

تاثیر پراکسید هیدروژن بر تنش کم آبی در گیاهان گل تکمه‌ای (*Gomphrena globosa* L.) و تاج خروس زینتی (*Amaranthus tricolor* L.)

Effect of Exogenous Application of Hydrogen Peroxide on Water Deficit Stress in Glob Amaranth (*Gomphrena globosa* L.) and Ornamental Amaranth (*Amaranthus tricolor* L.)

مرتضی گلدانی*^۱ و مریم کمالی^۲

چکیده

به منظور بررسی اثر پراکسید هیدروژن به عنوان آنتی‌اکسیدان جهت کاهش صدمات ناشی از کمبود آب در گل تکمه‌ای و تاج خروس زینتی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش برای گل تکمه‌ای شامل سه غلظت مختلف از پراکسید هیدروژن، به صورت محلول پاشی (صفر، دو و نیم و پنج میلی‌مولار) و سه فاصله آبیاری (چهار، هفت و ده روز) و برای تاج خروس شامل سه غلظت صفر (شاهد)، دو و نیم و پنج میلی‌مولار و سه فاصله آبیاری دو، پنج و هشت روز بودند. نتایج نشان داد که محلول پاشی پراکسید هیدروژن می‌تواند وزن خشک ریشه و بخش هوایی در گل تکمه‌ای و تاج خروس را افزایش دهد، و از این طریق کاهش وزن ناشی از تنش خشکی را جبران نماید. با افزایش فاصله آبیاری صفاتی نظیر هدایت روزنه‌ای، کلروفیل کل و حجم ریشه کاهش معنی‌داری داشت. به طوری که برای گیاه گل تکمه‌ای کم‌ترین میزان صفات اندازه‌گیری شده در فاصله آبیاری ۱۰ روز یک‌بار و گیاه تاج خروس هشت روز یک‌بار به دست آمد. بر همکنش خشکی و پراکسید هیدروژن برای هر دو گیاه در صفت وزن خشک اندام هوایی در سطح احتمال پنج درصد و در صفاتی نظیر نشت الکترولیت، محتوای رطوبت نسبی برگ، پرولین و مجموع طول ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. بدین ترتیب برای گیاه گل تکمه‌ای در تیمار شاهد (هر چهار روز آبیاری)، با افزایش پراکسید هیدروژن تا دو و نیم میلی‌مولار، وزن خشک اندام هوایی و مجموع طول ریشه به ترتیب برابر ۲۰٪ و ۹۱٪ نسبت به تیمار شاهد (صفر میلی‌مولار) افزایش یافت و با افزایش پراکسید هیدروژن تا غلظت ۵ میلی‌مولار در همین سطح از خشکی کلروفیل کل ۳۱٪ نسبت به شاهد پراکسید هیدروژن افزایش نشان داد. حجم و وزن خشک ریشه گیاه تاج خروس در سطح احتمال پنج درصد و وزن خشک اندام هوایی، هدایت روزنه‌ای، درصد نشت الکترولیت، میزان پرولین و طول ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. به طور کلی نتایج نشان می‌دهد که با استفاده از محلول پاشی پراکسید هیدروژن تنش اکسیداتیو حاصل از تنش خشکی کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: پرولین، تنش خشکی، شاخص کلروفیل، وزن خشک اندام هوایی و ریشه

۱. استادیار گروه علوم زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

Email: goldani@um.ac.ir

* نویسنده مسئول

تاج‌خروس زینتی و گل‌تکمه‌ای از گیاهان خانواده تاج‌خروس^۱ هستند. گیاه آمارانتوس بومی جنوب آمریکا بوده و گل‌تکمه‌ای نیز بومی کشورهای برزیل، پاناما و گواتمالا می‌باشد. توانایی گیاهان این خانواده در پاسخ به شرایط نامناسب از جمله خاک‌های فقیر از مواد مغذی، محدوده وسیع حرارتی، تابش زیاد و مقاومت به خشکی، این گیاهان را به عنوان یک محصول جدید و فراموش شده در مناطق نیمه خشک مطرح کرده است (چاپلین/اسکی^۲ و همکاران، 2007).

برخی مطالعات نشان داده است که تنش ناشی از کمبود آب سبب کاهش رشد قسمت‌های مختلف گیاه اعم از ریشه‌ها و اندام هوایی (فلکس‌ساز^۳ و همکاران، 2002 و هانگ^۴ و همکاران، 2005)، کاهش سطح برگ، ارتفاع، وزن خشک، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش فتوسنتز و کاهش کلروفیل، تخریب آنزیم‌ها، تجمع اسیدهای آمینه (حسینی و امید بیگی، 1380) و کاهش تعرق (آپادیایا^۵ و همکاران، 2007) می‌گردد. حسینی و امید بیگی (1380) اظهار داشتند که تنش آبی اثر معنی‌داری بر رشد، عملکرد، مقدار کلروفیل، میزان پرولین و اسانس ریحان داشت، به طوری که با کاهش مقدار آب خاک، شاخص‌هایی چون ارتفاع بوته، تعداد و سطح برگ، سطح ویژه برگ، مقدار کلروفیل a، b و کلروفیل کل کاهش و در مقابل نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی افزایش یافت. کلروپلاست و رنگریشه‌های موجود در آن نیز از خشکی تاثیر می‌پذیرند. به عنوان مثال تنش خشکی سبب هیدرولیز پروتئین‌های تیلاکوئیدی و کاهش مقدار کلروفیل a و b می‌گردد (سینری^۶ و همکاران، 1989). مارتین و تورس^۷ (1992) گزارش کردند که تجزیه پروتئین‌های کلروپلاستی منبع با ارزشی جهت اشکال قابل تحرک نیتروژن به محض ورود به شرایط تنش است. در این راستا می‌توان تجزیه کلروفیل را به عنوان یک مرحله مقدماتی در تخریب پروتئین‌ها در نظر گرفت (مارتین و تورس، 1992). همچنین کاهش رطوبت، پاسخ‌هایی نظیر تخریب پروتئین‌ها و تجمع برخی از اسیدهای آمینه آزاد در جهت حفظ تنظیم فشار اسمزی سلول را به دنبال دارد (یامادا^۸ و فوکوتوکو، 1986).

محتوای نسبی آب شاخص مناسبی از وضعیت آب برگ‌ها می‌باشد به طوری که در صورت پیشرفت تنش خشکی کاهش یافته و سبب تغییرهایی در غشای سلولی و در نتیجه افزایش نشت الکترولیتی از سلول‌ها می‌شود (فو^۹ و همکاران، 2004). سینکسر و لودلو^{۱۰} (1985) مقدار مناسب محتوای نسبی آب برگ برای گیاهان را معادل ۸۵٪ تا ۹۵٪ بیان کردند، به عقیده آن‌ها در این حالت جذب آب توسط ریشه با میزان تلفات آب به وسیله تعرق برابری می‌کند. بنابراین گیاه می‌تواند کارایی طبیعی خود را ادامه دهد.

تنش خشکی با شروع یک تنش اکسیداتیو همراه است، و در طی تنش تولید و ذخیره گروه‌های سمی و مخرب اکسیژن آزاد افزایش می‌یابد (انیز^{۱۱} و وان، 1995). از طرفی گیاهان در تنش‌های غیر زیستی از جمله خشکی و شوری می‌توانند تحت تاثیر انواع اکسیژن‌های فعال^{۱۲}، مثل پراکسید هیدروژن^{۱۳}، سوپر اکساید^{۱۴} و یون‌های هیدروکسیل قرار گیرند (باتر^{۱۵} و همکاران، 1973). انواع اکسیژن فعال، غشای لیپیدی، غشای پروتئینی و اسیدهای نوکلئیک را غیر فعال می‌کنند و منجر به تسریع آسیب سلول در شرایط تنش می‌شوند (ناریمانو^{۱۶} و کورستیو، 1997)، ضمن این که به عنوان یک عامل پیام رسان در پاسخ به محرک‌های مختلف عمل می‌کند (کافی و همکاران، 1380). پراکسید هیدروژن در گیاهان، می‌تواند نقشی دوگانه داشته باشد، به طوری که این ترکیب در غلظت‌های پایین به عنوان یک پیام حد واسط جهت تولید سالیسیک اسید و اتیلن عمل می‌نماید که سبب تطابق بیشتر با شرایط تنش‌زا می‌شود (هو و همکاران، 2009)، اما پراکسید هیدروژن در غلظت‌های بالا تخریب بافت و نهایتاً مرگ گیاه را به دنبال دارد (ویلا کاستورنا^{۱۷} و همکاران، 2003). به عبارتی کاربرد برون‌زا پراکسید هیدروژن می‌تواند به عنوان یک عامل دفاعی در برابر تنش‌های غیر زیستی و اکسیداتیو محسوب شود (میسرا و سربکاستاتوا، 2000). اناس^{۱۸} و همکاران (2005) عنوان کردند که کاربرد برون‌زای پراکسید هیدروژن سازگاری با تنش را در ذرت القاء می‌کند. اسپری پراکسید هیدروژن با غلظت پنج میلی‌مولار

