفی که از اسانس، دانه و برگ آن استفاده های مختلفی در صنایع غذایی و دارویی به عمل می‌آید.

میوه گشنیز دارای اثر درمانی مشابه رازیانه و زیره سیاه است و مانند آنها خاصیت نیرو دهنده، باد شکن، مدر، هضم کننده غذا، ضد تشنج، ضد صرع و ضد کرم دارد. به عنوان مقوی معده، به منظور معطر ساختن بعضی از اغذیه و شیرینی جات در خانواده ها معمول است. مصرف آن را در بیماری های عفونی مختلف مانند تب تیفوئید توصیه نموده است. به علت خاصیت ضد باکتری برای مسمومیت بر اثر پیدایش تخمیر های عفونی در روده پیش می‌آید، مفید است. گیاه دارویی گشنیز به دلیل داشتن ماده مؤثره اسانس (و ترکیب اصلی لینالول)، دارای اهمیت بسزایی در صنایع داروسازی، غذایی، آرایشی و بهداشتی نیز می باشد (ولدآبادی و همکاران، ۱۳۸۸).

بطور کلی حدود یک سوم از مجموع ۱۴۹ میلیون کیلومتر مربع از سطح قاره ها را مناطق خشک و نیمه خشک تشکیل می دهند، خاک های مناطق خشک از لحاظ حاصلخیزی و میزان مواد آلی در سطح نامطلوبی قرار دارند و ظرفیت نگهداری در آنها پایین بوده و در برابر فرسایش آبی و بادی بسیار آسیب پذیر هستند (هاشمی نیا، ۱۳۷۸).

خشکی در ایران پدیده ای اجتناب ناپذیر است که همه ساله می باشد، که از طرق متفاوتی تولید موفقیت آمیز محصولات کشاورزی را با مخاطره روبرو می سازد. رشد گیاهی توسط چند عامل مهم کنترل می شود که در این میان آب نقش حیاتی دارد. بسته به مرحله فیزیولوژیکی که گیاه در آن به سر می برد و شدت تنش، کم آبی اثرات مختلفی برگیاه می گذارد. واکنش گیاهان به کمبود آب و تنش خشکی بخش وسیعی از فعالیتهای تحقیقاتی را به خود اختصاص داده است و تمامی این مطالعات، خشکی را مهمترین عامل محدود کنندۀ محیطی برای محصولات کشاورزی دانسته اند (رضاپور و همکاران، ۱۳۹۰). تأثیر تنش های خشکی بر محصولات زراعی در ایران به طور مفصل مورد بررسی قرار گرفته است ولی، متأسفانه در مورد گیاهان دارویی که حتی ممکن است، تأثیر مثبتی نیز بر خواص دارویی آنها نیز داشته باشند، تحقیق های جامع و مفصل کمتر صورت گرفته است. همچنین با توجه به اینکه هر چه مقدار مواد مؤثره یک گیاه دارویی بیشتر باشد، استحصال آن در صنایع داروسازی مقرون به صرفه می باشد، شناخت عوامل مؤثر بر کمیت و کیفیت مواد مؤثره گیاهان دارویی مورد توجه محققین قرار گرفته است (امید بیگی و همکاران، ۱۳۸۹).

افزایش عملکرد بذر و مواد مؤثر گیاه گشنیز مانند سایر گیاهان دارویی متأثر از عوامل مختلف است که در این میان آب نقش حیاتی دارد. واکنش گیاهان به کمبود آب و تنش خشکی بخش وسیعی از فعالیتهای تحقیقاتی را به خود اختصاص داده است وتمامی این مطالعات، خشکی را مهمترین عامل محدود کنندۀ محیطی برای محصولات کشاورزی معرفی کرده‌اند (رضاپور و همکاران، ۱۳۹۰). لذا اتخاذ روش‌هایی چون بهره برداری صحیح از آب به همراه استفاده از شیوه‌های صحیح زراعی در مقابله با تنش مثمره ثمر و مفید واقع خواهند شد.

غنی سازی زراعی محصولات با استفاده از کودهای حاوی سلنیوم یک استراتژی مناسب برای افزایش تحمل به خشکی در گیاهان است. سلنیوم اثر آنتی اکسیدانتی دارد و باعث می‌شود، ظرفیت آنتی اکسیدانتی گیاه و تحمل گیاه افزایش پیدا کند (Qiang-yun, 2008). در شرایط تنش خشکی، سلنیوم دارای نقش مهمی از طریق فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت و کاهش خسارت سلولی تحت تنش خشکی می باشد. در مطالعات بسیاری

