تأثیر محلول‌پاشی اسید آسکوربیک (Vitamin C) و توقف آبیاری در مراحل مختلف رشد بر خصوصیات کمی، کیفی، فیزیولوژیکی و برخی تغییرات بیوشیمیایی آفتابگردان.

Effect of foliar application of ascorbic acid (vitamin c) and irrigation withholding in different growth stages on quantitative and qualitative characteristics and some biochemical's changes in Sunflower (*Helianthus annuus* L.)

ملاحت داودی‌مکی‌نژاد[۱*]، حمیدرضا توحیدی‌مقدم[۲]، نبی‌اله نعمتی.[۳]

۱- دانش آموخته کارشناس ارشد گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین- پیشوا، ورامین- ایران.
۲- استادیار گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ورامین- پیشوا، ورامین- ایران.
۳- دانشیار گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ورامین- پیشوا، ورامین- ایران.

***نویسنده مسوول مکاتبات: malahat_m@yahoo.com**

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۲/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۶/۳۰

چکیده

این پژوهش به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی اسید آسکوربیک در شرایط تنش کم‌آبی در سال ۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین بر خصوصیات زراعی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی آفتابگردان انجام گرفت. این تحقیق به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گرفت که آبیاری به‌عنوان عامل اصلی در چهار سطح (آبیاری مطابق عرف منطقه، توقف آبیاری در مرحله هشت برگی، توقف آبیاری در مرحله پر شدن دانه در طبق، توقف آبیاری در مرحله هشت برگی و هم در مرحله پر شدن دانه در طبق) و عامل فرعی شامل محلول‌پاشی اسید آسکوربیک در سه سطح (بدون محلول‌پاشی، محلول‌پاشی با غلظت ۱۰۰*ppm*، محلول‌پاشی با غلظت ۲۰۰*ppm* در نظر گرفته شد. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که توقف آبیاری در مراحل مختلف رشد گیاه سبب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، درصد روغن، عملکرد روغن و پروتئین و محتوای کلروفیل برگ‌ها و افزایش میزان پرولین، درصد پروتئین و فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز گردید. محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدانت توانست از کاهش عملکرد کمی و کیفی و محتوای کلروفیل گیاه و همچنین افزایش میزان پرولین و سوپراکسید دیسموتاز جلوگیری نماید. کاربرد اسیدآسکوربیک با غلظت ۲۰۰*pm* در زمان توقف آبیاری در دو مراحله رویشی و زایشی در مقایسه با تیماری که تحت این شرایط محلول‌پاشی انجام نگرفت، عملکرد دانه را ۳۸/۴۶ درصد افزایش داد. به‌طور کلی اسیدآسکوربیک به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان توانست با کاهش اثرات مضر سبب بهبود رشد گیاه در شرایط تنش شود.

واژگان کلیدی: تنش کم‌آبی، اسید آسکوربیک، آفتابگردان، میزان کلروفیل، میزان پرولین، آنزیم سوپراکسید دیسموتاز.

مقدمه

سرزمین پهناور ایران، علی‌رغم گستردگی زمین و تنوع گیاهان، از دیرباز با مشکل کمبود آب برای کشاورزی روبه رو بوده است (رستگار، ۱۳۷۸). گیاهان در مرحله‌ای از رشد اگر دسترسی کافی به آب نداشته باشد دچار تنش رطوبتی شده و فعالیت‌های فیزیولوژیک آن‌ها مختل شده و منجر به کاهش محصولات گیاهی می‌گردد کم‌آبی همچنین شانس بقای گیاه را محدود می‌کند. تنش آبی نتیجه برهم خوردن تعادل بین جذب آب و مصرف آن است که منجر به روند فیزیولوژی گوناگون می‌گردد (Sunka *et al*,. 2003). آسیب ناشی از گرما یا خشکی تنش اکسیداتیو را تحریک می‌کند که منجر به تولید و انباشته شدن انواع اکسیژن سمی نظیر رادیکال‌های سوپراکسید، آب اکسیژنه و رادیکال‌های هیدروکسیل می شود (Tanaka *et al.*, 1999). انواع اکسیژن فعال که در طی تنش تولید می‌شود می تواند سبب پراکسیداسیون لیپیدهای غشای (Chen *et al.*, 2000)، تخریب پروتئین‌ها (Jiang and Zhang,. 2001)، و نوکلئیک اسیدها شود (Hagar *et al.*, 1996). گیاهان برای کاهش دادن اثر مخرب گونه‌های اکسیژن فعال سازوکار متفاوتی دارند که از جمله این سازوکار می‌توان به سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی اشاره کرد. این سیستم آنزیمی و غیرآنزیمی است. مهم‌ترین ترکیبات آنتی‌اکسیدانی غیرآنزیمی شامل گلوتاتیون، توکوفرول، فلاوونوئیدها و آسکوربات می‌باشند که در پاکسازی گونه‌های فعال اکسیژن به طور مستقیم نقش دارند.

