# اثر تنش خشکی بر رشد و میزان فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز در گیاه زردچوبه (*Curcuma longa* L.)

زهره زمانی*[۱]، اکبر مستاجران[۲]، غلامرضا اصغری[۳]

۱. کارشناس ارشد، گروه زیست‌شناسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

۲. استاد گروه زیست‌شناسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

۳. استاد، مرکز تحقیقات علوم دارویی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۱/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۰/۰۱

**چکیده**

زردچوبه گیاهی ریزوم‌دار از خانواده زنجبیل که در مناطق گرمسیری کشت می‌شود و به دلیل دارا بودن ترکیبات فنولی با ارزش نظیر کورکومینوئید به لحاظ پزشکی و دارویی از جایگاه بالایی برخوردار است. با توجه به عدم کشت زردچوبه و واردات آن به کشور و با توجه خواص فارماکولوژیکی ریزوم زردچوبه و ارزش آن از نظر پزشکی و دارویی از یک سو و شرایط آب و هوای خشک ایران از سوی دیگر، در این تحقیق رشد رویشی و میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی (کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز) جهت کسب اطلاعات در مورد مقاومت این گیاه نسبت به خشکی مورد ارزیابی قرار گرفت. پس از کشت ریزوم‌های زردچوبه و رشد گیاه به مرحله ۳ برگی، گیاه زردچوبه در معرض تنش خشکی در آزمایشی با پتانسیل‌های آبی صفر (شاهد)، ۳، ٦- و ۹- بار به کمک پلی اتیلن گلایکول ٦۰۰۰ در محیط هیدروپونیک قرار گرفت و پس از ۷ روز، اثر پتانسیل‌های مذکور بر روی تغییرات رویشی گیاه و میزان فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز مورد بررسی قرار گرفت. تنش خشکی به طور معنی‌داری رشد رویشی و فعالیت آنزیم‌ها را در اجزای مختلف گیاه تحت تأثیر قرار داد، به نحوی که با کاهش پتانسیل آب از صفر به ۹- بار وزن کل گیاه زردچوبه کاهش یافت و فعالیت هر دو آنزیم نیز تا پتانسیل آب ٦- بار روند افزایشی داشت و با کاهش بیشتر پتانسیل آب فعالیت آنها کاهش یافت.

**واژگان کلیدی**: آسکوربات پراکسیداز، پلی اتیلن گلایکول، تنش خشکی، کاتالاز، گیاه زردچوبه

**مقدمه**

زردچوبه از خانواده زنجبیل با نام علمی *Curcuma longa* و با نام انگلیسی Turmeric شناخته می‌شود. زردچوبه گیاهی است علفی که قسمت مورد استفاده غذایی و دارویی این گیاه ریزوم‌های خشک شده آن است. این گیاه بومی نواحی گرم و مرطوب آسیا، نظیر کشورهای هندوستان، پاکستان، اندونزی، جنوب چین و بومی آفریقا و آمریکای جنوبی است (Sharma et al; 2005؛ Panhwar, 2005؛ Aggarwal, 2008؛ Jayaprakasha et al., 2005). با توجه به عدم کشت این گیاه در ایران و نیاز



www.SID.ir

Email:z_zamani@rocketmail.com

Archive of SID

غذایی و دارویی به زردچوبه، ریزوم این گیاه به عنوان یکی از اقلام وارداتی محسوب می‌شود. زردچوبه جزء افزودنی‌های رایج غذاهای آسیائی است، اما به این ماده نباید صرفا، به عنوان یک ادویه نگاه کرد. هزاران سال است که مردم هندوستان از زردچوبه برای درمان سرماخوردگی، سرفه، اختلالات تنفسی فوقانی و به عنوان یک داروی ضدویروس استفاده می‌کنند. در طب سنتی چین نیز زردچوبه برای درمان دل درد و دل پیچه استفاده می‌شود (Ammon and Wahl, 1991). اثر درمانی زردچوبه به خاطر وجود ترکیبات متعددی است که مهمترین آنها ماده فعال پلی فنولی بنام کورکومین با فرمول شیمیائی [1,7-bis (4-hydroxy-3-methoxyphenyl) hepta-1,6-diene-3,5-dione] می‌باشد که حدود ۲-۸ درصد وزنی زردچوبه را تشکیل می‌دهد. به طور کلی مهمترین اثرات دارویی کورکومین زردچوبه خاصیت ضدالتهابی، ضدتوموری و آنتی اکسیدانی آن می‌باشد (Joe et al., 2004; Keys, 1976; Moken et al., 1984).