9. Fu *et al.*

10. Sinclair & Ludlow

11. Inze and Van

12. Reactive Oxygen Species (ROS)

13. Hydrogen Peroxide (H2O2)

14. Super Oxide

15. Bates *et al.*

16. Narimanov and Korystov

17. Villa-Castorena *et al.*18. Enéas *et al.*

1. Amaranthaceae

2. Chylinski *et al.*3. Flexas *et al.*4. Hung *et al.*5. Appadiaya *et al.*6. Synerri *et al.*

7. Martin & Torres

8. Yamada and Fukutoku

اندازه گیری صفات

در انتهای آزمایش صفاتی نظیر تعداد برگ، سطح برگ توسط دستگاه سطح برگ سنج^۳، هدایت روزنه‌ای^۴ با استفاده از دستگاه پرومتر و شاخص کلروفیل با استفاده از دستگاه کلروفیل سنج^۵ اندازه‌گیری شدند. میزان پرولین طبق طبق روش باتر و همکاران با استفاده از دستگاه اسپکترومتر (Jenway Model 6305) و در طول موج ۵۲۰ نانومتر مورد محاسبه قرار گرفت. با استفاده از دستگاه کلروفلورسانس، عملکرد کوانتومی اندازه‌گیری شد. به‌منظور تعیین میزان پایداری غشای سلولی از شاخص نشت الکترولیت^۶ استفاده شد. در این روش ابتدا قطعاتی برگ‌گی با اندازه ۲ سانتی‌متر تهیه شد. این قطعات پس از شست و شو همراه با ۱۰ میلی-لیتر آب مقطر در لوله‌های آزمایش قرار گرفتند. سپس لوله‌ها به مدت ۱۷ تا ۱۸ ساعت به‌وسیله شیکر تکان داده شدند. در این مرحله هدایت الکتریکی اولیه (EC₁) به‌وسیله دستگاه هدایت‌سنج (EC متر)، اندازه‌گیری شد. سپس لوله‌های آزمایش به اتوکلاو با درجه حرارت ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه انتقال داده شدند. و بدین طریق هدایت الکتریکی ثانویه (EC₂) نیز پس از سرد شدن محتویات داخل لوله‌های آزمایش انجام گرفت. در نهایت مقادیر نشت الکترولیت از طریق رابطه زیر محاسبه شد:

$$EI (\%) = (EC_1/EC_2) \times 100$$

محتوای رطوبت نسبی^۷ آب برگ نیز در برگ‌های کاملاً توسعه یافته بعد از مشاهده علائم تنش مطابق با رابطه زیر محاسبه شد:

$$RWC (\%) = (Fw - Dw) / (Tw - Dw) \times 100$$

Fw, Dw, Tw به ترتیب نشانگر وزن تر، خشک و آماس نمونه‌های برگ‌گی می‌باشد. در زمان برداشت، برای اندازه‌گیری خصوصیات ریشه از جمله مجموع طول ریشه، حجم و وزن خشک ریشه‌ها، ریشه‌های مربوط به هر کدام از تیمارهای آزمایش را از خاک خارج کرده و در آزمایشگاه پس از شستشو با استفاده از اسکنر کامپیوتری و نرم‌افزار Delta T-scan مجموع طول ریشه‌ها اندازه‌گیری شد. پس از شستشوی ریشه‌ها، حجم ریشه‌ها توسط استوانه مدرج و بر اساس میزان افزایش حجم آب نسبت به حالت اولیه بر حسب سانتی‌متر مکعب اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها جهت اندازه-

با القای مجموعه‌ای از آنزیم‌های آنتی اکسیدانتی باعث محافظت گیاه تنباکو از تنش اکسیداتیو می‌شود (گچو^۱ و همکاران، ۲۰۰۲). در این موارد پراکسید هیدروژن باعث فعال شدن آنزیم‌های اکسیدانتی و بعضی اکسیدانت‌ها نظیر گلوتاتیون^۲ می‌شود. با وجود این‌که گیاهان زینتی بخش بزرگی از محصولات باغبانی را شامل می‌شوند، اما مطالعات انجام شده بر این دسته از گیاهان در ارتباط با انواع تنش بسیار ناچیز است (چایلین/اسکی و همکاران، ۲۰۰۷).

این پژوهش با هدف بررسی اثر متقابل کمبود آبیاری و پراکسید هیدروژن بر برخی صفات رشدی، فتوسنتزی و میزان پرولین در گیاه گل تکمه‌ای و تاج خروس زینتی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در تابستان و پاییز سال ۱۳۸۹ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی و در سه تکرار؛ و تیمارهای مورد آزمایش برای گیاه گل تکمه‌ای شامل سه رژیم آبیاری به‌صورت فواصل آبیاری هر چهار روز (شاهد)، هفت و ۱۰ روز و سه سطح پراکسید هیدروژن در سه غلظت صفر (شاهد)، دو و نیم و پنج میلی-مولار و تیمارهای مورد آزمایش برای گیاه تاج خروس شامل سه رژیم آبیاری (هر دو روز (شاهد)، پنج و هشت روز) و سه سطح پراکسید هیدروژن در سه غلظت صفر (شاهد)، دو و نیم و پنج میلی‌مولار بودند. بذر هر دو گیاه از شرکت باغ فرید تهران تهیه شد. ابتدا بذرها در تیوپ‌هایی با قطر دهانه ۱۲ سانتی‌متر، ارتفاع یک متر و با مخلوط خاکی حاوی خاک مزرعه، ماسه و خاک‌برگ به نسبت ۱:۲:۱ کاشته شدند. بعد از رشد گیاهچه‌ها، در هر تیوپ فقط یک بوته نگهداری شد. میزان آب مورد نیاز در هر نوبت آبیاری معادل ۳۰۰ سی‌سی در نظر گرفته شد. تیمارهای آبیاری بعد از استقرار کامل گیاهچه‌ها در تیوپ‌ها و در مرحله ۱۰ تا ۱۲ برگ‌گی اعمال شد. محلول پاشی برگ‌گی با پراکسید هیدروژن یک هفته قبل از آغاز تنش شروع شده و با فواصل هفت روز تا سه هفته بعد از آغاز تنش خشکی ادامه یافت

حداقل و حداکثر دمای شبانه روز به ترتیب ۱۶ و ۲۸ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی در محدوده ۵۰-۶۰٪ حفظ شد. در طی مدت انجام این آزمایش طول دوره روشنایی ۱۶ ساعت و تاریکی ۸ ساعت تنظیم گردید.

3. Leaf area meter
4. Stomatal conductance
5. Spad
6. Electrolyte Leakage
7. Relative Water Content

1. Gecheva *et al.*
2. Glutathione

تاثیر پرواکسید هیدروژن بر تنش کم آبی در گیاهان گل تکمه‌ای ...
گیری وزن خشک ریشه و اندام هوایی به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به آون منتقل شدند. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C صورت گرفت و برای رسم نمودارها از نرم افزار EXCEL استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

نتایج و بحث

تعداد و سطح برگ

اختلاف تعداد برگ گیاه تاج خروس در غلظت‌های مختلف پراکسید هیدروژن و تیمارهای کمبود آب در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۹). با افزایش فاصله آبیاری به تدریج از تعداد برگ در هر بوته کاسته شد، به طوری که در فاصله هشت روز آبیاری به کم‌ترین تعداد رسید (جدول ۱). ولی با افزایش غلظت پراکسید هیدروژن تعداد برگ افزایش یافت، به طوری که با کاربرد ۵ میلی‌مولار پراکسید هیدروژن به ۵۱ عدد رسید (جدول ۱). اثر متقابل پراکسید هیدروژن و تیمارهای کمبود آب، بیش‌ترین تعداد برگ در تیمار هر دو روز آبیاری و غلظت پنج میلی-مولار پراکسید هیدروژن (۶۰ برگ در هر بوته) به دست آمد (جدول ۲). با افزایش کاربرد برگی پراکسید هیدروژن تا سطح دو و نیم میلی‌مولار مقدار سطح برگ به سرعت افزایش یافت و از ۲۵۱ سانتی‌متر مربع در شاهد پراکسید هیدروژن (صفر میلی‌مولار) به ۴۶۸ سانتی‌متر مربع رسید و در غلظت پنج میلی‌مولار به ۳۸۸ سانتی‌متر مربع کاهش یافت (جدول ۲).

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که اختلاف بین فواصل آبیاری، پراکسید هیدروژن و اثر متقابل آن‌ها از نظر تعداد برگ گیاه گل تکمه‌ای معنی‌دار بود ($p \leq 0.01$) (جدول ۱). اگرچه پراکسید هیدروژن در تیمار شاهد تعداد برگ را افزایش نداد، ولی غلظت دو و نیم میلی‌مولار پراکسید هیدروژن در مقایسه با تیمار شاهد در بیش‌ترین فاصله آبیاری (۱۰ روز) تعداد برگ را ۳۹/۶٪ افزایش داد (جدول ۳). با افزایش کاربرد برگی پراکسید هیدروژن تا سطح دو و نیم میلی‌مولار مقدار سطح برگ به سرعت افزایش یافت و از ۱۷۹ سانتی‌متر مربع در شاهد پراکسید هیدروژن (صفر میلی‌مولار) به ۳۳۴ سانتی‌متر مربع رسید و در غلظت پنج میلی‌مولار مجدد کاهش یافت (جدول ۱).

