بررسی اثر تنش کمبود آب و محلول پاشی سلنیوم بر فعالیت برخی از آنزیم های آنتی اکسیدانت در ارقام آفتابگردان روغنی

محمدرضا دادنیا*

استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات خوزستان، گروه زراعت، خوزستان، ایران.

* نویسنده مسئول مکاتبات : Rezadadnia@yahoo.com

تاریخ دریافت : ۹۱/۰۲/۰۲ تاریخ پذیرش: ۹۱/۰۴/۱۴

چکیده

به منظور بررسی اثر تنش کمبود آب بر خصوصیات کمی و کیفی ارقام مختلف آفتابگردان روغنی طرحی به صورت کرت های دوبار خرد شده در قالب بلوک های کامل تصادفی با ۴ تکرار اجرا شد. در این آزمایش تیمارهای آبیاری شامل قطع آبیاری در اوایل گلدهی و آبیاری نرمال در کرت اصلی، ارقام مورد نظر به نام های رکورد، آرماویرسکی، چرنیانکا، زاریا و پروگرس در کرت فرعی و تیمار سلنیوم (بدون مصرف سلنیوم و مصرف سلنیوم) از منبع سدیم سلنیت در کرت فرعی فرعی قرار گرفت. در طول دوره رشد صفاتی از قبیل عملکرد دانه، و میزان آنزیم های آنتی اکسیدانت اندازه گیری شد. بررسی نتایج نشان داد اختلاف معنی داری در تیمارهای آبیاری و ارقام و همچنین مصرف سلنیوم در سطح ۱درصد وجود داشت به طوریکه افزایش ۴۷ درصدی در عملکرد دانه در تنش کمبود آب تحت تاثیر سلنیوم مشاهده شد. هم چنین سطح فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانت به شدت تحت تاثیر سلنیوم و تنش کمبود آب قرار گرفت و افزایش نشان داد. به طورکلی در این آزمایش رقم پروگرس مقاوم ترین و رقم زاریا حساس ترین رقم به کمبود آب شناخته شد.

واژه های کلیدی : سلنیوم، آنزیم های آنتی اکسیدانت، آفتابگردان.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-01-30]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1391.4.14.6.8]

مقدمه

تجمع پر اکسید هیدروژن در سطح سلولی زیان آور است. افزایش میزان این ترکیب می تواند بـه واسـطه بـروز تـنش هـای محیطی از جمله کمبود آب و تداوم آن می باشد (Althabegoiti *et al*., 2008). در موجودات زنده پراکسید هیدروژن بـه وسیله کاتالاز وگلوتاتیون پراکسیداز سم زدایی می شود. کاتالاز از سلول ها در برابر پراکسید هیدروژن تولید شده توسـط خـود آنها محافظت می کند. یافته های بیوشیمیایی نشان می دهند که کاتالاز در دو اندامک پراکسی زوم و گلی اکسـی زوم مسـتقر می باشد. کاتالاز نقش مهمی در نابودی عوامل بیماری زا و نیز هم زیستی با انگل میزبان دارد.

Meelu و Gill (۲۰۰۸) و Gonzalez (۲۰۰۷) نشان دادند که در گیاهان روغنی خصوصا آفتـابگردان تحـت تـنش هـای مختلف سطح رادیکال آزاد پر اکسید در بافت ها افزایش می یابد. پس می توان گفت که تنش هـای محیطـی موجـب افـزایش میزان پراکسید هیدروژن، دی اکسیدکربن و یون هیدروکسید در بافت ها می شوند (Siriluck and Sadowsky., 2008).