تنش خشکی از جمله تنش‌های محیطی است که علاوه بر کاهش رشد رویشی و تغییر در ساختارهای بیرونی گیاه از طریق ایجاد تنش ثانویه نظیر تنش اکسیداتیو سبب تغییر در مسیرهای سنتز ترکیبات و متابوکیت‌های ثانویه می‌شود (Foyer et al., 1994). مطالعات فراوانی حاکی از افزایش تجمع ROS تحت تنش خشکی گزارش شده است (Boo and Jung, 1999). درطی فتوسنتز تحت شرایط کم آبی نشت بالای الکترون به سمت $O_2$ اتفاق افتاده و تولید ROSهایی نظیر سوپراکسید و $H_2O_2$ می‌نماید. همچنین در شرایط خشکی به دلیل محدود شدن تثبیت $CO_2$ و افزایش فعالیت اکسیژنازی آنزیم روبیسکو، تنفس نوری افزایش می‌یابد که این امر افزایش تولید $H_2O_2$ را به همراه خواهد داشت (Mittler, 2002). گزارش شده است که تنفس نوری ۷۰٪ کل میزان $H_2O_2$ تولید شده در شرایط خشکی را سبب می‌شود (Cruz de Carvalho, 2008; Noctor and Foyer, 1998).

آنزیم اصلی حذف $H_2O_2$ کاتالاز (CAT) و آسکوربات‌پراکسیداز (APX) می‌باشند که هر کدام از آنها تمایل‌های متفاوتی به این نوع ROS دارند. کاتالاز برای عمل نیاز به نیروی احیایی ندارد، ولی آسکوربات پراکسیداز جهت فعالیت به عامل احیایی نیاز دارد. تمایل کاتالاز به $H_2O_2$ (mM)، پائین‌تر از آسکوربات‌پراکسیداز (µM) می‌باشد. آسکوربات‌پراکسیداز در بیشتر محفظه‌های سلولی وجود دارد در حالی‌که کاتالاز تنها در پراکسیزوم یافت می‌شود. با توجه به این دلایل پیشنهاد شده است که آسکوربات پراکسیداز ممکن است به عنوان یک تنظیم‌کننده و کنترل‌کننده داخل سلولی خوب جهت حفظ حالت تعادل ROS معرفی شود (Mittler 2002; Willekens et al., 1997). گلوتاتیون ردوکتاز نیز آخرین آنزیم سیکل گلوتاتیون/آسکوربات است که می‌تواند شبیه آسکوربات مستقیماً به عنوان آنتی‌اکسیدانت عمل نماید (Asada, 1999). در هر حال آسکوربات‌پراکسیداز در اولین قدم از این سیکل از آسکوربات به عنوان احیاکننده استفاده می‌کند و پراکسیداز جزء مهمی در سم‌زدایی $H_2O_2$ هم در سیتوزول و هم کلروپلاست‌ها محسوب می‌شود (Mittova et al., 2000). با توجه به ویژگی‌های گیاه زردچوبه به لحاظ ارزش دارویی و مصرف غذایی که منجر به واردات ریزوم این گیاه می‌شود و در مقابل به دلیل عدم وجود اطلاعات کافی پیرامون خصوصیات کاشت این گیاه در ایران و شرایط نامناسب اقلیمی نظیر خشکی سعی گردید تا اثر خشکی (پتانسیل‌های آبی متفاوت) روی وزن گیاه و همچنین تغییرات آنزیم‌های آنتی اکسیدانی (کاتالاز و آسکوربات پرکسیداز) در شرایط پتانسیل‌های آبی متفاوت مورد بررسی قرار گیرد.