همچنین آنزیم‌های آنتی اکسیدانت مانند کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز، گلوتاتیون پراکسیداز، پلی‌فنول اکسیداز و آسکوربات پراکسیداز در پاکسازی رادیکال‌های آزاد اکسیژن در سلول نقش دارند (Agarwal and Pandey, 2004). اسید آسکوربیک یک مولکول کوچک قابل حل در آب است که دارای خاصیت آنتی اکسیدانی بالایی بوده و به عنوان سوبسترای اولیه در مسیرهای چرخه‌ای، برای سمیت‌زدایی و خنثی کردن رادیکال‌های سوپراکسید و اکسیژن منفرد نقش دارد. مصرف خارجی اسید آسکوربیک سبب افزایش تحمل به تنش خشکی و کاهش اثر مضر تنش‌های اکسیداتیو می‌شود (دولت‌آبادیان و همکاران، ۱۳۸۸). به‌علاوه مشخص شده است که اسید آسکوربیک مجموعه‌ای از نقش‌ها را در رشد گیاهان مانند تقسیم و بزرگ شدن سلول، توسعه دیواره سلولی و دیگر فرآیندهای نموی ایفای می‌کند (Pignocchi & Foyer, 2003). اسید آسکوربیک به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان مهم گیاهی می‌تواند با انواع مختلف اکسیژن‌های فعال ترکیب شود و از بسیاری آسیب‌های ناشی از افزایش انواع مختلف اکسیژن‌های فعال بکاهد (Smiroff & Wheeler, 2000). اسید آسکوربیک با پاکسازی رادیکال‌های آزاد اکسیژن سبب کاهش خسارت به اسیدهای چرب، پروتئین‌ها شده و در نتیجه اثر مخرب تنش را کاهش می‌دهد و بنابراین ساخت و تجمع پرولین به‌عنوان یک عکس‌العمل گیاه به تنش کاهش می‌یابد (Bian *et al.*,1988).

هدف از انجام این آزمایش بررسی اثر تنش کم‌آبی بر میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز، محتوای روغن و پروتئین، میزان کلروفیل و پرولین، عملکرد دانه و بیولوژیک می‌باشد. گیاه آفتابگردان در طول دوره رشد خود ممکن است با شرایط تنش کم‌آبی مواجهه شوند و از عملکرد آنها کاسته شود. چنان‌چه اسید آسکوربیک بتواند در مراحلی که گیاه دچار تنش شده است سبب افزایش تحمل و یا بهبود رشد آن شود، می‌توان با مصرف این ماده از کاهش عملکرد جلوگیری نمود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی اسید آسکوربیک بر خصوصیات زراعی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی آفتابگردان صورت پذیرفت. این تحقیق به‌صورت کرت خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. عامل آبیاری (I) به‌عنوان عامل

اصلی در چهار سطح، i_1: آبیاری مطابق عرف منطقه (شاهد، بدون تنش)، i_2: قطع آبیاری در فاز رویشی (از مرحله هشت برگی به مدت ۱۴ روز)، i_3: قطع آبیاری در فاز زایشی (مرحله پر شدن دانه به مدت ۱۴ روز) و i_4: قطع آبیاری در فاز رویشی و زایشی (مرحله هشت برگی و مرحله پر شدن دانه هر کدام به مدت ۱۴ روز) و عامل فرعی شامل محلول‌پاشی اسید آسکوربیک (F) در سه سطح، f_1: محلول‌پاشی با آب خالص، f_2: محلول‌پاشی اسید آسکوربیک با غلظت ۱۰۰ppm، f_3: محلول‌پاشی اسید آسکوربیک با غلظت ۲۰۰ ppm بوده است.