تعداد و سطح برگ به تورژسانس برگ، دما و میزان آسمیلات‌ها بستگی دارد که همگی تحت تاثیر کمبود آب قرار می‌گیرد، به طوری که در شرایط کمبود آب تعداد و سطح برگ کاهش یافته و به دنبال آن ظرفیت فتوسنتزی گیاه

نیز کاهش می‌یابد (کافی و همکاران، ۱۳۸۰). زیبا^۱ و همکاران (۱۹۹۴) اظهار داشتند که کاهش پتانسیل آب خاک سبب کاهش تقسیم و توسعه سلولی شده و تولید برگ را نیز کاهش می‌دهد. شلدراک^۲ و همکاران (۱۹۷۹) نیز بیان کردند که کاهش تعداد برگ در زمان تنش می‌تواند به علت پیری زودرس در زمان تنش باشد. از طرفی گزارش شده است که پراکسید هیدروژن با افزایش رشد (کوتون^۳ و همکاران، ۲۰۰۰) اثر تنش خشکی را تعدیل کرده و می‌تواند در افزایش تعداد برگ و سایر پارامترهای رشدی موثر باشد. هی^۴ و همکاران (۲۰۰۹) اظهار داشتند، در گیاه گندم پراکسید هیدروژن باعث بهبود صفات رشدی در برابر تنش خشکی شد. این در حالی است که افزایش بیش از حد غلظت پراکسید هیدروژن در آسیب به سلول‌های گیاهی موثر بوده و از طریق کاهش سطح و تعداد برگ منجر به کاهش فتوسنتز می‌شود (بولر^۵ و فلوهر، ۲۰۰۲).

وزن خشک اندام هوایی و ریشه

اختلاف فاصله آبیاری و میزان پراکسید هیدروژن بر وزن خشک اندام هوایی و ریشه گیاه تاج خروس معنی‌دار بود ($p \leq 0.01$) (جدول ۱). با افزایش فاصله آبیاری به تدریج از وزن خشک گیاه کاسته شد (جدول ۱). این در حالی است که در غلظت دو و نیم میلی‌مولار پراکسید هیدروژن، بیش‌ترین افزایش وزن خشک اندام هوایی و ریشه گیاه تاج خروس نسبت به شاهد مشاهده شد (جدول ۱). از سوی دیگر اثر متقابل فاصله آبیاری و میزان پراکسید هیدروژن نیز بر مقادیر وزن خشک بخش هوایی و ریشه به ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار شد و فاصله آبیاری هشت روز یک بار، وزن خشک اندام هوایی و ریشه گیاه تاج خروس را به ترتیب برابر ۴۰ و ۲۶ درصد کاهش داد (جدول ۳). بیش‌ترین وزن خشک اندام هوایی در فاصله آبیاری دو و پنج روز و در غلظت دو و نیم میلی‌مولار پراکسید هیدروژن و کم‌ترین میزان فوق در فاصله آبیاری هشت روز و عدم محلول‌پاشی پراکسید هیدروژن مشاهده شد. هم‌چنین کم‌ترین میزان وزن خشک ریشه گیاه تاج خروس در فاصله آبیاری دو و پنج روز و در غلظت صفر میلی‌مولار پراکسید هیدروژن حاصل شد (جدول ۱).

1. Xia et al.
2. Sheldark et al.
3. Kovtun et al.
4. He et al.
5. Bowler and Fluhr

درصد کاهش نشان داد (جدول ۱). براین اساس وزن خشک اندام هوایی در گیاهانی که با آب مقطر محلول پاشی شدند (بدون پراکسید هیدروژن) تحت فاصله آبیاری ۱۰ روز برابر ۸۳٪ کاهش یافت. ولی با کاربرد ۲/۵ میلی مولار پراکسید هیدروژن در همین تیمار آبیاری، وزن خشک اندام هوایی گیاه گل تکمه‌ای تقریباً سه برابر تیمار شاهد (بدون کاربرد پراکسید هیدروژن) افزایش یافت (جدول ۴). مجموع طول ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، ولی تاثیر معنی‌داری در حجم ریشه نداشت. بدین ترتیب بیش‌ترین طول ریشه در تیمار آبیاری ده روز یک‌بار و در نتیجه محلول پاشی با آب مقطر (شاهد) مشاهده شد (جدول ۴).

اختلاف بین غلظت‌های مختلف پراکسید هیدروژن و فاصله آبیاری از نظر وزن خشک اندام هوایی و ریشه گیاه گل تکمه‌ای معنی‌دار بود (جدول ۱). اثر متقابل فاصله آبیاری و میزان پراکسید هیدروژن بر وزن خشک اندام هوایی و ریشه به‌ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۹). با افزایش میزان پراکسید هیدروژن، وزن خشک اندام هوایی و ریشه گیاه گل تکمه‌ای افزایش یافت. ولی با افزایش فاصله آبیاری وزن خشک اندام هوایی و ریشه کاهش شدیدی پیدا کرد. به‌طوری‌که در فاصله آبیاری ۱۰ روز، وزن خشک اندام هوایی و ریشه گیاه گل تکمه‌ای را در مقایسه با شاهد به‌ترتیب برابر ۶۷/۴ و ۶۳

جدول ۱: اثر ساده کمبود آب بر برخی صفات اندازه‌گیری شده در تک بوته تاج خروس زینتی و گل تکمه‌ای

Table 1: The simple effects of water deficiency on some plant characteristics on Glob Amaranth and ornamental Amaranth

Total Root Lenth (mm)	Volume of roots (cm ³)	Root/Shoot	Shoot Dry Weight (gr)	Root Dry Weight (gr)	Leaf Area (cm ²)	Leaf Number	Irrigation interval (day)
Amaranthus							
41360 b	8.5 a	0.156 b	16.9 a	2.63 a	471.82a	53.33 a	2
42820 b	5.58 b	0.150 b	15.02 b	2.25 b	309.87b	48.88 b	5
49370 a	4.27 c	0.195 a	10.09c	1.94 c	326.61b	43.27 c	8
Gomphrena							
13789 b	22.88 a	0.1a	24.60 a	2.52a	336.98a	91.11 a ¹	4
14274 b	19.88 b	0.12a	10.39 b	1.24b	221.33b	62.11 b	7
16458 a	15 c	0.12a	8.01 c	0.93 c	233.29b	62.88 b	10

*: Means, that the difference between them is lower than the amount of LSD, are not significantly different at $\alpha=0.05$ by LSD test.

جدول ۲: اثر ساده غلظت پراکسید هیدروژن بر برخی صفات اندازه‌گیری شده در تک بوته تاج خروس و گل تکمه‌ای زینتی

Table 2: The simple effects of Hydrogen peroxide on some plant characteristics on Glob Amaranth and ornamental Amaranth

Total Root Lenth (mm)	Volume of roots (cm ³)	Root/Shoot	Shoot Dry Weight (gr)	Root Dry Weight (gr)	Leaf Area (cm ²)	Leaf Number	Hydrogen Peroxide (m μ)
Amaranthus							
53800 a	5.66 b	0.168a	12.32c	2 b	251.84c	47 b	0
44710 b	6.79 a	0.171a	16.03a	2.59 a	468.30b	47.25 b	2.5
35040 c	5.73 b	0.162a	13.69b	2.23 b	388.12a	51.22 a	5
Gomphrena							
17934 a	16.77 b	0.13a	11.99 c	1.47 b	179.88c	69.44 b	0
14906 b	23.44 a	0.09b	17.46 a	1.68 ab	334.50a	77.11 a	2.5
11682 c	17.55 b	0.12ab	13.55 b	1.53a	277.23b	69.55 b	5

*: Means, that the difference between them is lower than the amount of LSD, are not significantly different at $\alpha=0.05$ by LSD test.

جدول ۳: اثر متقابل پراکسید هیدروژن و کمبود آب بر برخی صفات اندازه‌گیری شده در تاج خروس زینتی

Table 3: The interaction effects of water deficiency and Hydrogen peroxide on some plant characteristics on ornamental Amaranth

Total Root Lenth (mm)	Volume of roots (cm ³)	Root/Shoot	Shoot Dry Weight (gr)	Root Dry Weight (gr)	Leaf Area (cm ²)	Leaf Number	Hydrogen peroxide (mμ)	Irrigation interval (day)
27165 f	9 a	0.158cd	16.79a	2.66a	500b	50c	0	2
51966bc	8.65a	0.147cd	18.48a	2.71a	67.28e	50 c	2.5	
44976cd	7.86 ab	0.162cd	15.55c	2.52a	79.39e	60 a	5	
61229b	4 df	0.138d	12.38e	1.71b	589.3a	45.33 d	0	5
36833d	6.93 b	0.135d	18.52a	2.50a	179.1d	49.33 c	2.5	
30404ef	5.83 cd	0.179bc	14.16d	2.54a	101.1de	53 b	5	
73018a	4 df	0.208ab	7.81f	1.63b	333.4c	45.66 d	0	8
45354cd	3.35 de	0.231a	11.11e	2.54a	143.6de	42.50 e	2.5	
29757ef	3.5 f	0.145cd	11.38e	1.65b	69.02e	41.66 e	5	

*: Means, that the difference between them is lower than the amount of LSD, are not significantly different at $\alpha=0.05$ by LSD test.