Archive of SID



www.SID.ir

## مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر تنش خشکی بر رشد گیاه و تغییرات آنزیم‌های کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز در اجزای مختلف گیاه زردچوبه (*Curcuma longa*)، ریزوم‌های تازه گیاه از کشور مالزی (دانشکده داروسازی، دانشگاه مالزی) تهیه گردید. ریزوم‌ها در اوایل فصل بهار در بستری از پرلیت کشت شدند و در دمای ۵±۳۰ درجه سانتی گراد، رطوبت نسبی ۱۰±۶۰ درصد و شدت نور ۱۴۰۰-۱۲۰۰ لوکس نگهداری شدند. پس از جوانه زدن ریزوم‌های کشت شده و رسیدن آن‌ها به مرحله دو برگی، گیاهان به محیط هیدروپونیک حاوی محلول هوگلند کامل برای مدت ۷ روز به منظور سازگار شدن گیاهان با شرایط محیط آبی، منتقل شدند. سپس با استفاده از رابطه Money (۱۹۸۹)، مقادیر پلی اتیلن گلیکول لازم جهت اعمال تنش خشکی در پتانسیل‌های آبی صفر، ۳-، ۶-، ۹- بار به محیط هوگلند اضافه و به مدت ۷ روز گیاهان تحت تنش خشکی قرار گرفتند. پس از گذشت مدت ۷ روز از زمان اعمال تنش، نمونه‌های گیاهی به بخش‌های مختلف ریشه، ساقه، برگ و ریزوم تقسیم شدند. نمونه‌های تفکیل شده به دو بخش تقسیم شدند یک بخش به منظور تعیین وزن تر و خشک و بخش دیگر برای اندازه‌گیری آنزیم‌های اشاره شده در $-80^{o}C$ قرار گرفتند.

### سنجش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان

به منظور اندازه گیری فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان، ۰/۱ گرم از وزن تر بخش‌های مختلف گیاه نظیر ریزوم، ریشه و بخش هوایی با ۱/۵ میلی‌لیتر بافر فسفات سالین با pH۷/٤، شامل ۱ گرم PVP، ۰/۸ گرم KCl، ۰/۸ گرم NaCl، ۰/۱٤ گرم $Na_2HPO_4$ و ۰/۰۲ گرم $KH_2PO_4$ در هاون و روی یخ ساییده و همگن گردید. پس از آن، عصاره حاصله به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۱۰۰۰۰ و در دمای $4^{o}C$ سانتریفوژ و پس از صاف شدن به اپندورف منتقل و بر روی یخ نگهداری شد و به عنوان عصاره‌ی آنزیمی برای اندازه‌گیری فعالیت کاتالاز (EC=1.11.1.6) و آسکوربات پراکسیداز (EC=1.11.1.11) استفاده گردید.

فعالیت آنزیم کاتالاز بر اساس روش Boominathan and Doran (۲۰۰۲) سنجیده شد. به این منظور، ۹۰۰ میکرولیتر از محلول واکنش (محلول ۱۰ میلی‌مولار پراکسید هیدروژن در بافر فسفات سالین بدون PVP و ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره‌ی آنزیمی داخل کوت و پس از افزودن آب اکسیژنه ($H_2O_2$) در محلول واکنش، بلافاصله کاهش ناشی از تجزیه‌ی $H_2O_2$ در اثر عمل کاتالاز، در طول موج ۲٤۰ نانومتر و در مدت ۱ دقیقه توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Uvi Light XS 5 SECOMAM) اندازه‌گیری و سپس میزان فعالیت آنزیم محاسبه گردید.

فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز نیز بر اساس روش Boominathan and Doran (۲۰۰۲) انجام شد. ۹۰۰ میکرولیتر از محلول واکنش شامل ٦۲۵ میکرولیتر بافر فسفات حاوی EDTA، ۱۷۵ میکرولیتر آسکوربیک اسید، ۵۰ میکرولیتر $H_2O_2$، ۵۰ میکرولیتر سرم آلبومن گاوی (BSA) و ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی داخل کوت ریخته شد و کاهش جذب آسکوربیک اسید در اثر فعالیت آنزیم مربوطه در طول موج ۲۹۰ نانومتر و در مدت ۱ دقیقه توسط دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد و سپس فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز محاسبه گردید.