جدول ۱- نتایج تجزیه خاک محل آزمایش

Table 1: Soil properties of the experimental site

عمق	مواد خنثی شونده T.N.V (%)	درصد سیلیت (%)	درصد رس (%)	درصد شن (%)	مس Cu (PPM)	فسفر P (PPM)	آهن Fe (PPM)	پتاسیم K (PPM)	منگنز Mn (PPM)	روی Zn (PPM)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی Ec (ds/m)
0 – 30	17	50	26	24	1.13	25.9	3.7	368	6.65	50.58	7.4	4.1

در این آزمایش فاصله بین دو ردیف ۶۰ سانتی‌متر و فاصله ی بین بوته روی ردیف ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شده بود. همچنین در هر کرت فرعی پنج خط کاشت شده و طول هر خط پنج متر بوده آبیاری نیز به صورت، آبیاری تحت فشار (قطره‌ای) بوده است. به‌منظور بررسی میزان کود مورد نیاز آزمایش تجزیه خاک انجام گرفته شده بود و سپس بر طبق اطلاعات به‌دست آمده به زمین کودهای مورد نیاز اضافه گردید. محلول‌پاشی یک هفته قبل از ایجاد تنش اعمال گردید. بذر آفتابگردان استفاده شده در این تحقیق از نوع هیبرید آذرگل بود. این هیبرید از گروه زودرس بوده که دارای قدرت سازگاری و عملکرد محصول خوبی می‌باشد. در زمان رسیدن کامل گیاه پس از حذف خطوط حاشیه هر کرت آزمایشی و نیم متر از ابتدا و انتهای آنها، بقیه بوته‌ها کف بر شده و چند روز در سطح کرت آزمایشی باقی ماند و جهت یکنواختی رطوبت بوته‌ها از آون دمای ۷۲ درجه به مدت ۴۸ ساعت استفاده شده و سپس وزن آنها تعیین گردیده و عملکرد بیولوژیک محاسبه گردید. سپس دانه‌ها جدا شده و وزن دانه‌های هر کرت آزمایشی محاسبه شده و عملکرد دانه به دست آمده. به منظور به دست آوردن درصد روغن نمونه های ۱۰۰ گرمی از دانه‌ها تهیه شده و با استفاده از دستگاه .N.M.R در صد روغن آنها محاسبه گردیده و از حاصلضرب درصد روغن دانه در عملکرد دانه، عملکرد روغن دانه به‌دست آمده. به‌منظور محاسبه درصد پروتئین دانه از روش کجلدال استفاده گردیده از حاصلضرب درصد پروتئین دانه در عملکرد دانه، عملکرد پروتئین دانه به دست آمده است. میزان کلروفیل برگ‌ها نیز به وسیله دستگاه اسپکتروفوتومتر از طریق روش Arnon, (1949) به‌دست آمده است. محتوای پرولین برگ‌ها نیز به‌وسیله روش (Bates *et al.*, 1973) محاسبه شده. به‌منظور بررسی میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز نیز از روش Giannopolitis and Ries (1977) استفاده شده است.

پس از جمع‌آوری داده‌های آزمایشی به‌منظور تجزیه واریانس داده‌های آزمایشی با نرم افزار آماری SAS انجام پذیرفت (SAS Institute, 2002) و مقایسه میانگین صفات با استفاده از آزمون دانکن در سطح پنج درصد مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است.