www.SID.ir

Archive of SID

رابطه مستقیمی بین ماده خشک و کاربرد سلنیوم دیده شد، کاربرد سلنیوم مقاومت به تنش خشکی را افزایش می‌دهد (ایلکایی و همکاران، ۱۳۸۹). پازکی و همکاران (۱۳۸۶) آزمایشی انجام دادند که در آن آبیاری در دو سطح شامل آبیاری طبیعی و تنش کم آبی به عنوان عامل اصلی و ارقام کلزا در سه سطح شاملOpera، Okapi و Zarfam و محلول پاشی سلنیوم در سه سطح شامل عدم مصرف سلنیوم، مصرف ۱۶ گرم در هکتار و مصرف ۲۱ گرم در هکتار در مرحله گلدهی گیاه به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. رقم Zarfam با ۲۰۱۰ واحد بین المللی بر میلی گرم پروتئین و Opera با ۱۴۵۴ واحد بین المللی بر میلی گرم پروتئین بیشترین و کمترین میزان سوپر اکسید دیسموتاز را تولید کردند. اثر متقابل آبیاری در ارقام نشان داد که آبیاری طبیعی در Opera با ۱۱۱۵ واحد بین المللی پروتئین و تنش خشکی در رقم Zarfam با ۲۷۸۴ واحد بین المللی پروتئین کمترین و بیشترین میزان سوپر اکسید دیسموتاز را داشتند. اثر متقابل آبیاری، ارقام و سلنیوم بر روی سوپر اکسید دیسموتاز نشان داد که شرایط تنش خشکی و ۲۱ گرم در هکتار سلنیوم در رقم Zarfam با ۳۱۴۶ واحد بین المللی پروتئین باعث بیشترین میزان فعالیت سوپراکسید دیسموتاز شد. محمد ورزی (۱۳۸۵) آزمایشی را به منظور مطالعه اثر سلنیوم بر ارتقای مقاومت به خشکی در دو رقم مختلف گندم (آذر۲ و پیشتاز) انجام داد. تیمار سلنیوم به صورت ماده سلنات سدیم با غلظت (صفر، ۲۰ و ۲۵ میلی گرم در لیتر) به صورت محلول پاشی استفاده شد. نتایج نشان داد که سطح فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانت کاتالاز، گلوتاتیون پراکسیداز و سوپر اکسید دیسموتاز در شرایط تنش خشکی به شدت افزایش یافت و در شرایطی که محلول پاشی سلنیوم انجام گردید، میزان این آنزیم ها کاهش یافت. ساجدی و همکاران (۱۳۸۴) آزمایشی به منظور بررسی اثر ریز مغذی ها و سلنیوم بر روی سوپر اکسید دیسموتاز و مالون دی آلدئید بر عملکرد ذرت تحت تنش خشکی انجام دادند. تنش خشکی در مرحله ی رویشی، تشکیل دانه و کاکل و مرحله ی پیش از رسیدن دانه و خمیری شدن عامل اصلی، سلنیوم (استفاده و عدم استفاده) و عناصر ریز مغذی (استفاده و عدم استفاده) به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که فعالیت سوپر اکسید دیسموتاز و محتوی مالون دی آلدئید تحت تنش خشکی افزایش ولی عملکرد دانه کاهش یافت. محلول پاشی سلنیوم، فعالیت سوپر اکسید دیسموتاز را افزایش داد و همچنین محتوی مالون آلدئید را در برگ ها در مراحل رشد و خمیری شدن و عملکرد را نسبت به شرایط بدون استفاده از عناصر ریز مغذی تحت تنش خشکی افزایش داد.

Germ *et al* (2005) آزمایشی را به منظور بررسی اثر تنش خشکی و سلنیوم بر روی سیب زمینی انجام دادند. تیمارهای این آزمایش آبیاری کامل با مصرف و عدم محلول پاشی سلنیوم و تنش خشکی با مصرف و عدم محلول‌پاشی سلنیوم بود. نتایج این آزمایش نشان داد که پتانسیل تعرق و فتوسنتز خالص در شرایط تنش خشکی کاهش یافت و سلنیوم موجب افزایش پتانسیل تعرق و فتوسنتز خالص شد. میزان عملکرد کوانتومی PSII نیز در شرایط کاربرد سلنیوم افزایش یافت. Qiong-yun *et al* (2008) آزمایشی به منظور بررسی اثر سلنیوم بر رشد و توسعه تخمدان ذرت در مرحله ی گرده افشانی و در شرایط کم آبیاری انجام دادند. تنش خشکی به دلیل کاهش پتانسیل آب، باعث کاهش فتوسنتز گردید و اعلام نمودند که سلنیوم سیستم دفاعی و میزان آنتی اکسیدانت ها را بالا می برد و میزان تجمع نشاسته و قندها را افزایش می دهد. هدف از انجام این آزمایش استفاده از روش‌های غنی ازی زیستی سلنیوم در گیاه دارویی گشنیز به منظور تعیین نقش این عنصر و رابطه استفاده از غلظت‌های مختلف آن در تحمل به خشکی گیاه گشنیز است.

www.SID.ir

Archive of SID

مواد و روش‌ها

زمان، موقعیت و محل اجرای آزمایش

به منظور بررسی اثر محلول پاشی سلنیوم بر افزایش تحمل به خشکی در گیاه دارویی گشنیز، این آزمایش در سال زراعی ۹۲-۹۱ در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر قدس (واقع در کیلومتر ۲۰ جاده مخصوص کرج) انجام شد. مساحت زمین زراعی حدود ۱/۵ هکتار است. اقلیم منطقه خشک و نیمه خشک با میانگین بارندگی سالانه ۱۲۰ میلی متر می‌باشد. طول جغرافیایی محل اجرای آزمایش ۵۱/۷ درجه و۳ دقیقه شمالی، عرض جغرافیایی آن ۳۵/۴۳ درجه و۴۰ دقیقه شرقی و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۲۲۶ متر می باشد. بذر گشنیز از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر سازمان تحقیقات کشاورزی تهیه شد.

مشخصات خاک

قبل از کاشت، اقدام به نمونه گیری از خاک هر کرت شد. در این مرحله نمونه گیری از خاک به صورت دستی و توسط مته اوگر صورت پذیرفت. نمونه ها به آزمایشگاه مکانیک خاک منتقل شدند و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تعیین گردید. همچنین خصوصیات آب آبیاری در آزمایشگاه تجزیه آب تعیین گردید که نتایج در جداول (۱ و ۲) ارائه گردید.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- مشخصات خاک مورد استفاده

B ppm	Mn ppm	Cu ppm	Zn ppm	Fe ppm	Texture	sand %	silt %	Clay %	K ppm	P ppm	NTotal	OC %	TNV %	pH	EC ds/m
بر	منگنز	مس	روی	آهن	بافت خاک	ماسه	سیلت	رس	پتاسیم	فسفر	ازت	کربن آلی	آهک	اسیدیته	شوری
۱/۳۴	۶/۹	۰/۷۴	۲/۲۵	۶/۹	لوم	۴۵	۳۴	۲۱	۲۷۵	۱۲/۵	۰/۱۱	-	۱۰/۸	۷/۲۲	۱/۱۸