برای تجزیه و تحلیل واریانس داده‌ها از و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن از بسته نرم افزاری SigmaStat و برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

## نتایج

### اثر تنش خشکی بر رشد رویشی گیاه

یکی از ویژگی‌های مطلوب جهت ارزیابی تأثیر شرایط محدود آب در گیاهان عالی، تعیین وزن‌های تر و خشک گیاه می‌باشد.

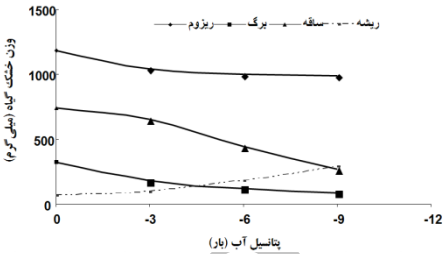
در بین اجزاء مختلف گیاه زردچوبه به ترتیب ریزوم، ساقه و برگ بیشترین وزن‌تر و خشک را دارا بودند. با

Archive of SID



www.SID.ir

کـاهش پتانسـیل‌آب و افـزایش تـنش خشـکی وزن‌تـر و خشک تمامی اجزاء گیاه به جـز ریشـه بـا رونـد مشـابهی کـاهش یافـت، ولـی وزن‌تـر و خشـک ریشـه بـا کـاهش پتانسیل‌آب از ۳- بار به ۹- بار افزایش یافت (شکل ۱).



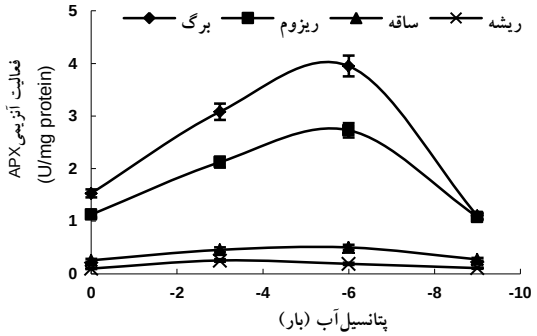

**شکل ۱.** تغییرات اثر سطوح مختلف خشکی به مدت هفت روز بر وزن خشک اجزای مختلف گیاه زردچوبه.
داده ها نماینده ۳ تکرار به همراه انحراف معیار (SD ± ) می‌باشد.

## اثر تنش خشـکی بـر فعالیـت آنـزیم آسـکوربات پراکسیداز در اجزاء مختلف گیاه زردچوبه

تغییرات سطوح مختلـف خشـکی (پتانسـیل آب) بـه مـدت هفـت روز بـر میـزان فعالیـت آنـزیم اسـکوربات پراکسیداز نشان می‌دهد که میـزان فعالیـت ایـن آنـزیم در اجزاء مختلف گیاه و همچنین پتانسیل‌آبی مختلف متفاوت است. لیکن به طور کلی از پتانسیل آبی صـفر تـا ٦- بـار، میزان فعالیت این آنـزیم رونـد افزایشـی و پـس از آن بـا کاهش پتانسیل آبی فعالیت آنزیم نیز کاهش نشان می‌دهد. تغییرات این آنـزیم در پتانسـیل‌هـای مختلـف در سـاقه و ریشه معنی دار نیست (شکل ۲).