Blackmer و Rogovska (۲۰۰۹) نشان دادند گلوتاتیون پراکسیداز حاوی سلنیوم دارای پس ماند سلنوسیستئین در هـر چهار واحد فرعی می باشد که برای فعالیت آنزیم ضروری است. گلوتاتیون پراکسیدازکاهش پر اکسید هیدروژن را با استفاده از گلوتـاتیون احیـا شـده کاتـالیز مـی کنـد و از سـلول هـا در برابـر آسـیب هـای ناشـی از اکسـایش محافظـت مـی کنـد (Valladares *et al*., 2008). Varvel و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردنـد یـک رابطـه قـوی بـین گلوتـاتیون و تغییـرات مقاومت به سرما در ذرت وجود دارد. افزایش فعالیت آنزیم گلوتاتیون پر اکسیداز در اثر خشکی و با درجه حرارت توسـط سـایر پژوهشگران گزارش شده است (Wassmann *et al*., 2009). به طورکلی تنش های محیطی تولید سوپر اکسـید را افـزایش می دهند. این تولید می تواند برای انسجام و عملکرد غشاء زیان آور باشد زیرا عکس العمل هـای متفـاوت بـین پـروتئین هـا و لیپیدها ممکن است جایگاه گونه های مولکولی متنوع را در لیپید دو لایه ای به طوری تغییر دهد که بیشتر در معرض اکسیژن قرار گیرند (Wassmann *et al*., 2009). بنابراین تحت این شرایط تولید رادیکال پر اکسید افزایش می یابد. توزیع فضـایی آنزیم هایی نظیر سوپراکسید دیسموتاز و بیومارکر مالون دی آلدئید غشاها می تواند تا حدودی در برقراری مقاومت نسـبت بـه خشکی مهم باشد. در گیاهان روغنی بخصوص آفتابگردان نسبت مالون دی آلدئید به سوپر اکسید دیسموتاز یک معیار مناسـب برای خنثی کردن تاثیرات زیان آور یک تنش اکسایشی به شمار می رود (Rivero *et al*., 2009). به طوریکه بـه نظـر مـی رسد مالون دی آلدئید نقش مهم تری نسبت به سوپر اکسید دیسموتاز در فعال سازی گونه هـای روغنـی در سـطح تیلاکوئیـد دارا می باشد چون علاوه بر واکنش با پر اکسید هیدروژن ممکن است با سوپر اکسید هم واکنش دهد.پس می توان گفـت کـه در ارقام مقاوم به خشکی نسبت مالون دی آلدئید به سوپر اکسید دیسموتاز افزایش می یابد و این یک معیـار مهـم در ارزیـابی گونه های مقاوم به خشکی نیز تلقی می گردد (Tranel *et al*., 2007). Valladares و همکاران (۲۰۰۸) گـزارش کردنـد

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-01-30]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1391.4.14.6.8]

که عوامل مهم در افزایش سوپر اکسید دیسموتاز در گیاهان عبارتند از استفاده از علف کش هایی مانند پاراکوآت، افزایش غلظت دی اکسید گوگرد دراتمسفر، ایجاد تنش خشکی و غلظت بالای روی و منیزیوم در محلول خاک. آنزیم های شبیه سوپر اکسید دیسموتاز، کاتالاز، آسکوربات پر اکسیداز و گلوتاتیون ردوکتاز تحت تاثیر تنش های محیطی باعث برقراری تعادل بین تولید AOSها و فعالیت آنتی اکسیدانت ها می شوند. به نظر می رسد افزایش AOSها در نتیجه پاسخ به همه تنش های غیر زنده شامل خشکی، شوری، دمای زیاد، کمبود مواد غذایی و آلودگی هوا رخ دهد (Nguyen *et al*., 2008). هیدروژن پر اکسید تولید شده هم توسط کاتالاز و هم توسط اشکال مختلف پر اکسیدازها مثل گلوتاتیون پر اکسیداز دگرگون می شوند. آنزیم کاتالاز در اندامک های سلولی چون میتوکندری، پراکسی زوم و گلی اکسی زوم وجود دارد (Sýkorová et al., 2008). کاتالاز، دی هیدروکسی گوآنورین و دی تیروزین نقش کلیدی در تولید پر اکسید هیدروژن دارند به طوریکه تیمار مس بر روی برگ میزان فعالیت کاتالاز،گلوتاتیون پراکسیداز و تیروزین را در ریشه آفتابگردان افزایش می تواند افزایش دهد (Van Oosterom *et al*., 2006). محلول پاشی سلنیوم بر روی برگ گیاهان زراعی میزان آنزیم های آنتی اکسیدانت را افزایش داده و مقاومت به خشکی را بالا می برد. افزایش میزان سلنیوم در خاک از طریق دفع آن توسط ریشه گیاه در اثر آب آبیاری باعث تغییرات فزاینده در سیستم دفاعی برنج و آفتابگردان در برابر تنش خشکی می شود (Nielsen *et al*., 2005). به واسطه بروز تنش خشکی میزان فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانت افزایش می یابد. نتایج آزمایشات نشان می دهد که در طول زمان تنش سطح لیپید پراکسیداز و سطح فعالیت کاتالاز و گلوتاتیون پر اکسیداز در اثر محلول پاشی سلنیوم افزایش می یابد (Bidinger *et al*., 2006). Rivero و همکاران (۲۰۰۹) دریافتند که در گیاهان روغنی بخصوص آفتابگردان محلول پاشی سلنیوم تاثیر معنی دار در افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش خشکی ایفا می کند به طوریکه تحت این شرایط میزان فعالیت گلوتاتیون پراکسیداز و شاخص های مالون دی آلدئید، تیروزین و دی هیدروکسی گوآنوزین افزایش می یابد. نتایج برخی پژوهش های دیگر نشان می دهد که تیمار گیاه با سلنیوم می تواند مقاومت گیاه به خشکی را افزایش دهد به طوریکه این افزایش مقاومت می تواند به دلیل افزایش فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانت باشد (Maruyama and Kuwagata, 2008). هدف از انجام این تحقیق بررسی اثرات مثبت آنزیم های آنتی اکسیدانت در مهار اثرات زیان آور تنش های محیطی تحت تاثیر سلنیوم و در نتیجه دست یابی به عملکرد بالا تحت شرایط مزبور بود.