جدول شماره ۲- خصوصیات آب مورد استفاده

TDS	SAR	Na mg/l	Mg mg/l	ca mg/l	SO_4 mg/l	Cl mg/l	HCO_3 mg/l	CO_3 mg/l	pH	EC ds/m
باقیمانده ی خشک	نسبت جذب سدیم	سدیم	منیزیم	کلسیم	سولفات	کلر	بی کربنات	کربنات	اسیدیته	شوری
۳۷۸	۴/۶	۱۱	۴/۸۶	۵/۱۵	۴/۳۸	۱/۴۴	۳/۳۵	۰	۶/۹۶	۰/۶

www.SID.ir

Archive of SID

مشخصات طرح آزمایشی

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. آبیاری با تیمارهای مختلف و محلول پاشی از مرحله ی ساقه دهی به آغاز گردید. عامل A شامل تیمار تنش خشکی در چهار سطح شامل ۱۰۰درصد ظرفیت زراعی (شاهد) (a_1)، ۸۰ درصد ظرفیت زراعی (a_2)، ۶۰ درصد ظرفیت زراعی (a_3) و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی(a_4) و عامل B شامل سطوح مختلف سلنیوم به صورت ماده سلنات سدیم ($O_4Se\ Na_2$) با چهار غلظت (۰ = b_1)، ($b_2 = 20$)، ($b_3 = 25$) و ($b_4 = 30$) میلی گرم بر لیتر به صورت محلول پاشی بود.

تجزیه واریانس داده ها با استفاده از نرم افزارSPSS و SAS در دو سطح یک درصد و مقایسه میانگین داده ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح پنج درصد انجام شد.

عملیات زراعی

آماده سازی زمین، کاشت و داشت

در این آزمایش از ۴۸ عدد لایسیمتر استوانه ای شکل به ارتفاع ۱۰۰ سانتی متر و قطر۶۰ سانتی متر استفاده شد. در هر یک از لایسیمترها از یک لوله مشبک به عنوان زه‌کش برای خروج زه آبها استفاده می‌شود. قطر لوله‌هایی که به عنوان زه‌کش عمل می‌کنند ۵ سانتی‌متر بود. سپس لایسیمترها در مزرعه بر روی سکوهایی فلزی به ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر و به فاصله ۲ متری از هم نصب گردیدند و پایه‌ها توسط بتن در زمین مزرعه محکم شدند. فاصله‌ی لایسیمترها از هم ۲ متر در نظر گرفته شد. این فاصله به خاطر این در نظر گرفته شده است تا بتوان بین لایسیمترها به راحتی حرکت نمود و عملیات آبیاری و کشت و کار را انجام داد. پس از نصب پایه‌های لایسیمتر، مخزن‌ها بر روی پایه‌ها قرار داده شدند و درون آنها از خاک تا ارتفاع ۸۵ سانتی متر پر شدند، سپس لایسیمترها از آب پُرگردید تا مسأله نشست خاک خِللی در آزمایش ایجاد نکند، پس از پر شدن خاک لایسیمترها، آبیاری انجام شد تا خاک به حالت FC برسد و رطوبت اولیه را جهت کاشت بذور داشته باشد. در این مرحله به مدت ده روز صبر کرده تا مسأله نشست خاک روند آزمایش را با خطا مواجه نسازد. برای جلوگیری از سله بستن سطح خاک لایسیمترها، از ماسه استفاده شد که بر روی لایسیمترها بطور یکنواخت و به ضخامت یک سانتی متر توزیع گردید. نحوه کاشت بذرها نیز بدین شرح بود که پس از رسیدن خاک به ظرفیت زراعی، در تاریخ ۳۰ اردیبهشت۹۱ در هر لایسیمتر ۱۰ بذر کاشته شد و پس از رشد گیاهان و تنک کردن آنها در مرحله ی دو تا چهار برگی، پنج گیاه در هر لایسیمتر باقی ماند و اعمال تیمارها بر روی این گیاهان انجام شد.

نیاز آبی در این آزمایش بر اساس روش بلانی کریدل ETP =P (0.46 T + 8.1) محاسبه شد که ETP تبخیر و تعرق پتانسیل به میلی متر در روز یا در ماه مورد نظر، P ضریب روشنایی یا درصد متوسط ساعات روشنایی روزانه در ماه مورد نظر و T درجه حرارت متوسط ماهانه به سانتی گراد می باشد.

ETP=P (0.46T+8/1)=0.16 (0.46 ×37+8.1)= 4.0192

از مرحله ساقه دهی به بعد تنش خشکی آغاز شد و در سه نوبت و در سه تاریخ ۲۴،۱۷ و۳۱ تیر ماه سال ۹۱ محلول پاشی سلنات سدیم با استفاده از دستگاه اسپری کننده با مقادیر صفر، ۲۵،۲۰ و۳۰ میلی گرم بر لیتر انجام شد.

برداشت

گیاهان در تاریخ ۱۸ مرداد سال ۹۱ برداشت شدند و از هر لایسیمتر به طور تصادفی سه گیاه برای نمونه برداری برداشت شدند. پس از اندازه گیری صفات مورفولوژیکی برای اندازه گیری صفات فیزیولوژیکی سریعاً به آزمایشگاه فرستاده شدند.

www.SID.ir

Archive of SID

اندازه گیری صفات مورد بررسی

مالون دی آلدئید (MDA)

مالون دی آلدئید به روش Packer & Heat (1969) انجام شد. بر طبق این روش ۰/۲ گرم از بافت تازه برگی توزین شد و در هاون چینی حاوی پنج میلی لیتر تری کلرو استیک اسید (TCA) ۰/۱ درصد، ساییده شد و عصاره حاصل با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ به مدت پنج دقیقه در ۵۰۰۰ دور سانتریفیوژ گردید. به یک میلی لیتر از محلول رویی، چهار میلی لیتر محلول تری کلرو استیک اسید ۲۰ درصد که حاوی ۰/۵ درصد تیو باربیتوریک اسید بود، افزوده شد. مخلوط حاصل به مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۹۵ درجه سانتی گراد قرار داده شد. سپس بلافاصله در یخ خرد شده سرد گردید. دوباره مخلوط سرد شده به مدت ده دقیقه در ۵۰۰۰ دور سانتریفیوژ گردید. سپس شدت جذب نور در طول موج ۵۲۳ نانومتر خوانده شد. میزان فعالیت آنزیم برحسب یک واحد در دقیقه به ازای میلی گرم پروتئین محاسبه گردید. یک واحد فعالیت آنزیمی مقداریNBT ازآنزیم است که موجب ۵۰ درصد ممانعت احیا در ۵۶۰ نانومتر می شود.