همکاران (2004) بیان داشتند هم‌زمان با کاربرد پراکسید هیدروژن، وزن خشک ریشه‌ها در گندم نیز افزایش می‌یابد. طی بررسی میسر^۱ و سریکاستاتوا^۵ (2000) رشد گیاهان تحت تنش‌های مختلف محیطی در اثر غلظت‌های پایین پراکسید هیدروژن، افزایش می‌یابد.

حجم و مجموع طول ریشه

اختلاف غلظت‌های مختلف پراکسید هیدروژن بر حجم و مجموع طول ریشه گیاه تاج خروس معنی‌دار بود (جدول ۱). هم‌چنین فواصل آبیاری از نظر حجم و مجموع طول ریشه، به‌ترتیب در سطح احتمال خطای یک و پنج درصد اختلاف معنی‌داری را نشان دادند. با افزایش کاربرد برگی پراکسید هیدروژن تا سطح دو و نیم میلی‌مولار بر حجم ریشه گیاه افزوده شد (جدول ۱). به‌طوری‌که حجم ریشه در سطح دو و نیم میلی‌مولار پراکسید هیدروژن ۲۳٪ نسبت به شاهد افزایش یافت، و با افزایش میزان پراکسید هیدروژن تا سطح پنج میلی‌مولار کاهش یافت (جدول ۱). از طرفی افزایش فواصل آبیاری منجر به کاهش میانگین حجم ریشه شد. بدین ترتیب در فاصله آبیاری پنج روز، کاربرد سطوح دو و نیم و پنج میلی‌مولار پراکسید هیدروژن حجم ریشه را به ترتیب برابر ۷۳ و ۴۵ درصد نسبت به تیمار شاهد در همین سطح از آبیاری افزایش داد (جدول ۳). در ارتباط با مجموع طول ریشه نیز مشخص شد که افزایش فواصل آبیاری باعث افزایش طول ریشه می‌شود، هم‌چنین بررسی اثر ساده پیش

با افزایش غلظت پراکسید هیدروژن تا سطح دو و نیم میلی‌مولار بر حجم ریشه گیاه نیز افزوده شد. به‌طوری‌که از ۱۷ سانتی‌متر مکعب در تیمار شاهد پراکسید هیدروژن به ۲۳ سانتی‌متر مکعب در سطح دو و نیم میلی‌مولار رسید، و با افزایش میزان پراکسید هیدروژن تا سطح پنج میلی‌مولار کاهش یافت. از طرفی افزایش فواصل آبیاری منجر به کاهش میانگین حجم ریشه شد (جدول ۱). وزن خشک ریشه در تیمار صفر میلی‌مولار پراکسید هیدروژن (شاهد) و فاصله آبیاری چهار روز در بیش‌ترین مقدار (۲/۸ گرم) به‌دست آمد. این در حالی است که با افزایش فواصل آبیاری، محلول پاشی برگی پراکسید هیدروژن مقادیر وزن خشک ریشه را بهبود بخشید (جدول ۴).

یکی از اولین پاسخ‌های گیاه به تنش‌های غیر زیستی، کاهش رشد گیاه است. هرچه دوره خشکی طولانی‌تر باشد رشد اندام هوایی کاهش بیش‌تری پیدا می‌کند که این کاهش می‌تواند مربوط به افزایش آبسزیک اسید در اندام هوایی باشد (زینگ^۱ و همکاران، 2004). کاتون و همکاران (2000) بیان داشتند که هم‌زمان با کاربرد پراکسید هیدروژن، وزن خشک ریشه‌ها افزایش می‌یابد و رشد گیاهان تحت تنش‌های مختلف محیطی در اثر غلظت‌های مناسب پراکسید هیدروژن، افزایش می‌یابد. این افزایش رشد می‌تواند در اثر کاهش میزان آبسزیک اسید (می^۲ و همکاران، 2010) و یا تولید بیشتر ریشه‌های ثانویه (موسکو^۳ و همکاران، 2007) باشد. حامد^۴ و

1. Xing *et al.*
2. Li *et al.*
3. Moskova *et al.*
4. Hameed *et al.*

سلولی در نتیجه پیش تیمار پراکسید هیدروژن را به تاثیر این ماده در تشکیل دیواره سلولی ثانویه در ریشه نسبت دادند. شیرر^۲ و همکاران (1961) نیز گزارش کردند کاربرد برونزای غلظت‌های پایین پراکسید هیدروژن از توسعه ریشه در گیاه Alpine larch جلوگیری می‌کند. افزایش غلظت پراکسید هیدروژن در سلول‌های ریشه برنج نیز به علت تحریک تشکیل آبسزیک اسید رشد ریشه را کاهش داد (مارتین و تورس، 1992). این در حالی است که ناریمانو و کورستیو (1997) گزارش کردند سطوح پایین پراکسید هیدروژن می‌تواند وزن و طول ریشه گیاه تحت تنش را افزایش دهد.

نسبت ریشه به ساقه

اختلاف فاصله آبیاری و میزان پراکسید هیدروژن بر نسبت ریشه به ساقه گیاه تاج خروس معنی‌دار بود ($p \leq 0/01$). با افزایش فاصله آبیاری به نسبت ریشه به ساقه اضافه شد (جدول ۱). این در حالی است که در غلظت دو و نیم میلی‌مولار پراکسید هیدروژن، بیش‌ترین افزایش نسبت ریشه به ساقه گیاه تاج خروس نسبت به شاهد مشاهده شد (جدول ۱). از سوی دیگر اثر متقابل فاصله آبیاری و میزان پراکسید هیدروژن بر نسبت ریشه به ساقه گیاه تاج خروس معنی‌دار شد و فاصله آبیاری هشت روز یک‌بار، نسبت ریشه به ساقه گیاه تاج خروس را به ترتیب برابر ۲۵ و ۲۶ درصد افزایش داد. بیش‌ترین نسبت ریشه به ساقه در فاصله آبیاری هشت روز و در غلظت ۲/۵ میلی‌مولار پراکسید هیدروژن و کم‌ترین میزان فوق در فاصله آبیاری پنج روز و در غلظت دو و نیم میلی‌مولار پراکسید هیدروژن مشاهده شد (جدول ۳).

اختلاف بین غلظت‌های مختلف پراکسید هیدروژن و فاصله آبیاری از نظر نسبت ریشه به ساقه گیاه گل‌تکمه‌ای معنی‌دار بود (جدول ۱). اثر متقابل فاصله آبیاری و میزان پراکسید هیدروژن بر نسبت ریشه به ساقه به ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد اختلاف معنی‌داری را داشت (جدول ۴). با افزایش فاصله آبیاری نسبت ریشه به ساقه افزایش یافت (جدول ۱). نسبت ریشه به ساقه در تیمار صفر میلی‌مولار پراکسید هیدروژن (شاهد) و فاصله آبیاری ۱۰ روز در بیش‌ترین مقدار (۰/۱۶) به دست آمد (جدول ۴).

از آن‌جاکه با کاهش محتوای رطوبت خاک، پسابیدگی پروتوپلاسم توام با کاهش آماس سلول اتفاق می‌افتد، اندازه سلول و سرعت تقسیم سلولی روند کاهشی شدیدی پیدا می‌کند که منجر به کاهش میزان رشد و سطح

تیمار پراکسید هیدروژن نشان‌داد کاربرد برونزای این ماده باعث کاهش مقادیر این طول ریشه شد (جدول ۱).

غلظت‌های مختلف پراکسید هیدروژن و افزایش فواصل آبیاری بر مجموع طول و حجم ریشه گیاه گل‌تکمه‌ای تاثیر معنی‌داری داشت ($p < 0/01$) (جدول ۹). این در حالی است که اثر متقابل فواصل آبیاری و پراکسید هیدروژن برای مجموع طول ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، ولی تاثیر معنی‌داری در حجم ریشه نداشت. بدین ترتیب بیش‌ترین طول ریشه در تیمار آبیاری ده روز یکبار و در نتیجه محلول‌پاشی با آب مقطر (شاهد) مشاهده شد (جدول ۴). با افزایش غلظت پراکسید هیدروژن تا سطح دو و نیم میلی‌مولار بر حجم ریشه گیاه نیز افزوده شد. به طوری که از ۱۷ سانتی‌متر مکعب در تیمار شاهد پراکسید هیدروژن به ۲۳ سانتی‌متر مکعب در سطح دو و نیم میلی‌مولار رسید، و با افزایش میزان پراکسید هیدروژن تا سطح پنج میلی‌مولار کاهش یافت. از طرفی افزایش فواصل آبیاری منجر به کاهش میانگین حجم ریشه شد (جدول ۱).