مواد و روش ها

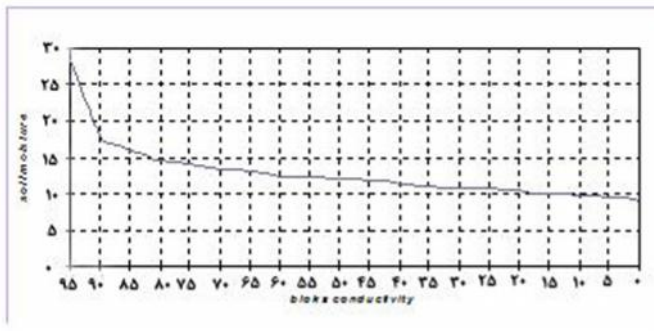
این آزمایش در سال زراعی ۸۹-۸۸ به صورت طرح کرت های دو بار خرد شده در قالب بلوک های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد به طوری که تیمار های آبیاری (فاکتور A) در کرت اصلی در دو سطح (آبیاری و عدم آبیاری)، ارقام مورد نظر(فاکتور B) به نام های رکورد، آرماویرسکی، چرنیانکا، زاریا و پروگرس در ۵ سطح در کرت فرعی و تیمار سلنیوم از منبع

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-01-30]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1391.4.14.6.8]

سلنیت سدیم (فاکتور C) در دو سطح (بدون سلنیوم و با سلنیوم) به میزان ۱۹ گرم در هکتار در کرت های فرعی قرار گرفت. معیار تنش خشکی دستگاه تعیین کننده رطوبت خاک و استفاده از بلوک های گچی بود. به این ترتیب که بلوک گچی قبل از گلدهی کامل در خاک قرار داده شد. در این زمان با یک آبیاری کامل و رسیدن رطوبت خاک به ظرفیت زراعی (۲۸ درصد) دستگاه هدایت سنج الکتریکی میزان هدایت الکتریکی بلوک گچی را در حدود ۹۵ درصد نشان می داد.

اعمال تنش خشکی در اوایل گلدهی بود و بعد از گذشت پنج روز از آبیاری کامل، هدایت الکتریکی خاک به۶۰ و میزان رطوبت خاک در حدود ۱۴ درصد می شد که در این مرحله یک بار آبیاری خفیف و سطحی صورت گرفت و تا آخر دوره رشد آبیاری انجام نشد. زمان اعمال تنش در اوایل گلدهی در حدود ۷۵ روز پس از کاشت بود. معیار تنش با استفاده از دستگاه هدایت سنج الکتریکی خاک ارزیابی شد. بدین ترتیب که قبل از شروع آزمایش اصلی در کنار مزرعه کرتی به ابعاد ۳× ۲ متر تهیه گردیده و بلوک گچی در آن به عمق ۴۰ سانتی متر قرار داده شد. سپس با اندازه گیری روزانه هدایت الکتریکی خاک و اندازه گیری درصد رطوبت خاک منحنی کالیبراسیون آن تهیه گردید (شکل ۱).



شکل ۱:منحنی کالیبراسیون

بر اساس این منحنی هنگامی که هدایت الکتریکی به صفر می رسید میزان رطوبت خاک حدود ۱۰ درصد می شد که از این میزان به عنوان معیار تنش استفاده شد. در آزمایش اصلی نیز درکرت تنش خشکی بلوک گچی کار گذاشته شد و با رسیدن هدایت الکتریکی خاک مزرعه به ۶۰ میلی موهس بر سانتی متر مربع وضع ظاهری بوته ها از لحاظ شادابی به گونه ای بود که پژمردگی برگ ها آشکار شده و میزان رطوبت نسبی برگ در این حالت حدود ۸۰ درصد بود.