اندازه گیری سوپر اکسید دیسموتاز (SOD)

فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز براساس روش Giannopolitis *et al* (1977) اندازه گیری شد. بر اساس این روش سه میلی لیتر مخلوط واکنش حاوی بافر فسفات پتاسیم ۵۰ میلی مولار (pH=7/8)، متیونین ۱۳ میلی مولار، نیتر و بلوتترازولیوم ۷۵، ریبوفلاوین۲۰ میکرومولار، EDTA ۰/۱ میکرومولار و۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی بود. واکنش با برداشتن فویل آلومینیومی و قراردادن نمونه ها در مقابل (5000 LUX) شروع شد. پس از ۱۵دقیقه نور قطع شد و بلافاصله جذب نمونه ها در۵۶۰ نانومترخوانده شد.

اندازه گیری کاتالاز (CAT)

برای تهیه عصاره پروتئینی جهت اندازه گیری آنزیم ها بسته به نوع نمونه یک گرم بافت تر اندام هوایی یا نیم گرم اندام تر ریشه (منجمد شده) در یک هاون چینی محتوی پنج میلی لیتر بافر تریس (۰/۰۵مولار pH= 7/5) به مدت ۳۰ دقیقه و در حمام یخ کاملاً ساییده شد. سپس به لوله سانتریفوژ منتقل شد و پس از ده دقیقه سکون به مدت ۳۰ دقیقه در ۱۵۰۰۰ دور، سانتریفوژ نمونه ها انجام شد. در پایان مرحله سانتریفوژ لوله ها به آرامی از دستگاه خارج و مرحله رویی از چند لایه پارچه عبور داده شد و در چند ویال کوچک توزیع گردیده و عصاره های پروتئینی حاصل برای بررسی فعالیت کاتالاز مورد استفاده قرارگرفتند. اندازه گیری آنزیم کاتالاز پس از آماده سازی عصاره پروتئینی به منظور سنجش سینتیکی آنزیم کاتالاز معرف زیر استفاده شد. سپس از بافرتریس (pH=7/50) و ۲/۵ میلی لیترآب اکسیژنه ۰/۰۱٪، ۳ / ۰ میلی لیتر مخلوط را در حمام یخ تهیه کرده و بلافاصله ۶۰ میکرو لیتر عصاره آنزیمی به آن افزوده شد. منحنی تغییرات در ۲۴۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد. فعالیت آنزیمی بر حسب واحد تغییرات جذب در دقیقه به ازای هر گرم وزن تر برگ محاسبه شد. اندازه گیری کاتالاز به روش Aebi (1984) انجام پذیرفت.

اندازه گیری گلوتاتیون پراکسیداز (GPX)

فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز بر اساس روش Polleet *et al* (1994) اندازه گیری شد. در این روش سه میلی لیتر مخلوط واکنش حاوی بافر فسفات پتاسیم ۱۰۰ میلی مولار (pH=7)، گایاکول ۲۰ میلی مولار، H2O2 ده میلی مولار و ۵۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی بود. افزایش جذب به دلیل اکسیداسیون

www.SID.ir

Archive of SID

گایاکول در طول موج ۴۷۰ نانومتر به مدت سه دقیقه اندازه گیری شد، در نهایت فعالیت آنزیم پراکسیداز با استفاده از ضریب خاموشی معادل۲۶/۶ $cm^{-1}mM^{-1}$ محاسبه و بر حسب یک واحد (میکرومول تتراگایاکول تولید شده در دقیقه به ازای میلی گرم پروتئین) بیان گردید.

نتایج و بحث

آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثرات ساده آبیاری و سلنیوم و اثر متقابل آبیاری و سلنیوم در سطح یک درصد بر آنزیم سوپراکسید دیسموتاز معنی دار شد. نتایج حاصل از جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴) در سطح پنج درصد آزمون دانکن در رابطه با تأثیر تیمارهای آبیاری بر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز نشان داد که بیشترین میزان فعالیت این آنزیم از تیمار آبیاری ۴۰ درصد ظرفیت زراعی به میزان ۱۰/۹۹ میکرومول بر گرم وزن تر برگ و کمترین آن از تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد به میزان ۶/۹۹ میکرومول بر گرم وزن تر برگ به دست آمد. همچنین بررسی اثر ساده محلول پاشی سلنیوم بر میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز نشان داد که بیشترین میزان فعالیت سوپراکسید دیسموتاز از تیمار ۳۰ میلی گرم سلنیوم بر لیتر به میزان ۱۰/۳۰ میکرومول بر گرم وزن تر برگ و کمترین آن مربوط به تیمار عدم مصرف سلنیوم با میزان ۷/۶۱ میکرومول بر گرم وزن تر برگ مشاهده شد. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و سلنیوم با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد نشان داد، با افزایش سطوح تنش خشکی و سلنیوم میزان فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز افزایش یافت (جدول۴). کاهش آبیاری و افزایش سطوح تنش خشکی باعث افزایش معنی دار میزان فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز شد. بیشترین میزان فعالیت این آنزیم مربوط به ۴۰ درصد ظرفیت زراعی آبیاری و ۲۵ میلی گرم بر لیتر سلنیوم با میزان ۱۶ میکرومول بر گرم وزن تر و کمترین آن مربوط به ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی آبیاری و عدم استفاده از سلنیوم با میزان ۴ میکرومول بر گرم وزن تر برگ بود. بر اساس نتایج، افزایش میزان تنش خشکی باعث افزایش فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز می‌شود که آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز به عنوان آنتی اکسیدانت نقش مهمی در تبدیل رادیکال های آزاد اکسیژن به پراکسید هیدروژن بر عهده دارد و به این دلیل میزان فعالیت آنزیم به همراه بروز تنش در گیاه افزایش می یابد (ایلکایی و همکاران، ۱۳۸۹). Ben ahmad *et al* (2009) در مطالعه تأثیرآبیاری با آب شور بر سیستم دفاعی آنتی اکسیدانی در گیاه، گزارش نمود که آبیاری با آب شور باعث افزایش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز گردید. سوپراکسید دیسموتاز تجزیه آنیون سوپراکسید را کاتالیز کرده و رادیکال های سوپراکسید را به پراکسید هیدروژن تبدیل می کند و نخستین دیواره دفاعی را علیه سمیت اکسیژن مهیا می نماید. شواهدی مبنی بر این که غلظت‌های پایین سلنیوم تأثیر مثبتی بر رشد و تحمل به تنش‌های محیطی درگیاهان زراعی دارند، موجود می‌باشد. مشخص شده است که سلنیوم دارای اثر آنتی اکسیدانتی بوده و می‌تواند ظرفیت آنتی اکسیداتیو و تحمل به تنش در گیاهان را افزایش دهد.