گرچـه رونـد تغییـرات فعالیـت آنـزیم آسـکوربات پراکسیداز در اجزاء مختلف گیـاه زردچوبـه یکسـان بـود لیکن دامنه فعالیـت ایـن آنـزیم و نقطـه حـداکثر فعالیـت نسبت به پتانسیل آبی بسیار متفـاوت مشـاهده گردیـد بـه طـوری کـه حـداکثر میـزان فعالیـت در بـرگ (۳/۷٤) در پتانسیل آبی ٦- مشاهده گردید در حـالی کـه در پتانسـیل آبی صفر میزان فعالیت ۱/۵۳ و در پتانسیل آبـی ۹- برابـر با ۱/۱۰ اندازه‌گیری شد.این وضعیت در ریـزوم وضـعیت مشابهی داشت، ولی مقادیر فعالیـت آنـزیم کمتـر بـود. در ساقه و ریشه نیز گرچه روند فعالیـت یکسـان بـود لـیکن میزان فعالیت حداکثر آنزیم نسبت به پتانسیل آبی متفـاوت بود به طوری که در پتانسیل آبی ۳- حداکثر میزان فعالیت آنزیم مشاهده شد (۰/٤٥٤ و ۰/۲۵۲ واحد به ترتیب بـرای ساقه و ریشه).

با توجه به شکل ٤ می‌توان مشاهده نمود کـه فعالیـت آنزیم آسکوربات‌پراکسیداز در بـرگ‌هـای گیـاه زردچوبـه ابتدا روند افزایشی و سپس با کـاهش پتانسـیل آب رو بـه کاهش می‌گذارد. در پتانسیل‌آب ۳- بـار و ٦- بـار میـزان فعالیت آنزیم در برگ و ریزوم نسبت بـه شـاهد بـه طـور معنی‌داری افزایش می‌یابد.




**شکل ۲.** تغییرات اثر سطوح مختلف خشکی (پتانسیل آب) به مدت هفت روز بر میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز اجزای مختلف گیاه زردچوبه
داده‌ها نماینده ۳ تکرار به همراه انحراف معیار (SD ± ) می‌باشد.

تغییرات میزان فعالیت آسکوربات پراکسیداز ریزوم در تمامی سطوح تنش خشکی (به جز سطح ۹- بـار) نسـبت به شاهد معنی‌دار می‌باشد ولی افزایش میزان فعالیت آنزیم در برگ گیاه زردچوبه بیشتر از ریزوم بوده به این معنا کـه تنش خشکی تأثیر بیشتری بر میزان فعالیت آنزیم بـرگ‌هـا نسبت به ریزوم و دیگر اندام‌ها داشته است.

اختلاف میزان فعالیـت آنـزیم آسـکوربات پراکسـیداز ریشه به گونه‌ای اسـت کـه در پتانسـیل‌آب ۳- بـار میـزان فعالیت آنزیم افزایش می‌یابد و با کاهش پتانسیل‌آب به ۹- بار از فعالیت آنزیم کاسته می‌شود. نتایج مقایسـه میـانگین مقادیر فعالیت آنزیم ریشه نشان می‌دهد کـه تنهـا افـزایش آنزیم در سطح ۳- بار نسبت به شاهد معنی‌دار مـی‌باشـد. نتایج بـه‌دسـت آمـده نشـان مـی‌دهـد کـه میـزان فعالیـت آنزیم‌آسکوربات‌پراکسیداز در ساقه گیاه نیز هماننـد ریشـه

Archive of SID



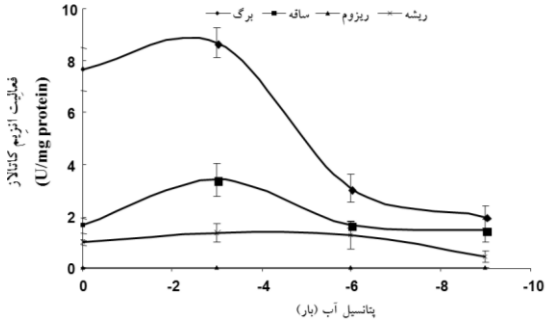
www.SID.ir

گیاه در پتانسیل‌آب ۳- بارافزایش و با کاهش بیشتر پتانسیل‌آب کاهش نشان داد.

به طور کلی بیشترین مقدار فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز به ترتیب در برگ، ریزوم، ساقه و ریشه مشاهده شد. اعمال پتانسیل‌آب ۳- بار و ٦- بار سبب افزایش میزان فعالیت آنزیم شد در حالی‌که کاهش بیشتر پتانسیل‌آب از ٦- بار به ۹- بار سبب کاهش در میزان فعالیت آنزیم آسکوربات‌پراکسیداز گردید.