جهت محاسبه میزان فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانت تعداد ۲ عدد برگ از هر کرت در زمان ۳۰روز پس از گل دهی کامل (اعمال تنش) برداشت شد. سپس برگ ها در داخل محفظه ای که کف آن به طور کامل از یخ پوشیده شده بود به آزمایشگاه انتقال داده شد. در این آزمایش میزان فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانت شامل سوپراکسید دیسموتاز (SOD)، پر اکسیداز گلوتاتیون (GPX) و کاتالاز (CAT) مورد اندازه گیری قرار گرفت. و به منظور ارزیابی عملکرد دانه (با رطوبت ۱۳ درصد)

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-01-30]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1391.4.14.6.8]

پس از رسیدن کامل گیاه از هر کرت آزمایش ۱۰ گیاه به مساحت ۱/۵ متر مربع برداشت و سپس دانه ها از طبق جدا شده و توزین شدند. در برداشت نهایی از سطحی معادل یک متر مربع از هر کرت، عملکرد دانه محاسبه شد.

سوپر اکسید دیسموتاز

پس از نمونه گیری از مزرعه دو برگ با آب مقطر شستشو داده شده و بلا فاصله در بافر فسفات – تریس ۰/۱۶ مولار با pH = ۷/۵ خرد و هموژن گردید. آنگاه حجم مشابه از همان بافر دیجیتونین و آنزیم هضم کننده دیواره اضافه گردیده و اجازه داده شد فرآیند هضم غشاء و دیواره سلول انجام گیرد.

در پایان مقدار ۰/۵ میلی لیتر از محلول هموژن برای سنجش پروتئین توسط روش Valentine و Paglia (۱۹۸۷) برداشته شد و بر اساس میلی گرم بر لیتر تعیین گردید. سپس از طریق فرآیند جذب نوری حاصل از اکسیداسیون اپی نفرین میزان فعالیت آنزیمی ارزیابی شد.

گلوتا تیون پر اکسیداز

پس از اینکه نمونه های تهیه شد بر اساس روش Valentineو Paglia (۱۹۸۷) عصاره استخراجی به محلول بافر که حاوی فسفات فتودینامیک نرمال با pH=۷ همراه با ۱/۲ مول EDTA و یک میلی مول نیترات سدیم و ۰/۲ میلی مول NADPH وارد شد.

سپس به آن ۰/۲ میلی لیتر گلوتاتیون احیاء شده به همراه ۰/۱ میلی مول آب اکسیژنه اضافه گردید و بلافاصله میزان اکسیداسیون NADPH از طریق تعیین مقدار و جذب در ۳۴۰ نانومتر در ۳۰ درجه سانتی گراد توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل u-looz اندازه گیری گردید. هم زمان یک محلول بلانک حاصل تمام مواد فوق بدون حضور عصاره استخراجی برای تصحیح و حذف خطاهای احتمالی مورد استفاده قرار گرفت. یک واحد از فعالیت آنزیم گلوتایتون پراکسیداز معادل مقدار آنزیمی که بتواند یک میکرومول از سوبسترا (NADPH) را در یک دقیقه کاتالیز کند در نظر گرفته شده بود. برای استاندارد شدن از نمونه آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز استاندارد بر اساس روش Lee و Kim (۲۰۰۱) استفاده شد.

کاتالاز

در این روش شدت واکنش حذف آب اکسیژنه بر اساس روش Valentineو Paglia (۱۹۸۷) به عنوان سوبسترا ارزیابی شد. بافر زمینه برای کار حاوی ۰/۱۷ میلی مول فسفات دی سدیک با pH = ۷/۵ همراه ۰/۱۵ مول EDTA، ۰/۱۱ میلی مول کلرید منیزیم بود. یک واحد فعالیت آنزیم کاتالاز معادل نسبت تجزیه آب اکسیژنه در مدت یک دقیقه در نظر گرفته شد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-01-30]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1391.4.14.6.8]

محلول پاشی برگ توسط عنصر سلنیوم

محلول پاشی برگ توسط عنصر سلنیوم در مرحله اوایل گل دهی و به میزان ۱۹ گرم در هکتار از منبع سلنیت سدیم به وسیله سم پاش انجام شد. برای این منظور پس از محاسبه جرم مولکولی سلنیت سدیم مشخص شد هر کرت به ۷۳/۵ میلی گرم سلنیوم نیاز دارد. پس با توجه به تعداد کرت ها (۴۰ عدد) و مساحت زمین میزان سلنیوم مصرفی در حدود ۴گرم در نظر گرفته شد به طوریکه این میزان با توجه به مساحت زمین به ۱۸۰ لیتر آب اضافه و بر روی سطح گیاه محلول پاشی شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