آنزیم کاتالاز

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثرات ساده آبیاری و سلنیوم و اثر متقابل آبیاری و سلنیوم در سطح یک درصد بر آنزیم کاتالاز معنی دار شد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین ها (جدول ۴) با آزمون دانکن در سطح پنج درصد، در رابطه تأثیر تیمار آبیاری بر فعالیت آنزیم کاتالاز، نشان داد که بیشترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز از

www.SID.ir

Archive of SID

تیمار آبیاری ۴۰ درصد ظرفیت زراعی به میزان ۱۷/۶۹ تغیرات جذب به میلی گرم پروتئین در دقیقه و کمترین آن از تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی به میزان ۱۲/۷۶ تغیرات جذب به میلی گرم پروتئین در دقیقه به دست آمد. همچنین اثر ساده محلول پاشی سلنیوم بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز نشان داد که بیشترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز از تیمار ۳۰ میلی گرم بر لیتر سلنیوم به میانگین ۱۶/۵۰ و کمترین آن مربوط به تیمار عدم مصرف سلنیوم با میانگین ۱۲/۱۴ تغیرات جذب به میلی گرم پروتئین بود (جدول۴). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و سلنیوم بر فعالیت آنزیم کاتالاز، نشان داد که بیشترین میزان فعالیت این آنزیم در تیمار۴۰ درصد آبیاری بر اساس ظرفیت زراعی و محلول پاشی ۲۵ میلی گرم بر لیتر سلنیوم با میزان ۲۵ تغیرات جذب به میلی گرم پروتئین و کمترین میزان در آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و عدم مصرف سلنیوم با میزان ۸ تغیرات جذب به میلی گرم پروتئین مشاهده گردید (جدول ۴). با افزایش تنش خشکی فعالیت آنزیم کاتالاز بیشتر شد و در تمامی سطوح تنش غلظت های سلنیوم ۲۰ و ۲۵ میلی گرم بر لیتر باعث افزایش فعالیت آنزیم شد ولی۳۰ میلی گرم بر لیتر موجب کاهش آن شد و فقط در سطح شاهد موجب افزایش فعالیت آنزیم شد.

بر اساس نتایج به دست آمده، افزایش تنش خشکی باعث افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز مانند سایر آنزیم های آنتی اکسیدانت گردید و سلنیوم باعث افزایش فعالیت آنزیم‌ها برای دفاع گیاه در شرایط تنش خشکی شد، به عبارت دیگر گیاه به منظور تجزیه پراکسید هیدروژن و افزایش تحمل گیاه در مقابل رادیکال‌های فعال اکسیژن، بایستی غلظت این آنزیم را در شرایط تنش افزایش می‌داد. آنزیم کاتالاز به عنوان یک آنزیم محافظتی در سیستم دفاع آنتی اکسیدانت باعث تجزیه پر اکسید هیدروژن می‌شود (ایلکایی و همکاران ،۱۳۸۹). گیاهان برای کاهش دادن اثرات مخرب گونه‌ها یا اکسیژن فعالساز وکارهای متفاوتی دارند که از جمله آنها می‌توان به سیستم دفاع آنزیم‌های آنتی اکسیدان اشاره کرد. کاتالاز، پراکسیداز وآسکوربات پراکسیداز از مهمترین آنزیمهای زداینده پراکسید هیدروژن به شمارمیآیند و محلولپاشی سلنیوم موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز، کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز گردید. همچنین محلولپاشی سلنیوم از طریق افزایش میزان فعالیت آنزیمی آنتی اکسیدان وکاهش محتوای رادیکال‌های آزاد در سلول، موجب کاهش خسارات ناشی از تنش اکساینده به سلول‌های گیاه شد (نعیمی و همکاران،۱۳۹۱).

آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز

نتایج حاصل از تجزیه واریانس(جدول۳) نشان داد که اثرات ساده آبیاری و سلنیوم و اثر متقابل آبیاری و سلنیوم در سطح یک درصد بر آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز معنی دار شد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین ها (جدول ۴) با آزمون دانکن در سطح پنج درصد، در رابطه تأثیر تیمار آبیاری بر فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز نشان داد که بیشترین میزان فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز، از تیمار آبیاری ۴۰ درصد ظرفیت زراعی به میزان ۱۱/۱۴ تغییرات جذب به میلی گرم پروتئین در دقیقه و کمترین آن از تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی به میزان ۵/۸۰ تغییرات جذب به میلی گرم پروتئین در دقیقه مشاهده شد. همچنین نتایج مقایسه میانگین اثر ساده محلول پاشی سلنیوم بر میزان فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز با آزمون دانکن در سطح پنج درصد (جدول ۴) نشان داد که بیشترین میزان فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز، از تیمار ۳۰ میلی گرم بر لیتر سلنیوم به میزان ۹/۱۷ تغییرات جذب به میلی گرم پروتئین در دقیقه و کمترین آن مربوط به تیمار عدم استفاده از سلنیوم با میزان