**اثر تنش خشکی بر فعالیت آنزیم کاتالاز در اجزاء مختلف گیاه زردچوبه**

همانگونه که شکل ۳ نشان می‌دهد در اجزای متفاوت گیاه، بیشترین فعالیت آنزیم کاتالاز به ترتیب در برگ، ساقه ، ریشه و ریزوم وجود داشته و با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان مشاهده نمود که پتانسیل‌آب ۳- بار در برگ و ساقه سبب افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز نسبت به کنترل گردیده و این در حالی است که با افزایش خشکی و کاهش بیشتر پتانسیل‌آب از ۳- بار به ۹- بار آسیب ناشی از کمبود آب سبب کاهش چشمگیر در میزان فعالیت آنزیم کاتالاز نسبت به کنترل می‌گردد.




**شکل ۳.** نمودار تغییرات اثر سطوح مختلف خشکی (پتانسیل آب) به مدت هفت روز بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز اجزای مختلف گیاه زردچوبه

داده ها نماینده ۳ تکرار به همراه انحراف معیار (SD ±) می‌باشد.

با کاهش پتانسیل‌آب میزان فعالیت آنزیم در ریزوم تغییر معنی‌داری نکرده، ولی در ریشه نیز همانند ساقه و برگ با کاهش پتانسیل‌آب از فعالیت آنزیم کاسته می‌شود و این کاهش از خشکی ٦- بار به ۹- بار مشهودتر می‌باشد این در حالی است که ریشه چه در شرایط کنترل و چه در تیمار با پلی اتیلن گلایکول فعالیت آنتی‌اکسیدانی کمی دارد، به طوری که با کاهش پتانسیل‌آب از ۳- بار فعالیت آنزیمی کم می‌شود.

**بحث**

تنش خشکی به طور موثری وزن تر و خشک و رشد گیاه را تحت تاثیر قرار می‌دهد. در شروع تنش آب، ممانعت از رشد سلولی منجر به کاهش توسعه برگ‌ها می‌شود. سطح برگ کمتر، موجب تعرق کمتر و در نتیجه جذب آب کمتر از خاک می‌گردد محدودیت سطح برگ می‌تواند اولین خط دفاعی برای مقابله با خشکی باشد. در تحقیقات انجام‌شده بر روی انواع گیاهان، روند نزولی وزن خشک اندام‌های هوایی طی پتانسیل‌های منفی‌تر گزارش شده است (Shirgurkar et al., 2006; Siddique et al., 1993). از دیگر دلایل کاهش وزن و کاهش رشد رویشی گیاه می‌توان به کاهش فتوسنتز و تولید ماده خشک در طی دوره کم آبی اشاره نمود. وزن‌تر و خشک ریشه نسبت به شاهد با افزایش تنش خشکی افزایش می‌یابد که علت این امر را می‌توان چنین توجیه نمود که با منفی‌تر شدن پتانسیل‌آب محیط ریشه و کاهش آب در دسترس ریشه، گیاه با افزایش سیستم ریشه‌ای از طریق افزایش تعداد و طول ریشه‌ها، سعی در افزایش سطح تماس و دسترسی بیشتر به منابع آب موجود در محیط را دارد. در نتیجه تحت شرایط تنش خشکی ملایم و یا کوتاه مدت، رشد ریشه افزایش پیدا می‌کند. روند عمومی که گیاهان در شرایط تنش خشکی با آن روبرو هستند کاهش تولید وزن‌تر و خشک گیاه است زیرا راندمان تولید گیاه تحت تنش خشکی شدیداً به فرایندهای دسته بندی مواد و توزیع موقتی بیومس مرتبط می‌باشد (Kage et al., 2004; Leport et al., 1999).