آنزیم سوپراکسیددیسموتاز

نتایج نشان داد میزان فعالیت سوپر اکسید دیسموتاز می تواند به عنوان یک معیار جهت شناسایی و بهبود مقاومت به خشکی مد نظر قرار گیرد (جدول ۱). بر اساس نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین ها از طریق آزمون دانکن در شرایط تنش میزان آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز در ارقام پروگرس و آرماویرسکی در شرایط بدون محلول پاشی برگ توسط عنصرسلنیوم به ترتیب ۳۸۱/۲۴۴ و ۳۴۸/۲۲۵ (واحد بر گرم پروتئین) و در شرایط محلول پاشی برگ توسط عنصر سلنیوم درحدود ۴۸۴/۱۷۹ و ۴۲۸/۳۱۶ (واحد بر گرم پروتئین) از بالاترین مقدار برخوردار بود به طوریکه این افزایش ۲۳ درصد در رقم آرماویرسکی، ۲۰ درصد در رقم زاریا و ۲۷ درصد در رقم پروگرس بود (جدول ۲).

در تحقیقی که Okazaki و همکاران (۲۰۰۳) انجام دادند گزارش کردند که سلنیوم با تخصیص ماده خشک بیشتر به بوته سبب افزایش رشد رویشی و در نتیجه امکان بهره برداری بهتر از آب موجود در محلول خاک و نهایتا افزایش رشد و نمو می شود. در همین حال فعالیت بیشتر آنزیم های آنتی اکسیدانت توسط گیاه رشد و نمو و فعالیت های بیوشیمیایی گیاه را افزایش می دهد و این امر موجب افزایش عملکرد گیاه می شود. بدیهی است با افزایش مقدار آب قابل دسترس رشد رویشی گیاه تحریک شده و این خود یک عامل مهم در از بین بردن رادیکال های آزاد اکسیژن توسط آنزیم های آنتی اکسیدانت تلقی می گردد (Nguyen *et al.*, 2008).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-01-30]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1391.4.14.6.8]

جدول ۱: تجزیه واریانس صفات مورد نظر

S.O.V	df	کاتالاز	گلوتاتیون پر اکسیداز	سوپر اکسید دیسموتاز	عملکرد دانه
تکرار	۳	۰/۸۰۱ ns	۰/۶۸۹ ns	۰/۹۴۵ ns	۰/۷۴۵ ns
آبیاری	۱	۲۹۹/۴۶	۴۰۲/۲۳ **	۲۴۴/۸۷ **	۱۲۴۵/۷۱ **
خطا	۳	۶/۰۲۲	۵/۹۸۲	۴/۴۸۵	۵/۱۲۱
رقم	۴	۴۷۶/۸۱ **	۳۳۱/۶۰ **	۵۰۶/۱۱ **	۹۲۵/۴۴ **
آبیاری× رقم	۴	۳۰۲/۷۰ **	۲۷۴/۲۵ **	۴۱۰/۶۶ **	۶۹۴/۲۸ **
خطا	۲۴	۴/۷۹۳	۵/۶۷۰	۳/۰۴۲	۴/۴۳۵
سلنیوم	۱	۲۴۱/۱۲ **	۲۸۸/۴۱ **	۴۶۹/۲۵ **	۸۳۲/۲۶ **
آبیاری× سلنیوم	۱	۲۰۵/۲۱ **	۲۱۸/۹۳ **	۳۲۰/۱۵ **	۵۰۹/۴۴ **
رقم× سلنیوم	۴	۳۷۵/۴۰ **	۳۱۲/۶۴ **	۲۷۸/۵۵ **	۶۵۰/۳۹ **
آبیاری× رقم× سلنیوم	۸	۳۰۳/۷۵ **	۲۹۴/۲۹ **	۲۴۷/۱۶ **	۴۰۱/۲۸ **
خطا	۳۰	۳/۸۸۲	۴/۶۶۸	۲/۹۹۱	۴/۳۱۰
ضریب تغییرات ٪		۴/۱۳	۵/۷۵	۵/۱۶	۴/۹۸