هرچه دوره خشکی طولانی‌تر باشد طول ریشه به منظور کسب آب از لایه‌های عمیق‌تر خاک، افزایش می‌یابد (زینگ و همکاران، 2004) منطبق با نتایج فوق در گل حنا و شمعدانی نیز با افزایش سطوح تنش، طول ریشه افزایش یافت (چاپلین /سکی و همکاران، 2007). ناریمانو و کورستیو (1997) گزارش کردند سطوح پایین پراکسید هیدروژن می‌تواند وزن و طول ریشه گیاه تحت تنش را افزایش دهد. داده‌های جدول ۳ مربوط به صفت طول ریشه گیاه گل تاجی نیز نشان می‌دهد در فاصله آبیاری هفت روز، دو سطح دو و نیم و پنج میلی‌مولار پراکسید هیدروژن استفاده شده منجر به افزایش طول ریشه شده است. حال آن‌که در فاصله ۱۰ روز آبیاری با افزایش سطوح پراکسید هیدروژن داخلی، کاربرد برونزای این ترکیب منجر به کاهش مقادیر این صفت شد. کاهش طول ریشه می‌تواند تنها در نتیجه کاهش فرایند طول شدن سلولی اتفاق بیافتد بدون این‌که تقسیم سلولی نیز کاهش یابد (حامد و همکاران، 2004). از آن‌جا که در این پژوهش با افزایش پراکسید هیدروژن تا ۲/۵ میلی‌مولار وزن خشک ریشه افزایش یافت ولی مجموع طول ریشه کاهش نشان داد می‌توان این‌طور نتیجه گرفت که پراکسید هیدروژن می‌تواند در غلظت‌های پایین، تقسیم سلولی را افزایش دهد ولی از طول شدن سلولی جلوگیری کند (حامد و همکاران، 2004). پوتیکھا^۱ و همکاران (1999) کاهش طول شدن

تأثیر پرواکسید هیدروژن بر تنش کم آبی در گیاهان گل تکمهای ... فتوسنتز کننده گیاه می شود (کافی و همکاران، ۱۳۸۰). به نظر می رسد به علت فرایند قرینگی^۱، کمبود آب وزن خشک گیاه را تحت تاثیر قرار می دهد و همان طور که کمبود آب باعث کاهش رشد و تقسیم سلول می گردد، تعداد و وزن خشک اندام گیاه را نیز کاهش می دهد. گیاه در شرایط بدون تنش خشکی از وضعیت آماس سلولی مناسبی برخوردار است که در این شرایط، پتانسیل فشاری لازم برای توسعه سلول و تقسیم آن فراهم می باشد. لذا این شرایط باعث افزایش فعالیت متابولیسمی و رشد و سرعت توسعه ریشه می گردد، به طوری که با رشد ریشه جذب یونهای غذایی بیشتر می شود و با تولید اندام هوایی زیادتر، انرژی موجود از طریق فتوسنتز نیز افزایش می یابد (کافی و همکاران، ۱۳۸۰ و حسنی و امید بیگی، ۱۳۸۱)، ولی در شرایط تنش خشکی محدودیت های تغذیه ای که از طریق کاهش جذب فسفر، پتاسیم، نیترات و کلسیم ایجاد می شود، رشد و سرعت توسعه ریشه را کاهش داده و به تبع آن تولید اندام هوایی کم تر و انرژی موجود از طریق فتوسنتز کاهش می یابد (مارتین و تورس، ۱۹۹۲). مطالب فوق نشان می دهد که در شرایط تنش و وضعیت نامناسب آماس سلولی، اختصاص مواد غذایی به ریشه نسبت به ساقه افزایش یافته و گیاه قادر نخواهد بود کربوهیدرات مورد نیاز برای ادامه رشد را فراهم کند، به طوری که در این مطالعه نیز با تنش رطوبت شیب کاهش وزن خشک اندام هوایی نسبت به وزن خشک ریشه شدیدتر بود (جدول های ۱ و ۳). ولی در شرایط کمبود شدید آب با افزایش میزان پراکسید هیدروژن، نسبت وزن خشک ریشه به ساقه کاهش نشان داد (جدول های ۳ و ۴).

نشت الکتروولیت

اختلاف نشت الکتروولیت بین غلظت های متفاوت پراکسید هیدروژن و فاصله آبیاری در گیاه تاج خروس معنی دار بود (جدول ۶). اثر متقابل فاصله آبیاری و غلظت پراکسید هیدروژن نیز بر درصد نشت الکتروولیت معنی دار بود (جدول ۷). با افزایش غلظت پراکسید هیدروژن تا دو و نیم و پنج میلی مولار به ترتیب نشت الکتروولیت ۳۲ و شش درصد نسبت به شاهد پراکسید هیدروژن (صفر میلی مولار)، کاهش یافت. ولی با افزایش فاصله آبیاری به تدریج بر مقادیر این صفت افزوده شد، به طوری که در فواصل آبیاری هشت روز به بیشترین میزان خود برابر ۵۹/۳ درصد رسید (جدول های ۵ و ۶). براین اساس نشت الکتروولیت در گیاهانی که با آب مقطر

محلول پاشی شدند (بدون پراکسید هیدروژن) تحت شرایط فاصله آبیاری هشت روز به ۸۶ درصد رسید. حال آن که با کاربرد دو و نیم و پنج میلی مولار پراکسید هیدروژن در همین فاصله آبیاری، نشت الکتروولیت تقریباً به نصف کاهش یافت (جدول ۷). تجزیه واریانس مربوط به نشت الکتروولیت در گیاه گل تکمهای نشان داد که بین غلظت های مختلف کاربرد پراکسید هیدروژن و هم چنین سطوح مختلف خشکی اختلاف معنی دار وجود دارد (جدول های ۵ و ۶). اثر متقابل فاصله آبیاری و پراکسید هیدروژن نیز بر نشت الکتروولیت و مقدار آب نسبی برگ معنی دار بود (جدول های ۷ و ۸). با افزایش غلظت پراکسید هیدروژن تا سطح دو و نیم میلی مولار میزان نشت الکتروولیتی سلول های برگی کاهش یافت، ولی تا سطح ۵ میلی مولار نشت الکتروولیت افزایش نشان داد (جدول ۶). هم چنین بررسی اثر متقابل فاصله آبیاری و پراکسید هیدروژن نشان داد که بیشترین میزان نشت الکتروولیت در تیمار شاهد پراکسید هیدروژن (صفر میلی مولار) و فاصله آبیاری ۱۰ روز برابر ۵۸٪ به دست آمد (جدول ۸).

یکی از مکان هایی که در تنظیم متابولیسم ایفای نقش می کند غشاهای سلولی است. زیرا غشاها با کنترل ورود و خروج متابولیت ها از ایجاد تعادل در دو طرف غشا پیشگیری می کنند. به علاوه تنش خشکی سبب افزایش رونویسی ژن های دخیل در بیوسنتز آنزیم های مرتبط با پراکسیداسیون لیپیدی و در پی آن، افزایش نشت الکتروولیتی می شود (رن و همکاران، ۲۰۰۶). لذا سلول های گیاهی باید از مکانیزم ویژه ای برخوردار باشند تا بتوانند از آسیب به نقاط کلیدی متابولیسم از جمله غشاها پیشگیری نمایند. به عبارتی گیاهان برای مقابله با تنش اکسیداتیو ایجاد شده دارای سیستم دفاعی و کارایی بالا هستند که رادیکال های آزاد را از بین برده و یا خنثی می کند. این سیستم دفاعی شامل راهکارهای آنزیمی و غیر آنزیمی است. که به برخی آنزیم های تولید شده در این راستا از جمله آلترناتیو اکسیداز می توان اشاره کرد (ادرو^۲، ۲۰۰۵). توالی و توانایی سمیت زدایی توسط این آنزیم ها بیشتر شامل ممانعت از تبدیل یک نوع اکسیژن واکنش زا به یک نوع دیگر که خطرناک تر است می باشد. عملکرد مطلوب این مکانیسم ها سبب کاهش آسیب به غشاها و در نتیجه کاهش نشت الکتروولیت خواهد شد. می و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند پیش تیمار بذری گندم با پراکسید هیدروژن منجر به کاهش آسیب غشای سلولی ناشی از تنش خشکی می شود.

جدول ۴: اثر متقابل پراکسید هیدروژن و فاصله آبیاری بر برخی صفات اندازه‌گیری شده در گل تکمه‌ای

Table 4: The interaction effects of water deficiency and Hydrogen peroxide on some plant characteristics on Glob Amaranth

Total Root Lenth (mm)	Volume of roots (cm ³)	Root/ Shoot	Shoot Dry Weight (gr)	Root Dry Weight (gr)	Leaf Area (cm ²)	Leaf Number	Hydrogen peroxide (μμ)	Irrigation interval (day)
9055.11f	20	0.12ab	23.11b	2.80a	245.16de	97.66a	0	
17322.18bc	27.33	0.08b	27.81a	2.48b	408.92a	94 a	2.5	4
14992.11 cd	21.33	0.1ab	22.9b	2.28b	356.86b	81.66 b	5	
20409.78 b	16.66	0.11ab	8.85d	0.98e	152.29f	57.66 de	0	
12277.89 de	25	0.11ab	13.17c	1.47c	280.48cd	63.33 de	2.5	7
10134.70 ef	18	0.13ab	9.17d	1.26cd	231.23e	65.33 cd	5	
24339.33 a	13.66	0.16a	4.03e	0.647f	142.20f	53 cd	0	
15118.32 cd	18	0.09b	11.42c	1.08de	314.09bc	74 bc	2.5	10
9919.22 ef	13.33	0.12ab	8.58d	1.06de	243.6de	61.66 de	5	

*: Means, that the difference between them is lower than the amount of LSD, are not significantly different at α=0.05 by LSD test.