www.SID.ir

Archive of SID

۶/۶۷ تغییرات جذب به میلی گرم پروتئین در دقیقه به دست آمد. نتایج نشان داد که با افزایش سطوح تنش خشکی و سلنیوم میزان فعالیت این آنزیم افزایش یافت. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و سلنیوم با آزمون دانکن در سطح پنج درصد (جدول ۴) نشان داد که بیشترین میزان فعالیت گلوتاتیون پراکسیداز از ۴۰ درصد آبیاری بر اساس ظرفیت زراعی و ۲۵ میلی گرم بر لیتر سلنیوم با میانگین ۱۴ تغییرات جذب به میلی گرم پروتئین در دقیقه و کمترین آن در آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و عدم استفاده از سلنیوم با میانگین ۲/۱۶ تغییرات جذب به میلی گرم پروتئین در دقیقه به دست آمد.

بیومارکر مالون دی آلدئید

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول۳) نشان داد که اثرات اصلی آبیاری و سلنیوم و اثرات متقابل آبیاری و سلنیوم در سطح یک درصد بر بیومارکر مالون دی آلدئید معنی دار شد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها (جدول۴) با آزمون دانکن در سطح پنج درصد در رابطه تأثیر تیمار آبیاری بر میزان بیومارکر مالون دی آلدئید نشان داد که بیشترین میزان مالون دی آلدئید از تیمار آبیاری ۴۰ درصد ظرفیت زراعی به میزان ۲/۸۶ نانو مول بر سانتی متر و کمترین آن از تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی به میزان ۱/۵۱ نانو مول بر سانتی متر به دست آمد. همچنین اثر ساده محلول پاشی سلنیوم بر میزان بیومارکر مالون دی آلدئید نشان داد که بیشترین میزان مالون دی آلدئید از تیمار ۳۰ میلی گرم سلنیوم بر لیتر به میانگین ۲/۷۹ نانو مول بر سانتی متر و کمترین آن از تیمار عدم محلول پاشی سلنیوم با میانگین ۱/۵۹ نانو مول بر سانتی متر به دست آمد (جدول۴). در واقع با افزایش تنش خشکی و سطوح سلنیوم مالون دی آلدئید نیز افزایش یافت. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و سلنیوم نشان داد که در تیمار۴۰ درصد ظرفیت زراعی آبیاری، بیشترین میزان مالون دی آلدئید مربوط به تیمار ۳۰ میلی گرم بر لیتر سلنیوم با میزان ۳/۴۶ نانو مول بر سانتی متر و کمترین آن مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی آبیاری و عدم استفاده از سلنیوم با میزان ۱/۱۸ نانو مول بر سانتی متر بود (جدول۴). بر اساس نتایج به دست آمده تنش خشکی و محلول پاشی سلنیوم باعث افزایش مالون دی آلدئید شد. بر روی گندم، خردل، جو و سویا نیز مالون دی آلدئید با افزایش تنش خشکی افزایش یافت (داوودی فرد و همکاران،۱۳۹۱). این گونه به نظر می رسد که افزایش سطح فعالیت مالون دی آلدئید در تیمار تنش آب و تحت تاثیر سلنیوم بدلیل نقش دفاعی و حفاظتی این بیومارکر در برابر تنش های اکسایشی است.

بعلاوه این افزایش سطح فعالیت مانع از آسیب رساندن اکسیژن به سلول تحت شرایط خشکی می‌گردد. وجود یک عنصر واسطه مانند سلنیوم می‌تواند واکنش به تنش کمبود آب را تحریک کند، پس می‌توان به این نتیجه دستیافت که بیومارکرها در جلوگیری از تخریب و از بین رفتن سلول در برابر تنش کمبود آب نقش دارند، بطوری که بیومارکرها بعنوان یک منبع واکنش به گونه های اکسیژن بشمار می روند و افزایش فعالیت مالون دی آلدئید تحت تأثیر سلنیوم عمدتاً به همین عامل مربوط می شود (دادنیا و همکاران، ۱۳۸۷). مالون دی آلدئید به عنوان یکی از محصولات اصلی اکسیداسیون غشا است که تجمع آن نشان دهنده اثرات مخرب رادیکال‌های آزاد اکسیژن است و این بیومارکر با افزایش تنش خشکی افزایش می‌یابد (Cunhua *et al.*, 2011).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۳-تجزیه واریانس تأثیر تنش خشکی و محلول پاشی سلنیوم بر میزان فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان و بیومارکر مالون دی آلدئید

		مجموع میانگین مربعات (M.S)			
منابع تغییرات	درجه آزادی	سوپراکسید دیسموتاز	کاتالاز	گلوتاتیون پراکسیداز	مالون دی آلدئید
تکرار	۲	۰/۱۲ ns	۰/۳۳۲ ns	۰/۱۵ns	۱۱/۳۱**
آبیاری	۳	۲۲/۹۰ **	۶۵/ ۳۴**	۲/۲۵**	۲۴/۱۶**
سلنیوم	۳	۱۴/۰۷**	۷/۳۶**	۵/۸۰**	۲۲/۱۷ **
آبیاری×سلنیوم	۹	۳/۰۷ **	۲۵/۳۱**	۵/۱۷**	۱۲/۵۳**
خطای آزمایش	۳۰	۰/۰۶	۰/۱۴	۰/۱۲	۱۰/۸۱
ضریب تغییرات (درصد)		۳/۹۰۲	۲/۸۶۷	۴/۲۷۶	۳/۸۲۵

ns: غیر معنی دار *و**: به ترتیب معنی دار سطوح ۵ و ۱درصد می باشند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۴- مقایسه میانگین اثرات ساده و متقابل آبیاری و محلول پاشی سلنیوم بر میران فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان و بیومارکر مالون دی آلدئید به روش دانکن در سطح پنج درصد