ns : غیر معنی‌دار. ** : دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪

آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز

نتایج نشان داد که از لحاظ سطح فعالیت آنزیم گلوتاتیون پر اکسیداز اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد در بین اثرات سه گانه تنش، رقم و کاربرد سلنیوم وجود دارد (جدول ۱). به طوریکه تحت شرایط تنش کمبود آب میزان گلوتاتیون پراکسیداز تحت تاثیر سلنیوم به میزان ۲۱ درصد در رقم های رکورد و آرماویرسکی، ۱۷درصد در رقم زاریا و ۲۵ درصد در رقم پروگرس افزایش یافت (جدول ۲). این گونه به نظر می رسد که افزایش سطح فعالیت آنزیم گلوتاتیون پر اکسیداز در تیمار تنش آب و تحت تاثیر سلنیوم به دلیل نقش دفاعی و حفاظتی این آنزیم در برابر اکسیدانت های سلولی باشد. بعلاوه این افزایش سطح فعالیت مانع از پراکسید شدن چربی های غشا سلولی تحت شرایط خشکی می گردد (Valladares *et al.*, 2008). Zou و همکاران (۲۰۰۷) میزان فعالیت این آنزیم در شرایط کمبود آب و محلول پاشی توسط سلنیوم را ۸/۴۵۵ (واحد بر گرم پروتئین) در رقم پروگرس اعلام کردند که این نتیجه با میزان ۸/۳۲۳ (واحد بر گرم پروتئین) در رقم مورد نظرمطابقت داشت (جدول ۲).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-01-30]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1391.4.14.6.8]

جدول ۲: مقایسه میانگین اثرات متقابل عملکرد دانه و آنزیمهای آنتی اکسیدانت

	رقم	کاتالاز (واحد بر گرم پروتئین)	گلوتاتیون پر اکسیداز (واحد بر گرم پروتئین)	سوپر اکسید دیسموتاز (واحد بر گرم پروتئین)	عملکرد دانه (تن/هکتار)
تنش کمبود آب					
بدون سلنیوم	رکورد	۸۷/ ۱۱۷^{c}	۵/ ۵۱۲^{c}	۳۲۲/ ۴۰۸^{c}	۱/ ۵۰۵^{c}
	آرماویرسکی	۹۲/۶۳۰^{b}	۵/ ۹۵۱^{b}	۳۴۸/۲۲۵^{b}	۱/ ۶۰۲^{b}
	چرنیانکا	۷۹/۷۲۰^{d}	۴/۶۸۸^{d}	۲۸۸/۷۱۰^{d}	۱/۲۸۹^{d}
	زاریا	۷۲/ ۵۲۳^{e}	۳/ ۹۲۶^{e}	۲۱۷/ ۳۲۹^{e}	۱/ ۱۲۲^{e}
	پروگرس	۹۷/ ۶۸۲^{a}	۶/ ۶۵۹^{a}	۳۸۱/ ۲۴۴^{a}	۱/ ۷۹۹^{a}
با سلنیوم	رکورد	۱۰۸/ ۰۲۵^{c}	۶/ ۶۶۹^{c}	۳۹۶/ ۵۶۱^{c}	۲/ ۱۸۲^{c}
	آرماویرسکی	۱۱۴/۸۶۱^{b}	۷/۲۰۰^{b}	۴۲۸/۳۱۶^{b}	۲/ ۳۲۲^{b}
	چرنیانکا	۹۸/۸۵۲^{d}	۵/۶۷۲^{d}	۳۵۵/۱۱۳^{d}	۱/۸۶۹^{d}
	زاریا	۸۶/۳۰۲^{e}	۴/ ۵۹۳^{e}	۲۶۰/۷۹۴^{e}	۱/ ۶۰۴^{e}
	پروگرس	۱۲۵/ ۰۳۲^{a}	۸/۳۲۳^{a}	۴۸۴/ ۱۷۹^{a}	۲/۶۴۴^{a}

تیمارهایی که دارای حروف غیر مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد دارای اختلاف معنی دار می باشند.

گزارشات Valladares و همکاران (۲۰۰۸) حاکی از آن است که گلوتاتیون به عنوان یکی از اجزای مهم تشکیل دهنده کلروفیل بوده و تحت تاثیر سلنیوم قرار می گیرد که احتمالا این فرآیند از طریق مکانیسم های تولید هورمون رشد موجب افزایش تحمل گیاه به شرایط کمبود آب می شود.