جدول ۵: اثر ساده کمبود آب بر برخی صفات اندازه‌گیری شده در تک بوته تاج خروس زینتی و گل تکمه‌ای

Table 5: The simple effects of water deficiency on some plant characteristics on Glob Amaranth and ornamental Amaranth

Spad	Proline (μmol/g)	Stomatal conductance (mmol/m2.s)	Relative Water Content (%)	Electrolyte Leakage (%)	Irrigation interval (day)
					Amaranthus
80.13a	0.185 c	23.11 a	0.84 a	36.66 b	2
66.26c	B0.193	18.73 b	0.76 b	39.79 b	5
71.63b	0.294a	13.31 c	0.73 c	59.26 a	8
					Gomphrena
37.39a	0.096c	33.38 a	0.79 a	17.69 c	4
30.92b	0.184b	31.63 a	0.77 a	33.38 b	7
33.42b	0.299 a	22.27 b	0.65 b	43.53 a	10

*: Means, that the difference between them is lower than the amount of LSD, are not significantly different at α=0.05 by LSD test

جدول ۶: اثر ساده غلظت پراکسید هیدروژن بر برخی صفات اندازه‌گیری شده در تک بوته تاج خروس و گل تکمه‌ای زینتی

Table 6: The simple effects of Hydrogen peroxide on some plant characteristics on Glob Amaranth and ornamental Amaranth

Spad	Proline (μmol/g)	Stomatal conductance (mmol/m2.s)	Relative Water Content (%)	Electrolyte Leakage (%)	Hydrogen Peroxide (μμ)
					Amaranthus
66.63b	0.214 c	17.42 b	0.78 ab	51.85 a	2
83.73a	0.225 b	25.64 a	0.80 a	35.25 b	5
67.66b	0.233 a	17.08 b	0.76 b	48.61 a	8
					Gomphrena
31.09b	0.16c	30.38 a	0.96 b	38.01a	4
39.07a	0.19b	33.78 a	0.83 a	25.76 c	7
31.57b	0.22a	23.12 b	0.69 b	30.83 b	10

Means, that the difference between them is lower than the amount of LSD, are not significantly different at α=0.05 by LSD test.

محتوای رطوبت نسبی

اختلاف فاصله آبیاری در گیاه تاج خروس از نظر محتوای رطوبت نسبی معنی‌داری بود (جدول ۵)، به طوری که مقادیر این صفت از ۸۴ درصد در تیمار شاهد به ۷۳ درصد در فاصله آبیاری هشت روز رسید. اختلاف غلظت محلول پاشی پراکسید هیدروژن بر محتوای رطوبت نسبی در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۹). با افزایش غلظت پراکسید هیدروژن تا سطح دو و نیم میلی‌مولار، محتوای

رطوبت نسبی گیاه زیاد شد و با افزایش بیشتر تا سطح ۵ میلی‌مولار از مقدار صفت فوق کم شد (جدول ۷). تجزیه واریانس مربوط به محتوای رطوبت نسبی در گیاه گل تکمه‌ای نشان داد که بین غلظت‌های مختلف کاربرد پراکسید هیدروژن، فاصله آبیاری و اثر متقابل آن‌ها اختلاف معنی‌دار وجود دارد (جدول ۱۰).

جدول ۷: اثر متقابل پراکسید هیدروژن و فاصله آبیاری بر برخی صفات اندازه‌گیری شده در تاج خروس زینتی

Table 7: The interaction effects of water deficiency and Hydrogen peroxide on some plant characteristics on ornamental Amaranth

Spad	Stomatal conductance (mmol/m ² .s)	Relative Water Content (%)	Electrolyte Leakage	Proline (μmol/g)	Hydrogen Peroxide (mμ)	Irrigation interval (day)
29.4a	26.10 a	0.87 ns	35.44 cde	0.18f	0	
28.16a	25.23 a	0.85 ns	31.78 de	0.19ef	2.5	2
22.56b	18 c	0.80 ns	42.76 bcde	0.199e	5	
23.03b	14.40 d	0.74 ns	33.95 de	0.199e	0	
26.06ab	20.23 b	0.8 ns	30.07 e	0.189e	2.5	5
17.16c	21.56 b	0.75 ns	55.36 b	0.199d	5	
14.2c	11.76 e	0.73 ns	86.15 a	0.279c	0	
29.5a	16.46 cd	0.71 ns	43.91 bcd	0.309b	2.5	8
27.93a	11.7 e	0.73 ns	47.72 bc	0.31a	5	

*: Means, that the difference between them is lower than the amount of LSD, are not significantly different at $\alpha=0.05$ by LSD test.

جدول ۸: اثر متقابل پراکسید هیدروژن و فاصله آبیاری بر برخی صفات اندازه‌گیری شده در گل تکمه‌ای

Table 8: The interaction effects of water deficiency and Hydrogen peroxide on some plant characteristics on Glob Amaranth

Spad	Stomatal conductance (mmol/m ² .s)	Relative Water Content (%)	Electrolyte Leakage (%)	Proline (μmol/g)	Hydrogen Peroxide (mμ)	Irrigation interval (day)
41.16a	37.1	0.85 ab ¹	15.56d	0.079g	0	
39.43a	39.9	0.83 ab	18.82cd	0.09fg	2.5	4
31.59b	23.2	0.69 de	18.69cd	0.11f	5	
32.24b	30	0.78bcd	40.88b	0.15e	0	
36.49ab	35.6	0.89 a	24.21c	0.19d	2.5	7
24.03c	29.4	0.64 e	35.05b	0.20d	5	
19.88c	24.2	0.45 f	57.60a	0.24c	0	
41.3a	25.9	0.79 bc	34.24b	0.30b	2.5	10
39.1a	16.8	0.73 cde	38.74b	0.34a	5	

*: Means, that the difference between them is lower than the amount of LSD, are not significantly different at $\alpha=0.05$ by LSD test.

هیدروژن تا سطح ۵ میلی‌مولار هدایت روزانه‌ای کاهش نشان داد (جدول ۶).

در شرایط کمبود آب، یکی از مهم‌ترین وظایف هورمون آبسزیک اسید بستن روزنه‌ها از طریق کاهش تورم سلول‌های محافظ می‌باشد (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۱). این در حالی است که پراکسید هیدروژن از بسته شدن روزنه‌ها در شرایط تنش جلوگیری می‌کند (بین^۳ و همکاران، ۲۰۰۵). منطبق با نتایج فوق، در دو گیاه سرخار گل و گل پنستمون مشخص شد که تنش خشکی با فواصل زمانی ۲ و ۴ هفته هدایت روزانه‌ای را ۷۲ تا ۸۱ درصد نسبت به شاهد (یک هفته) کاهش می‌دهد (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۱). این در حالی است که پراکسید هیدروژن از بسته شدن روزنه‌ها در شرایط تنش جلوگیری می‌کند (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۱). پراکسید هیدروژن باعث بهبود تعادل آبی برگ از طریق القای سیستم آنتی‌اکسیدانسی و حفظ آماس سلولی می‌گردد (زینگ و همکاران، ۲۰۰۴). هی و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند پیش تیمار بذری گندم با پراکسید هیدروژن منجر به کاهش آسیب غشای سلولی ناشی از تنش خشکی می‌شود.

پرولین

اثرات ساده فواصل آبیاری و پراکسید هیدروژن و هم چنین اثر متقابل آن‌ها بر محتوای پرولین برگ گیاه تاج خروس معنی‌دار بود (جدول ۹) و با افزایش فواصل آبیاری و پراکسید هیدروژن، پرولین گیاه نیز افزایش یافت. بیش‌ترین مقادیر این صفت با میانگین ۰/۳۰۹ میکرومول بر گرم وزن تر در تیمار بالاترین سطح پراکسید هیدروژن و تنش خشکی شدید (هشت روز آبیاری) به‌دست آمد (جدول ۷).

اثرات ساده فواصل آبیاری و پراکسید هیدروژن و هم چنین اثر متقابل آن‌ها بر محتوای پرولین برگ گیاه گل تکمه ای در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱۰). بر این اساس با افزایش فواصل آبیاری و پراکسید هیدروژن، پرولین گیاه نیز افزایش یافت. بدین ترتیب بیش‌ترین مقادیر این صفت با میانگین ۰/۳۴ میکرومول بر گرم در تیمار بالاترین سطح پراکسید هیدروژن (پنج میلی‌مولار) و بیش‌ترین فاصله آبیاری (۱۰ روز) به‌دست آمد (جدول ۸).

مکانیزم دفاعی گیاه در برابر تنش خشکی نیاز به نوعی سازش اسمزی دارد. این سازش اسمزی می‌تواند از طریق سنتز ترکیبات محلول درون سلولی تامین گردد (سرنور و همکاران، ۱۹۹۹). پرولین می‌تواند ترکیباتی نظیر

با افزایش غلظت پراکسید هیدروژن تا سطح دو و نیم میلی‌مولار میزان محتوای رطوبت نسبی زیاد شد. ولی با افزایش غلظت پراکسید هیدروژن تا سطح پنج میلی‌مولار محتوای رطوبت نسبی کاهش یافت (جدول ۶). هم‌چنین بررسی اثر متقابل فاصله آبیاری و پراکسید هیدروژن نشان‌داد که بیش‌ترین محتوای رطوبت نسبی در غلظت دو و نیم میلی‌مولار پراکسید هیدروژن و فاصله آبیاری هفت روز حاصل شد (جدول ۸).