از دلایلی که می‌توان برای کاهش فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز در شوری و خشکی بالا در گیاه زردچوبه آورد شاید بتوان گفت که این آنزیم سهم مهمی

Archive of SID



www.SID.ir

در مکانیسم‌های دفاعی در شرایط شدید تنش نداشته و فعالیت آنزیم در خشکی شدید بازداشته می‌شود و آنزیم‌ها و عوامل آنتی‌اکسیدانت دیگری در این شرایط برای گیاه نقش دفاعی دارند. به همین دلیل این گونه می‌توان عنوان نمود که آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی مختلفی جهت هوموستازی مناسب در غلظت‌های بالای $H_2O_2$ با همدیگر هماهنگ می‌شوند. به این معنی که در گستره‌های مختلف تنش خشکی، دسته‌های متفاوتی از آنزیم‌ها فعال شده که به احتمال قوی در گیاه زردچوبه تحت تنش خشکی شدید آسکوربات پراکسیداز نقش دفاعی مهمی ایفا نمی‌کند

در توافق با این نتایج می‌توان به نتایج تحقیقات Jaleel (۲۰۰۸) که بر روی گیاه کارانتوس در شرایط تنش شوری انجام گرفته است، اشاره نمود که شوری کم سبب افزایش فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز و سطوح بالاتر شوری سبب کاهش در فعالیت این آنزیم نسبت به کنترل شده است.

در ارتباط با فعالیت آنزیم کاتالاز نیز تحقیقات متعددی وجود دارد که حاکی از رفتارهای مختلف این آنزیم در برابر تنش‌های محیطی از جمله تنش خشکی می‌باشد. علاوه بر نتایج و گزارشات بالا که حاکی از کاهش فعالیت آنزیم کاتالاز در تنش‌های خشکی، شوری و گرما است گزارشاتی وجود دارد که نشان می‌دهد آنزیم کاتالاز در تنش خشکی افزایش می‌یابد. کاهش فعالیت کاتالاز در تحقیقات دیگری نیز گزارش شده است ( Jiang and Huang 2001). از دیگر گزارشاتی که حاکی از افزایش آنزیم کاتالاز در شرایط تنش خشکی است، نتیجه تحقیقات Shehab و همکاران (۲۰۱۰) بر روی گیاه *Oryza sativa* می‌باشد.

## نتیجه گیری نهایی

با توجه به نتایج این تحقیق می‌توان چنین عنوان نمود که گیاه زردچوبه، گیاهی حساس به خشکی بوده به همین دلیل وزن‌خشک و تر گیاه با کاهش پتانسیل‌آب، در اولین سطح تنش خشکی (۳- بار) کاهش می‌یابد. این گیاه تا سطوح مشخصی از پتانسیل‌آب (تنش خشکی) با افزایش در فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی خود، آسیب‌های ناشی از تنش را کاهش داده ولی با پیشرفت تنش خشکی به دلیل اثرات تخریبی تنش خشکی بر روی آنزیم‌ها، فعالیت آن‌ها کاهش می‌یابد.

## سپاسگزاری

از گروه زیست شناسی دانشگاه اصفهان، آقای دکتر مستاجران و آقای دکتر اصغری جهت کمک برای انجام و پیشبرد این تحقیق قدردانی و سپاسگزای فراوان می‌نمایم.

## منابع

**Aggarwal, B.B. (2008).** Prostate cancer and curcumin: Add spice to your life. Cancer Biology and Therapy.7: 1436 - 40.

**Ammon, H.P.T. and Wahl, M.A. (1991).** Pharmacology of Curcuma longa. Planta Medica; 57: 1 - 7.

**Asada, K. (1999).** The water-water cycle in chloroplasts: Scavenging of active oxygens and dissipation of excess photons. Annual Review Plant Physiology. 50, 601-639.

**Boo, Y.C. and Jung, J. (1999).** Water deficit-induced oxidative stress and antioxidative defenses in rice plants. Journal of Plant Physiology. 155, 255-261.

**Boominathan, R. and Doran, P.M. (2002).** Ni indused oxidative stress in roots of the Ni hyperaccumulator, Alyssum bertolonii. Newphytologist. 156:205-215.

**Cruz DeCarvalho, M.H. (2008).** Drought stress and reactive oxygen species: Production, scavenging and signaling. Plant Signaling and Behavior. 3, 156-165.