آنزیم کاتالاز

نتایج آزمایش نشان داد که از لحاظ سطح فعالیت آنزیم کاتالاز اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد بین تیمارها وجود دارد به طوریکه تحت شرایط تنش کمبود آب میزان کاتالاز به اندازه ۲۴ درصد در رقم های رکورد (۱۰۸/۰۲۵ واحد بر گرم پروتئین)، چرنیانکا (۹۸/۸۵۲واحد بر گرم پروتئین) و آرماویرسکی(۱۱۴/۸۶۱ واحد بر گرم پروتئین)، ۱۹درصد در رقم زاریا(۸۶/۳۰۲ واحد بر گرم پروتئین) و ۲۸ درصد در رقم پروگرس (۹۷/۶۸۲ واحد بر گرم پروتئین) افزایش یافت (جدول ۲). احتمالا سلنیوم با به تاخیر انداختن پژمردگی باعث افزایش راندمان مصرف آب شده است.

با وجود اینکه تنش آب باعث ایجاد میزان کاتالاز را کاهش داده است سلنیوم این روند را تحت تاثیر قرار داده و موجب افزایش این آنزیم در برگ شد و این می تواند به عنوان یک معیار مهم در زراعت تلقی شود. این نتیجه با نتایج حاصل از تحقیقات مطابقت دارد (Gill and Meelu , 2008).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-01-30]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1391.4.14.6.8]

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد دانه از نظر آماری تحت تأثیر اثر متقابل تنش کمبود آب، رقم و سلنیوم در سطح ۱٪ قرار گرفت (جدول ۱). معنی دار شدن (در سطح ۱٪) نیز ناشی از هم روند نبودن تغییرات حاصله در عملکرد دانه در سطوح مختلف از فاکتورهای مزبور است ضمن اینکه بخشی از آن به دلایل معنی‌دار شدن اثر متقابل سلنیوم و ارقام است. نتایج نشان داد رقم پروگرس در شرایط محلول پاشی با سلنیوم با میانگین۲/۶۴۴ تن در هکتار بالاترین عملکرد دانه را در شرایط کمبود آب به خود اختصاص داد به طوریکه محلول پاشی گیاه توسط عنصر سلنیوم باعث افزایش ۴۵ و ۴۷ درصدی عملکرد دانه در ارقام رکورد و پروگرس شد (جدول ۲). این عملکرد بالا مربوط به بالا بودن نسبی وزن دانه‌ها است.

به طور کلی وزن دانه بر عملکرد گیاه تأثیر دارد که می‌توان نتیجه گرفت هرچه قدر بتوان کارآیی گیاه را از نظر فیزیولوژیک در شرایط دشوار افزایش داد، فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت افزایش و در نتیجه آسیب به دیواره سلول کاهش می یابد (Maruyama and Kuwagata, 2008). نتایج حاصل از اکثر مطالعات انجام گرفته بر روی رشد آفتابگردان و محلول پاشی سلنیوم حاکی از افزایش شاخص های رشد رویشی و زایشی در این گیاه است زیرا سلنیوم قادر است میزان آب نسبی برگ را در شرایط تنش کمبود آب در حد بالا حفظ کند و افزایش عملکرد دانه در این شرایط عمدتا به همین عامل مربوط می شود (Cirilo *et al*., 2009). در مجموع می توان گفت با توجه به مشکلات ناشی از مصرف بی رویه از آب می توان از سلنیوم به عنوان یک راهکار مناسب جهت افزایش فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانت جهت افزایش عملکرد در شرایط دیم و کمبود آب و کاهش خسارت بر اکوسیستم زراعی استفاده نمود.

منابع

-**Althabegoiti, M. J., López-García, S. L., Pérez-Jiménez, J. and Lodeiro A.R. 2008.** Strain selection for improvement of *Bradyrhizobium japonicum* competitiveness for nodulation of soybean. FEMS Microbiol. Lett. 282 : 115-123.

-**Bidinger, F.R., Bhasker Raj, A.G. and Hash, C.T. 2006.** Zonal adaptation in pearl millet cultivar types. Ind. J. Genet. Plant Breed. 66:207–211.

-**Cirilo, A.G., Dardanelli, J., Balzarini, M. and Pedrol, H.M. 2009.** Morpho-physiological traits associated with maize crop adaptations to environments differing in nitrogen availability. Field Crops Res.113:116–124.