با بسته شدن روزنه‌ها و کاهش تعرق، جذب آب و انتقال آن به سمت برگ کاهش می‌یابد. علت کاهش محتوای نسبی آب، کاهش پتانسیل آب برگ و کاهش جذب آب از ریشه‌ها در شرایط خشک می‌باشد (سین‌کلایر و لودلو، ۱۹۸۵). کاهش پتانسیل آب مانع از تقسیم سلولی، رشد اندام‌های گیاهی، فتوسنتز خالص و سنتز پروتئین شده و تعادل هورمونی بافت‌های اساسی گیاه را تغییر می‌دهد (بین^۱ و کالو، ۲۰۰۱). بنا به گزارش گراتانی^۲ و وارونه (۲۰۰۴) کاهش محتوای رطوبت نسبی در نتیجه تنش خشکی حاکی از پایین بودن ظرفیت ترمیم‌پذیری گیاه است. از طرفی پراکسید هیدروژن باعث بهبود تعادل آبی برگ از طریق القای سیستم آنتی‌اکسیدانسی و حفظ آماس سلولی می‌گردد (وانگ و همکاران، ۲۰۰۱).

هدایت روزنه‌ای

در گیاه تاج خروس اختلاف هدایت روزنه‌ای در فاصله‌های آبیاری، غلظت‌های مختلف پراکسید هیدروژن و اثرات متقابل آن‌ها معنی‌دار بود (جدول ۹). بر این اساس با افزایش فاصله آبیاری، هدایت روزنه‌ای گیاه کاهش یافت (جدول ۵). بیش‌ترین هدایت روزنه‌ای با میانگین ۲۶/۱ و ۲۵/۲ میلی‌مول بر متر مربع ثانیه در کم‌ترین فاصله آبیاری و به‌ترتیب در سطح صفر و دو و نیم میلی‌مولار پراکسید هیدروژن به‌دست آمد (درو، ۲۰۰۵).

تجزیه واریانس مربوط به هدایت روزنه‌ای در گیاه گل تکمه‌ای نشان داد که بین غلظت‌های مختلف پراکسید هیدروژن و هم‌چنین فواصل مختلف آبیاری اختلاف معنی‌داری وجود دارد (گچو و همکاران، ۲۰۰۴). با افزایش غلظت پراکسید هیدروژن تا سطح دو و نیم میلی‌مولار میزان هدایت روزنه‌ای افزایش یافت. ولی با افزایش غلظت پراکسید

1. Lin and Kao
2. Gratani & Varone

3. Yin et al.

تأثیر پرواکسید هیدروژن بر تنش کم آبی در گیاهان گل تکمه‌ای ... پروتئین‌های ساختاری را از طریق حفظ ثبات ساختمانی حمایت کند (باتز، 1973). هم‌چنین پرولین تجمع یافته در گیاهان، باعث افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد هیدروکسیل می‌گردد (سینری و همکاران، 1989). منطبق با نتایج فوق‌رن¹ و همکاران (2006) نیز گزارش کردند در شرایط تنش خشکی میزان پرولین رو به افزایش می‌گذارد و با افزایش شدت تنش خشکی افزایش می‌یابد. افزایش تدریجی پرولین در قلمه‌های درخت سپیدار نیز با افزایش مدت زمان تنش خشکی مشاهده شد (یانگ و همکاران، 2010). هی و همکاران (2009) نیز مطابق با این نتایج نشان دادند که محتوای پرولین آزاد گندم در اثر پیش‌تیمار بذرهای آن با پراکسید هیدروژن به سرعت افزایش می‌یابد. در واقع تجمع پرولین در اثر کاربرد پراکسید هیدروژن می‌تواند به‌علت کارایی آن در خنثی کردن رادیکال‌های آزاد هیدروکسیل باشد (ویلا کاستورنا و همکاران، 2003).

به‌طور کلی نتایج نشان داد استفاده از پراکسید هیدروژن می‌تواند در بهبود تنش ناشی از افزایش فواصل آبیاری در صفاتی نظیر وزن خشک ریشه و اندام هوایی، میزان نسبی آب و تعداد برگ موثر باشد.

جدول ۹: میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده در تاج خروس
 Table 9: Mean square of some traits of ornamental Amaranth

Treatment	df	Irrigation interval	Hydrogen Peroxide	Irrigation interval × Hydrogen peroxide	Error
Root Dry Weight	1.1**	2	0.8**	0.35*	0.07
Shoot Dry Weight	112**	2	32**	8.30**	0.39
Proline	0.03**	2	0.0008**	0.0003**	1.68
Electrolyte Leakage	1350**	2	696**	796**	18
Relative Water Content	0.02**	2	0.003*	0.001ns	0.000783
Stomatal conductance	217**	2	35**	45**	1.7
Leaf number	229**	2	50.2**	48.5**	1.03
Volume of roots	42**	2	4.9*	2.7*	0.9
Total Root Lenth	163.8*	2	792**	966**	31
Leaf Area	71349**	2	107783**	935ns	1226
Root/ Shoot	0.0053**	2	0.0001ns	0.0039**	0.0005
Spad	48.9**	2	91.9**	110.9**	5.52

*, **, and ns significant at the 0.05 and 0.01 level of probability, no significant, respectively

جدول ۱۰: میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده در گل تکمهای
Table 10: Mean square of some traits of Glob Amaranth

Treatment	df	Root Dry Weight	Shoot Dry Weight	Proline	Electrolyte Leakage	Relative Water Content	Stomatal conductance	Leaf number	Volume of roots	Total Root Length	Leaf Area	Root/ Shoot	Spad
Irrigation interval	2	6.43**	724.3**	0.09**	1525.4**	0.04**	321.1**	2457**	142.7**	18.2*	36403**	0.0013ns	95.8**
Hydrogen Peroxide	2	0.1*	71.5**	0.009**	341.3**	0.06**	267.2**	173.8*	119.6**	88**	54991**	0.0028**	180.2**
Irrigation interval× Hydrogen peroxide	4	0.24**	5.3*	0.0007**	172.1**	0.05**	38.9ns	209.3**	3.3ns	107**	476.9ns	0.0013*	217.4**
Error	18	0.03	1.5	0.0001	18.1	0.003	16.8	38.6	7.5	3.4	625.3	0.0003	10.8

* , ** , and ns significant at the 0.05 and 0.01 level of probability, no significant, respectively.