**Foyer, C.H., Leandais, M. and Kunert, K.J. (1994).** Photoxidative stress in plants. Physiologia Plantarum. 92, 696-717.

Archive of SID



www.SID.ir

**Jaleel, C.A., Sankar, B., Murali, P.V., Gomathinayagam, M., Lakshmanan, G.M.A. and Panneerselvam, R. (2008).** Water deficit stress effects on reactive oxygen metabolism in Catharanthus roseus. Impacts on ajmalicine accumulation. Colloids Surfaces. Biointerfaces. 62, 105-111.

**Jayaprakasha, G.K., Mohan Rao, L.J. and Sakariah, K.K. (2005).** Chemistry and biological activities of Curcuma longa. Trends in Food Science and Technology. 16, 533-548.

**Jiang, Y. and Huang, N. (2001).** Drought and heat stress injury to two cool-season turfgrasses in relation to antiaxidant metabolism and lipid peroxidation. Crop Science. 41, 436-442.

**Joe, B, Vijaykumar M. and Lokesh B.R. (2004)**. Biological properties of curcumin-cellular and molecular mechanisms of action. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 44-97.

**Kage, H., Kochler, M. and Stutzel, H. (2004).** Root growth and dry matter partitioning of cauliflower under drought stress conditions: Measurement and simulation. European Journal of Agronomy. 20, 379-394.

**Keys, J.D. (1976).** Chinese herbs, their botany, chemistry and pharmacodynamics. Rutland, VT, CE Tuttle.

**Leport, L., Tuner, N.C., French, R.J., Barr, M.D., Duda, R., Davies, S.L., Tennant, K. and Siddique, K.H.M. (1999).** Physiological responses of chickpea genotypes to terminal drought in a Mediterranean-type environment. European Journal of Agronomy. 11, 279-291.

**Mittler, R. (2002).** Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. Trends in Plant Science. 7, 405-410.

**Mittova, V., Volokita, M., Guy, M. and Tal, M. (2000).** Activities of SOD and the ascorbate-glutathione cycle enzymes in subcellular compartments in leaves and roots of the cultivated tomato and its wild salt-tolerant relative Lycopersicon pennellii. Physiologia Plantarum. 110, 45.

**Moken, Y, Xianping, D. and Yaoshu, T. (1984).** Studies on the chemical constituents of common turmeric (*Curcuma longa*). Zhongcoayoa. p15.

**Money, N.P. (1989).** Osmotic pressure of aqueous polyethylene glycols Relationship between molecular weight and vapour pressure deficit. Plant Physiology. 91, 766-769.

**Noctor, G. and Foyer, C.H. (1998).** Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control. Annual Review of Plant Physiology, Plant Molecular Biolology. 49, 249-79.

**Panhwar, F. (2005)**. Turmeric (*Curcuma longa* L.) cultivation in Sindth Pakistan. ChemLin. 1, 1-7.

**Sharma, R.A., Gescher, A.J. and Steward, W.P. (2005).** Curcumin: The story so far. Euroupean Journal of Cancer. 41:1955-68.

**Shehab, G.G., Ahmed, O.K. and El-Beltagi, H.S. (2010).** Effects of various chemical agents for alleviation of drought stress in rice plants (*Oryza sativa* L.). Notulae Botanicae Horti Agrobotanici. 38, 139-148.

**Shirgurkar, M.V., Naik, V.B., Arnold, S.V., Nadgauda, R.S. and Lapham, D. (2006).** An efficient protocol for genetic transformation and shoot regeneration of turmeric (*Curcuma longa* L.) via particle bombardment. Plant Cell Reports. 25, 12-116.

**Siddique, K.H.M., Walton, G.H. and Seymour, M. (1993).** A omparison of seed yields of winter grain legumes in Western Australia. Australian Journal of Express Agriculture. 33, 915-922.

**Willekens, H., Chamnongpol, S., Davey, M., Schraudner, M., angebartels, C.,Van Montagu, M., Inze, D. and Van Camp, W. (1997).** Catalase is a sink for H2O2 and is indispensable for stress defense in C3 plants. EMBO Journal. 10, 1723-32.

Archive of SID



www.SID.ir