تیمار		سوپراکسید دیسموتاز(میکرومول/گرم وزن تر برگ)	کاتالاز (تغییرات جذب به میلی گرم پروتئین در دقیقه)	گلوتاتیون پراکسیداز (تغییرات جذب به میلی گرم پروتئین در دقیقه)	مالون دی آلدئید (نانو مول بر سانتی متر)
آبیاری					
۱۰۰ درصد FC		۶/۹۹ d	۱۲/۷۶ d	۵/۸۰ d	۱/۵۱ d
۸۰ درصد FC		۷/۶۱ c	۱۵/۰۴ c	۷/۰۳ c	۲/۳۵ c
۶۰ درصد FC		۳۱/۹ b	۱۵/۵۱ b	۸/۹۳ b	۲/۶۴ b
۴۰ درصد FC		۱۰/۹۹ a	۱۷/۶۹ a	۱۱/۱۴ a	۲/۸۶ a
سلنیوم					
صفر		۷/۶۱ d	۱۲/۱۴ d	۶/۶۷ d	۱/۵۹ d
۲۰ میلی‌گرم		۸/۳۴ c	۱۴/۷۶ c	۸/۰۹ c	۲/۵۳ c
۲۵ میلی‌گرم		۱۰/۰۶ b	۱۵/۰۱ b	۹/۰۰ b	۲/۶۰ b
۳۰ میلی‌گرم		۱۰/۳۰ a	۱۶/۵۰ a	۹/۱۷ a	۲/۷۹ a
آبیاری	**سلنیوم**				
	صفر	۴/۰۰ k	۸/۰۰ i	۲/۱۶ k	۱/۱۸ f
	۲۰ میلی‌گرم	۵/۶۰ j	۱۰/۱۰ k	۴/۱۰ j	۱/۴۳ ef
	۲۵ میلی‌گرم	۶/۲۰ i	۱۰/۹۳ k	۴/۱۸ j	۱/۳۲ e
	۳۰ میلی‌گرم	۱۵/۲۰ b	۲۲/۰۲ b	۱۲/۸۷ b	۲/۱۵ d
	صفر	۷/۳۷ g	۱۱/۸۴ j	۵/۵۹ i	۱/۶۳ e
	۲۰ میلی‌گرم	۷/۶۷ g	۱۶/۰۲ e	۷/۴۰ h	۲/۴۷ cd
	۲۵ میلی‌گرم	۸/۰۰ f	۱۷/۶۲ e	۸/۰۳ g	۲/۷۰ cd
	۳۰ میلی‌گرم	۷/۰۰ h	۱۵/۸۰ f	۷/۱۲ h	۲/۶۰ cd
۶۰ درصد FC	صفر	۹/۳۰ e	۱۳/۷۲ h	۸/۷۰ f	۱/۷۲ e
	۲۰ میلی‌گرم	۹/۹۲ e	۱۶/۰۰ e	۹/۴۵ e	۲/۷۵ cd
	۲۵ میلی‌گرم	۱۰/۴۰ d	۱۷/۰۲ d	۹ ۸۰ e	۲/۸۶ c
	۳۰ میلی‌گرم	۹/۰۰ f	۱۵/۳۳ g	۷/۸۰ g	۲/۸۴ c
۴۰ درصد FC	صفر	۱۰/۲۲ c	۱۵/۰۱ g	۱۰/۲۳ d	۲/۹۵ c
	۲۰ میلی‌گرم	۱۰/۲۰ c	۱۷/۹۲ c	۱۱/۴۴ c	۳/۰۰ b
	۲۵ میلی‌گرم	۱۶/۰۰ a	۲۵/۰۰ a	۱۴/۰۰ a	۳/۳۰ ab
	۳۰ میلی‌گرم	۱۰/۰۰ d	۱۲/۸۵ i	۸/۹۰ f	۳/۴۶ a

در هر ستون میانگین هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، تفاوت معنی داری با هم در سطح ۵ درصد ندارند.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

امید بیگی، ر. و م. محمودی سورستانی. ۱۳۸۹. اثر تنش خشکی بر برخی صفات مورفولوژی،میزان و عملکرد اسانس گیاه گل مکزیکی *Agastache foeniculum*[pursh]kuntze . مجله علوم باغبانی ایران. ۴ (۲): ۱۶۱-۱۵۳.

ایلکایی، م. ن.، د. حبیبی، ف. پاک نژاد، ف. گل زردی، ف. محبتی، م. ا. مشهدی اکبر بوجار، د. فتح طالقانی. ۱۳۸۹. اثرات محلول پاشی سلنیوم بر تحمل به خشکی در ارقام مختلف لوبیا قرمز. زراعت و اصلاح نباتات ایران تابستان. ۵ (۲):۶۱-۷۱.

ایلکایی، م. ن.، د. حبیبی. ف, پاک نژاد، ن. خدا بنده، م. علی اکبر بوجار، ف. صدیقی. ۱۳۸۹. تأثیر کلرو کولین کلراید(ccc) و زمان محلول پاشی بر عملکرد، صفات فیزیولوژیک و فعالیت های آنزیم های آنتی اکسیدانت ذرت (*Zea mays* cv. Sc704). مجله دانش نوین کشاورزی. ۶ (۱۹): ۲۱-۱۰.

پازکی، ع.، ا. شیرانی راد، د. حبیبی، ف. پاک نژاد. ۱۳۸۸. بررسی اثر تنش کم آبی و محلول پاشی سلنیوم بر میزان فعالیت گلوتاتیون پراکسیداز (GPX) در ارقام پاییزه کلزا. همایش ملی بحران آب درکشاورزی و منابع طبیعی، ۱۳۸۸.

پازکی،ع ،. ا.شیرانی راد، د. حبیبی، ف. پاک نژاد، م. نصری. ۱۳۸۷. بررسی اثر تنش کم آبی و محلول پاشی سلنیوم بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام پاییزه کلزا (*Brassica napus* L.) در شهرری. زراعت و اصلاح نباتات ایران بهار ۴ . (۱): ۷۵-۶۱.