-**Gill, H. S. and Meelu, O. P. 2008.** Studies on the substitution of inorganic fertilizers with *Azospirillum* rates on wheat yield. Fert. Res. 25 : 255-62.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-01-30]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1391.4.14.6.8]

-**González, N. 2007.** Fijación de nitrógeno en soja. Inoculantes : Situación actual y perspectivas en la Argentina. p. 161–169. In : *De la Biología del Suelo a la Agricultura,* A. Thuar, F. Cassán and C. Olmedo (eds.). Univ. Nacional de Río Cuarto. Río Cuarto, Argentina.

-**Lee, D. H. and Kim, Y.S. 2001.**The inductive response of the antioxidant enzymes by water deficit stress and selenium in C_4 plants. J. Plant Physiol. 770 : 151-74.

-**Maruyama, A., and Kuwagata, T. 2008.** Diurnal and seasonal variation in bulk stomatal conductance of the rice canopy and its dependence on developmental stage in high sodium rates. Agric. For Meteorol. 148:1161–1163.

-**Nguyen, K.H., Jordi ,W., Van Dun, K. and Kane, E.J. 2008.** Delayed senescence in cauli-flower transformed with an autoregulated isopentenyl transferase gene. Int J Plant Sci. 169: 339–347.

-**Nielsen, D.C., Unger, P.W. and Miller, P.R. 2005.** Efficient water use in dryland cropping systems in the Great Plains. Agron. J. 97:364–372.

-**Okazaki, S., Yuhashi, K.-I. and Minamisawa, K. 2003.** Quantitative and time-course evaluation of nodulation competitiveness of rhizobitoxine-producing *Bradyrhizobium elkanii* FEMS. *Microbiol. Ecol.* 45 :155-160.

-**Paglia, D.E. and Valentine, W.N. 1987.** Studies on the quantitative and qualitative characterization of glutathione peroxidase. J. Lab. Med.70 :158-165.

-**Rivero, R,M., Shulaev, V. and Blumwald, E. 2009.** Cytokinin-dependent photorespiration and the protection of photosynthesis during water deficit. Plant Physiol.150:1530–1540.

-**Rogovska, N. and Blackmer, A. M. 2009.** Remote sensing of soybean canopy as a tool to map high pH, calcareous soils at field scale. *Prec. Agric.* 10 : 175-87.

-**SAS Institute. (2005).** SAS Online Doc 9.1.3.SAS Inst.,Cary, NC.

-**Siriluck, J. and Sadowsky, M. J. 2008.** Nodulation gene regulation and quorum sensing control density-dependent suppression and restriction of nodulation in the *Bradyrhizobium japonicum*-soybean symbiosis. *Appl. Environ. Microbiol.* 74:3749-3756.

-**Sýkorová, B. I., Trávníčková, V. A.,and Kamínek, M. 2008.** Senescence- induced ectopic expression of the *A. tumefaciens* ipt gene in wheat delays leaf senescence, increases cytokinins content, nitrate influx, and Glutathione reductase activity, but does not affect grain yield. J Exp Bot. 59: 377–387.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-01-30]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1391.4.14.6.8]

-**Tranel, J.E., Sharp, R.L., Kaan, D.A. and Deering, J. 2007.** Custom rates for Colorado farms and ranches in 2006. Available awww.coopext.colostate.edu/ABM/abmcustrate06.pdf (accessed 25 June 2007; verified 30 Jan. 2008). Agriculture and Business Management, Colorado State Univ., Fort Collins.

-**Valladares, A., Flores, E. and Herrero, A. 2008.** Transcription activation by NtcA and 2-oxoglutarate of three genes involved in heterocyst differentiation in the cyanobacterium Anabaena sp. strain PCC 7120. J. Bacteriol.190 : 6126-6133.

-**Van Oosterom, E.J., Weltzien, E., Yadav,O.P. and Bidinger, F.R. 2006.** Grain yield components of pearl millet under optimum conditions can be used to identify germplasm with adaptation to arid zones. Field Crops Res.96:407–421.

-**Varvel, G. E., Wilhelm, W. W. Shanahan, J. F. and Schepers, J. S. 2007.** An algorithm for corn nitrogenrecommendations using a chlorophyll meter based sufficiency index. Agron. J. 99 : 701-06.

-**Wassmann, R., Sumfleth, K. and Heuer, S. 2009.** Regional vulnerability of climate change impacts on Asian rice production and scope for adaptation. Adv Agron.**102**: 91–133.

-**Zou, G.H., Liu, H.Y., Mei, H.W. and Luo, L.J. 2007.** Screening for drought resistance of rice recombinant inbred populations in the field.J Integr Plant Biol.49:1508–1516.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-01-30]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1391.4.14.6.8]