- کافی، م.، زند، ا.، کامکار، ب.، شریفی، ح. و گلدانی م. ۱۳۸۰. فیزیولوژی گیاهی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد ۲. ۳۷۹ص.
- حسنی، ع. و امید بیگی، ر. ۱۳۸۱. اثرات تنش آبی بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و متابولیکی گیاه ریحان. مجله دانش کشاورزی. ۱۲(۳): ۴۷-۵۹.
- Bates. L. S., Waldran. R. P. and Teare, I. D. 1973. Rapid determination of free proline for water studies. *Plant Soil*, 39:205-208.
- Bowler, C. and Fluhr, R. 2000. The role of calcium and activated oxygens as signals for controlling cross-tolerance. *Trends Plant Science*, 5:241-246.
- Chylinski, W. k., Lukaszewska, A. J. and Kutnik, K. 2007. Drought response of two bedding plants. *Acta Physiologiae Plantarum*, 29:399-406.
- Dias, A., NetoTarquinio, A., Prisco, J., Enéas-Filho, J., Rolim Medeiros, V. and Gomes-Filho, E. 2005. Hydrogen peroxide pre-treatment induces salt-stress acclimation in maize plants. *Journal of Plant Physiology*, 162:1114-1122
- Edreva, A. 2005. Generation and scavenging of reactive oxygen species in chloroplasts: A submolecular approach. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 106:119-133.
- Flexas, J., Escalona, J., Evain, S., Gulias, J., Moya, I., Osmand, C. and Medrano, H. 2002. Steady-state chlorophyll fluorescence (Fs) measurements as a tool to follow variations of net Co assimilation and stomatal conductance during water-stress in c₃ plants. *Physiologia 2 3Plantarum*, 114:231-240.
- Fu, J., Fry, J. and Huang, B. 2004. Minimum water requirements of four turfgrasses in the transition zone. *Horticultural Science*, 39:1740-1744.
- Gecheva, T., Gadjeva, I., Van Breusegemb, F., Inzeb, D., Dukianjdjeva, S., Tonevaa, A. and Minkov, I. 2002. Hydrogen peroxide protects tobacco from oxidative stress by inducing a set of antioxidant enzymes. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 59:708-714.
- Gratani, L. and Varone, L. 2004. Leaf key traits of *Erica arborea* L., *Erica multiflora* L. and *Rosmarinus officinalis* L. co-occurring in the Mediterranean maquis. *Flora*, 199:58
- Hameed, A., Farooq, S., Iqbal, N. and Arshad, R. 2004. Influence of exogenous application of hydrogen peroxide on root and seedling growth on wheat (*Triticum aestivum* L.). *International Journal of Agriculture and Biology*, 6(2):366-369.
- Hanson, A. D. 1982. Metabolic responses of mesophytes to plant water deficits. *Ann. Rev. Plant Physiology*, 163 -765.
- He, L., Gao, Z., and Li, R. 2009. Pretreatment of seed with H₂ O₂ enhances drought tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings. *African Journal of Biotechnology*, 8 (22):6151-6157.
- Hu, Y., Ge, Y., Zhang, C., Ju, T. and Cheng, W. 2009. Cadmium toxicity and translocation in rice seedlings are reduced by hydrogen peroxide pretreatment. *Plant Growth Regulation*, 59:51-61.
- Hung, S. H., Yu, C. W. and Lin, C. H. 2005. Hydrogen peroxide functions as a stress signal in plants. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 46:1-10.
- Inze, D. and Van Montagu, M. 1995. Oxidative stress in plants. *Current Opinion in Biotechnology*, 6:153-158.
- Kovtun, Y., Chiu, W. L., Tena, G. and Sheen, J. 2000. Functional analysis of oxidative stress-activated mitogen-activated protein kinase cascade in plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*; 97:2940-2945.
- Li, J. T., Qiu, Z. B. and Zhang, X. W. 2010. Exogenous hydrogen peroxide can enhance tolerance of wheat seedlings to salt stress. *Acta Physiol Plant*. (In Press).
- Lin, C. C. and Kao, C. H. 2001. Abscisic acid induced changes in cell wall peroxidase activity and hydrogen peroxide level in roots of rice seedlings. *Plant Science*, 2:323-329.
- Martin, B. and Torres, N. A. R. 1992. Effects of water deficits stress on photosynthesis, it is components and component limitations and on water use efficiency in wheat. *Plant Physiology*, 100:733-739.
- Misra, A. and Sricastatva, N. K. 2000. Influence of water stress on Japanese mint. *Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants*, 7:51-58.
- Moskova, I., Todorova, D., Alexieva, V. and Sergiev, I. 2007. Hydrogen peroxide pretreatment alleviates paraquat injuries in pea (*Pisum sativum* L.). *Compt Rend Bulgarian Academy of Sciences*, 60(10):1101-1106.
- Narimanov, A. A. and Korystov, Y. N. 1997. Low doses of ionizing radiation and hydrogen peroxide stimulate plant growth. *Biologia (Bratislava)*, 52:121-124.
- Potikha, T. S., Collins, C. C., Johnson, D. I., Delmer, D. P. and Levine, A. 1999. The involvement of hydrogen peroxide in the differentiation of secondary walls in cotton fibers. *Plant Physiology*, 119:849-58.
- Prasad, T. 1996. Mechanisms of chilling-induced oxidative stress injury and tolerance in developing maize seedlings: changes in antioxidant system, oxidation of proteins and lipids, and protease activities. *Plant Journal*, 10:1017-1026.
- Ren, J., Yao, Y., Yang, Y., Korpelainen, H., Junttila, O. and Li, C. 2006. Growth and physiological responses of two contrasting poplar species to supplemental UV-B radiation. *Tree Physiology*, 26: 665-672.

- Saneoka, H., Moghaieb, R. E. A., Premachandra, G. S. and Fujita, K. 2004. Nitrogen nutrition and water stress effects on cell membrane stability and leaf water relation in *Agrostis palustris* hunds. *Environmental and Experimental Botany*, 52:131-138.
- Serrano, R., Culianz-Macia, F. and Moreno, V. 1999. Genetic engineering of salt and drought tolerance with yeast regulatory genes. *Journal of the American Society of Horticultural Science*, 78:261-269.
- Shearer, R. C. 1961. A method for overcoming seed dormancy in subalpine larch. *J. Forest.*, 59:513-514.
- Sheldrake, A. R. and Saxena, N. D. 1979. The growth and development of Chickpea under progressive moisture stress. In: Mussel H. and R. C. Staples (Eds.). *Stress physiology in crop plants*, 12-74.
- Sinclair, T. R. and Ludlow, M. M. 1985. Who taught plants thermodynamics? The unfulfilled potential of plant water potential. *Australian Journal of Plant Physiology*, 12:213-217.
- Smirnoff, N. and Cumbes, Q. J. 1989. Hydroxyl radical scavenging of compatible solutes. *Phytochemistry*, 28:1057-1060.
- Synerri, C. L. M., Pizino, C. and Navarizzo, F. 1993. Chemical changes and O₂ production in thylakoid membrane under water stress. *Plant Physiology*, 87:211- 216.
- Upadhyaya, H., Khan, M. H. and Panda, S. K. 2007. Hydrogen peroxide induces oxidative stress in detached leaves of *Oryza sativa* L. *Gen. Applied Plant Physiology*, 33 (1-2):83-95.
- Villa-Castorena, M., Ulery, A. L., Valencia, E. A. C. and Remmenga, M. D. 2003. Division S-4-soil fertility and plant nutrition. *Soil Science Society of America Journal*, 67:1781-1789.
- Wang, W. X., Vinocur, B., Shoseyov, O. and Altman, A. 2001. Biotechnology of plant osmotic stress tolerance: physiological and molecular considerations. *Acta Horticulture*, 560:285-293.
- Xia, M. Z. 1994. Effects of soil drought during the generative development phase of faba bean (*Vicia faba*) on photosynthetic characters and biomass production. *Journal of Agricultural Science*, 122:67-72.
- Xing, H. L., Tan, L., An, L., Zhao, Z., Wang, S. and Zhang, C. 2004. Evidence for the involvement of nitric oxide and reactive oxygen species in osmotic stress tolerance of wheat seedlings: inverse correlation between leaf abscisic acid accumulation and leaf water loss. *Plant Growth Regulation*; 42:61-68.
- Yamada, Y. and Fukutoku, Y. 1986. Effect of water stress on soybean stress. *Soybean in tropical and sub tropical cropping system*. The Asian Vegetable Research & Development Center, Shanbue, Taiwan, China. Chapter, 48:373-382.
- Yang, F. and Miao, L. F. 2010. Adaptive responses to progressive drought stress in two poplar species originating from different altitudes. *Silva Fennica* 44(1): 23-37
- Yin, C., Peng, Y., Zang, R., Zhu, Y. and Li, C. 2005. Adaptive responses of *Populus kangdigensis* to drought stress. *Physiology Plant*, 123:445-451.
- Zhang X., Dong, F. C., Gao, J. F. and Song, C. P. 2001. Hydrogen peroxide- induced changes in intracellular pH of guard cells precede stomatal closure. *Cell research*, 1:37-43.
- Zhang, X., Zhang, L., Dong, F., Gao, J., Galbraith, D. and Song, C. 2001b. Hydrogen Peroxide Is Involved in Abscisic Acid-Induced Stomatal Closure in *Vicia faba* *Plant Physiology*, 126:1438-1448.

Effect of Exogenous Application of Hydrogen Peroxide on Water Deficit Stress in Glob Amaranth (*Gomphrena globosa* L.) and Ornamental Amaranth (*Amaranthus tricolor* L.)

Goldani¹, M. and Kamali², M.

Abstract

In order to study the effect of exogenous application of Hydrogen peroxide on water deficit stress in Glob Amaranth (*Gomphrena globosa* L.) and ornamental Amaranth (*Amaranthustricolor* L.) an experiment was conducted in greenhouse conditions. This study was designed as factorial based on completely randomized design with 3 replications. Different concentration of Hydrogen peroxide (0, 2.5 and 5 mM) for both plants and three levels of water deficiency for Glob Amaranth (after 4, 7 and 10 days) and for ornamental Amaranth (after 2, 5 and 8 days) were treated. Results showed that foliar application of Hydrogen peroxide on both plants can improve shoot and root dry weight and alleviate adverse effects of water deficiency. With increasing distances Irrigation stomatal conductance, chlorophyll index and root volume decreased significantly, so that the lowest of this characteristics was for Glob Amaranth in the irrigation interval after 10 days and for ornamental Amaranth after eight days. For both plants, interaction effects of water deficiency and Hydrogen peroxide in shoot dry weight was significant in 5% level and in electrolyte leakage, relative water content, proline and total root length was significant in 1% level. For Glob Amaranth, in control treatment (interval 4 day irrigation) with increasing Hydrogen peroxide to 2.5 mM, shoot dry weight and total root length increased 20 and 91% respectively and with increasing Hydrogen peroxide to 5 mM, chlorophyll index was increased 30.8% compared to 0 mM Hydrogen peroxide. For ornamental Amaranth, interaction between Hydrogen peroxide content and irrigation interval showed that root volume and root weight were significant in 5% level and chlorophyll index, shoot weight, stomata conductivity, electrolyte leakage, proline and root length were significant in 1% level. The final result showed that foliar application of Hydrogen peroxide decreased drought stress because of water deficiency.

Keywords: Chlorophyll index, Proline, Shoot and root dry weight, Water deficiency

1. Assistant Professors, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdousi University of Mashhad.

2. MSc. Student, Department of Horticultur, Faculty of Agriculture, Ferdousi University of Mashhad.

*: Corresponding author Email:goldani@um.ac.ir