نتایج و بحث

مطابق جدول تجزیه واریانس (جدول دو) اثر ساده آبیاری در مراحل مختلف رشد و اثر ساده محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک بر روی تمامی صفات مورد بررسی در

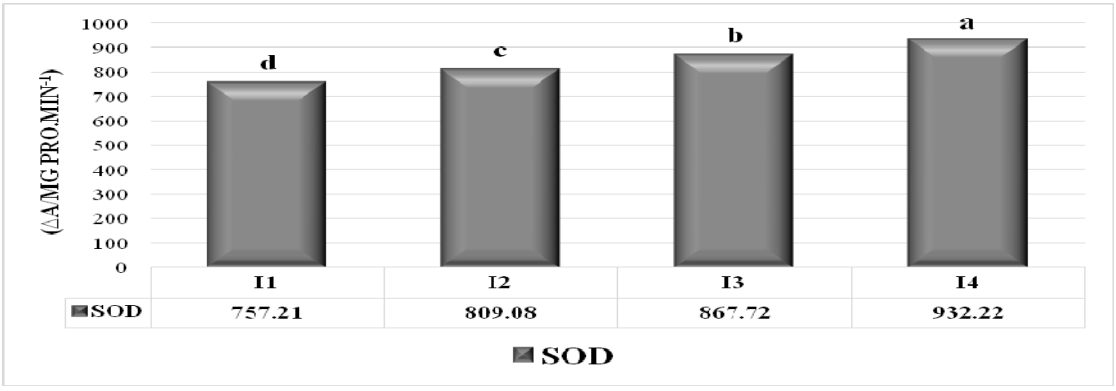
سطح یک درصد معنی‌دار گردید، به‌جز آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز که اثر ساده محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید. همچنین اثر متقابل آبیاری در مراحل مختلف رشد در محلول پاشی با اسید آسکوربیک نیز بر روی تمامی صفات مورد بررسی به‌جز میزان فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز معنی‌دار گردید. همچنین با توجه به جدول مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل (جدول سه)، توقف آبیاری در مرحله هشت برگی، پر شدن دانه در طبق و در مراحل هشت برگی و پر شدن دانه در طبق به ترتیب سبب کاهش عملکرد دانه به میزان ۱۶/۶ درصد، ۴۹/۷ و ۶۷/۷ درصد نسبت به شرایط آبیاری معمول گردید. توقف آبیاری سبب کاهش سطح برگ، پیری زودرس برگ، کاهش میزان فتوسنتز، کاهش رشد گیاه، کمبود مواد فتوسنتزی لازم برای پر کردن دانه و کاهش طول دوره پر شدن دانه‌ها و در نتیجه منجر به کاهش عملکرد دانه می‌شود که نتایج به‌دست آمده با نتایج حاصل از آزمایشات بنجامین (Benjamin, 2007) و ردی و همکاران (Reddy *et al.*, 2004) مطابقت داشت. در آزمایشی که سزان و همکاران (Sezen *et al.*, 2011) بر روی آفتابگردان انجام داد بیان کرد که کاهش عملکرد به‌طور عمده به‌دلیل تعداد کم دانه در طبق و جرم کم دانه بود. محلول‌پاشی اسید آسکوربیک با غلظت ppm ۲۰۰ توانست میزان عملکرد دانه را به‌ترتیب ۱۶/۲، ۳۸/۳ و ۳۸/۵ درصد شرایط توقف آبیاری در مرحله هشت برگی، مرحله پر شدن دانه در طبق و همچنین در مراحل توقف آبیاری در مراحل هشت برگی و پر شدن دانه در طبق نسبت به شرایط محلول‌پاشی با آب مقطر تحت همین شرایط افزایش دهد. همچنین نتایج نشان داد که بالاترین میزان عملکرد بیولوژیک برابر با ۱۴۲۶۳/۳۳ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمارهایی که در شرایط آبیاری و محلول‌پاشی اسید آسکوربیک با غلظت ppm۲۰۰ بوده و کم‌ترین میزان آن نیز مربوط به تیماری که توقف آبیاری در دو مرحله هشت برگی و پر شدن دانه بوده که برابر ۹۸۵۰ کیلوگرم در هکتار بوده است در همین شرایط محلول‌پاشی اسید آسکوربیک با غلظت ppm۲۰۰ توانست میزان عملکرد بیولوژیک را ۱۷/۲ درصد افزایش دهد. تنش آبی موجب بسته شدن روزنه‌ها شده، در نتیجه میزان فتوسنتز کاهش می‌یابد و در نهایت تولید ماده خشک کم‌تر می‌شود و میزان عملکرد کاهش می‌یابد. کاهش میزان فتوسنتز خالص در شرایط تنش خشکی که بیانگر کاهش مقدار تولید ماده خشک در واحد سطح برگ و در نتیجه کاهش عملکرد می‌باشد، نتایج نشان می‌دهد که در اثر تنش خشکی، کارآیی سطح برگ کاهش یافته است (Bakhshandeh, 2001). از آن‌جایی که اسید آسکوربیک تقسیم سلولی را افزایش داده و سبب افزایش طول ساقه، طول ریشه، تعداد برگ وزن تر و خشک اندام زیرزمینی و هوایی می‌شود در نتیجه سبب افزایش بیوماس گیاهی می‌شود (Miguel *et al.*, 2006 و Pignocchi and Foyer, 2003). همچنین نتایج نشان داد که توقف آبیاری در مراحل مختلف رشد سبب کاهش شاخص برداشت می‌شود. این شاخص، تحت تنش خشکی کاهش یافته و به عواملی از جمله وزن نسبی ماده خشک قبل و بعد از گرده افشانی و همچنین به قابلیت انتقال مواد ذخیره شده (قبل از گرده‌افشانی) در ساقه‌ها به دانه بستگی دارد. توقف آبیاری در مراحل مختلف سبب کوتاه شدن طول دوره رشد گیاه می‌شود در نتیجه سبب کاهش مدت زمان در اختیار گیاه جهت ساخت و انتقال مجدد عناصر غذایی از ساقه‌ها به دانه می‌باشد (Svihra *et al.*, 1996 و Sinclair *et al.*, 1990). محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک در مراحل مختلف توقف آبیاری می‌تواند از طریق افزایش عملکرد اقتصادی و عملکرد بیولوژیک سبب افزایش شاخص برداشت شود اسید آسکوربیک به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان اثرات مضر حاصل از تنش کمبود آب را کاهش داده و سبب بهبود رشد گیاه در شرایط تنش شد (جدول سه).