پازکی، ع.، ا. شیرانی راد، د. حبیبی، ف. پاک نژاد، س. کبرایی، ن. هدایت. ۱۳۸۶. اثر تنش خشکی و محلول پاشی سلنیوم بر روی فعالیت سوپر اکسید دیسموتاز در ارقام زمستانه ی کلزا. ۱۳۸۶. مجله زارعت و اصلاح نباتات ۵ (۲): ۳۵-۲۳.

پازکی. ع، ح. رضایی. د. حبیبی. ف. پاک نژاد. ۱۳۹۱. اثرتنش خشکی، محلولپاشی آسکوربات و جیبرلین بر روی برخی صفات مورفولوژیکی، محتوی نسبی آب برگ و پایداری غشای سیتوپلاسمی گیاه آویشن، مجله زارعت و اصلاح نباتات. ۸ (۱): ۱۳-۱.

دادنیا. م. ر.، د. حبیبی، م. ر. اردکانی، ق. نور محمدی. ۱۳۸۷. بررسی اثر تنش خشکی و محلول پاشی سلنیوم بر عملکرد و فعالیت برخی از بیومارکرهای بیوشیمیایی در ارقام مختلف آفتابگردان روغنی. مجله زراعت و اصلاح نباتات ایران. ۴ (۲): ۶۶-۵۵.

دارابی، م.، ف. دشتی، م. غلامی، م. ر. مصدقی، س. م. میر فتاح. ۱۳۹۰. اثر تنش خشکی بر عملکرد برخی ویژگی‌های مورفولوژی و فیزیولوژی تره‌ی ایرانی (*Alliums ampeloperasum*). مجله علوم باغبانی ایران ۴۲ (۱): ۱۰۳-۹۵.

داوودی فرد. م.، د. حبیبی، ف. پاک نژاد، ف. فاضلی، و ف. داوودی فرد. ۱۳۹۱. بررسی تأثیر باکتریهای محرک رشد و محلولپاشی اسیدهای آمینه و اسیدسیلیسیک بر روی فعالیت بیومارکرهای بیوشیمیایی تحت شرایط تنش خشکی درگیاه گندم. مجله زارعت و اصلاح نباتات. ۸ (۴): ۸۹-۸۳.

www.SID.ir

Archive of SID

رضا پور، ع.، م. حیدری، م. گلری، م. رمرودی. ۱۳۹۰. تأثیر تنش خشکی بر مقادیر مختلف کود گوگرد بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه و تنظیم کننده‌های اسمزی در گیاه دارویی سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.). فصلنامۀعلمی ـ پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۷ (۳): ۳۸۴-۳۹۶.

ساجدی، ن. ع.، ح. مدنی، ا. نادری.۱۳۸۴. اثر ریزمغذی ها و سلنیوم بر روی آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز،فعالیت مالون دی آلدئید و عملکرد ذرت (*Zea mays* L.) تحت شرایط خشکی. مجله یافته های نوین کشاورزی. ۴ (۳): ۳۷۴-۳۶۲.

نعیمی. م.، غ. ع. اکبری , ا. ح. شیرانی راد، ط. حسنلو، غ. ع. اکبری. ۱۳۹۱. اثر کاربرد زئولیت و محلولپاشی سلنیوم در شرایط تنش کم آبی بر روابط آبی و آنزیم های آنتی اکسیدان در گیاه دارویی کدو پوست کاغذی. مجله به زراعی کشاورزی، ۱۴(۱): ۸۱-۶۷.

ولد آبادی، س. ع. ر.، م. ح. لباسچی، ح. علی آبادی فراهانی. ۱۳۸۸ . تأثیر قارچ میکوریزا آربوسکولار و دورآبیاری بر P2O کود (AMF)، شاخصهای فیزیولوژیک رشد گشنیز (*Coriandrum sativum* L.). فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۵(۳): ۴۲۸-۴۱۴.

ولدآبادی، س. ع.، ا. شیرانی راد، ح. علی آباد فراهانی. ۱۳۸۹. اثرات اکوفیزیولوژی زئولیت و سلنیوم بر روی مقاومت به تنش خشکی در ارقام مختلف گیاه کلزا.

هاشمی نیا، م. ۱۳۷۸. زراعت دیم (راهبردهای نوین برای پایداری). (ترجمه) انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

Aebi, H. 1984 Catalase in vitro. Methods Enzymol. 105: 121-126.

Cunhua, S., S. Joui-jie, W. Dan, B. Wei, and L. Sun Dong. 2011. Effects on physiological and biochemical characteristic of medicinal plant pigweed by drought stress. Journal of Medicinal Plants Research Vol. 5(17). pp. 4041-4048. 9 September, 2011.

Ben Ahmad, C., B. Ben Rouina, S. Sensoy, M. Boukhriss, and F. Ben Abdullah. 2009. Saline Water Irrigation Effects on Antioxidant Defense System and Proline Accumulation in Leaves and Roots of Field-Grown Olive. J. Agric.Food Chem. 57 (24): 11484–11490

Germ, M., I. kreft, V. Stibilj, and O. Urbanc- Bercic. 2007. Combined effects of selenium and drought on photosynthesis and mitochondrial respiration in potato. Plant Physiology and Biochemistry. 45 (2007) 162e167.

Giannopolitis, C. N. and S. K. Ries. 1997. Superoxid dismutase. I. Occurence in higher plants. plant physiol. 59.309-314.

Heat, R. L. and L. Packer. 1969. photoperoxidation in isolated Chlroplast. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation .Archives of Biochemistry and Biophysics. 125:189-198.

Polle, A., T. Otter, and F. Seifert. 1994. Apoplastic peroxidase and lignification in needles of Norway spurce(*picea abies* L.). plant physiol. 106 (1): 53-60.

Qiang-yun,Sh., M. Turakainen, M. Seppänen, and P.Mäkelä. 2008. Effects of Selenium on Maize ovary developement at Pollination Stage Under Water Deficits. Agricultural Sciences in China. 2008. 7(11): 1298-1307.

www.SID.ir