همان‌گونه که در جدول مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل دیده می‌شود (جدول سه) توقف آبیاری در مرحله هشت برگی، پر شدن دانه در طبق و در مراحل هشت برگی و پر شدن دانه به‌ترتیب سبب کاهش درصد روغن به میزان ۱۸/۵، ۳۵/۶ و ۴۰/۲ درصد نسبت به شرایط آبیاری معمول گردید. کاهش درصد روغن در دانه‌ها ناشی از کاهش وزن دانه‌ها می‌باشد.

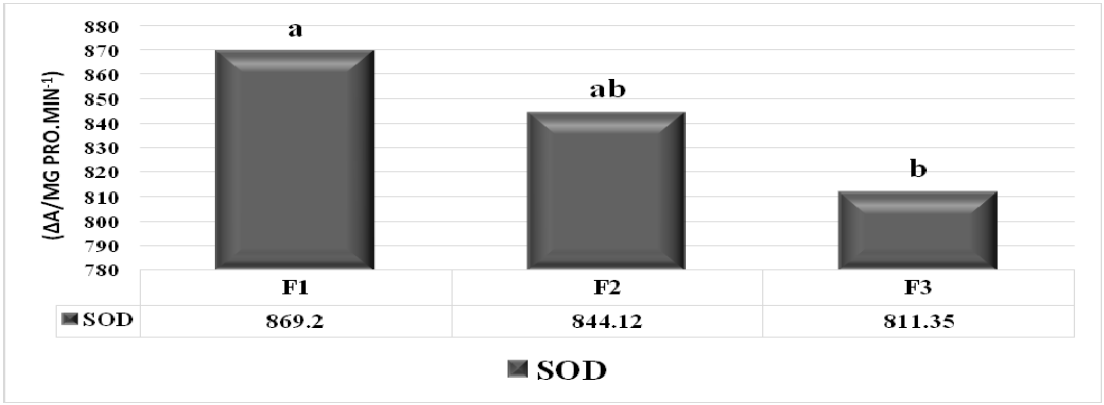
بوناری و همکاران (Bonari *et al.* 1992) ابراز داشتند که محدودیت آب و تنش خشکی در آفتابگردان سبب کاهش فعالیت برگ و پیری زودرس برگ‌ها شده و تاثیر نهایی آن در کاهش عملکرد دانه و درصد روغن دانه می‌باشد. کاربرد اسید آسکوربیک با غلظت ۲۰۰ppm سبب افزایش درصد روغن دانه گردید (جدول سه). توقف آبیاری در مراحل مختلف رشد سبب کاهش عملکرد دانه و درصد روغن در تنش آبی می‌شود و محلول‌پاشی اسید آسکوربیک توانسته با افزایش تحمل گیاه در برابر تنش خشکی از اکسیداسیون لیپیدها جلوگیری کرده و سبب افزایش درصد روغن دانه می‌شود (Teama and Mahmoud, 1994). از آن‌جائی که عملکرد روغن از حاصلضرب عملکرد دانه در درصد روغن به دست می‌آید، بنابراین عملکرد روغن با توقف آبیاری در مراحل مختلف رشد کاهش یافته و با محلول پاشی اسید آسکوربیک با غلظت ۲۰۰ppm تحت شرایط توقف آبیاری در مراحل مختلف رشد افزایش می‌یابد. همچنین نتایج نشان داد که بالاترین درصد پروتئین دانه متعلق به تیمارهایی که توقف آبیاری آن در مراحل هشت برگی و پر شدن دانه در طبق بود. در اکثر گیاهان و همچنین آفتابگردان، در اثر تنش خشکی میزان پروتئین افزایش می‌یابد. در آفتابگردان که یک گیاه صنعتی و روغنی است قسمت اعظم پروتئین در لپه قرار دارد و تنش خشکی سبب می‌شود که طول دوره رسیدن گیاه کاهش پیدا کند در نتیجه میزان فتوسنتز و کربوهیدارت ساخته شده آسیمیلاسیون و سوخت و ساز نیتروژن در گیاه کاهش یافته، گیاه برای مقابله با شرایط تنش، نشاسته موجود را می‌شکند و به واحدهای سازنده تبدیل می‌کند. پروتئین در گیاه افزایش می‌یابد، بنابراین با تقلیل متابولیت‌های ویژه و تغییرات اساسی در ساخت پروتئین موجب ساخته شدن دستجات پروتئین برای مقابله با تنش می‌شود (شکروی، ۱۳۸۴). از آن‌جائی‌که عملکرد پروتئین از حاصلضرب عملکرد دانه در درصد پروتئین به دست می‌آید، بنابراین عملکرد پروتئین با توقف آبیاری در مراحل مختف رشد کاهش یافته و با محلول‌پاشی اسید آسکوربیک با غلظت ۲۰۰ppm تحت شرایط توقف آبیاری در مراحل مختلف رشد افزایش یافته (جدول ۳). همان‌گونه که در جدول میانگین اثرات متقابل دیده می‌شود بالاترین محتوای کلروفیل برگ‌ها مربوط به تیمارهایی می‌باشد که به‌طور کامل آبیاری شده‌اند.

توقف آبیاری در مراحل مختلف رشد محتوای کلروفیل برگ‌ها را کاهش داد. محلول‌پاشی اسید آسکوربیک با غلظت ۲۰۰ppm تحت همین شرایط سبب افزایش محتوای کلرفیل برگ‌ها گردید. نتایج تحقیقات نظرعلی و همکاران (Nazarali *et al.*, 2010) نشان داد که تنش آب به‌میزان قابل توجهی در کاهش محتوای کلروفیل و عملکرد دانه در آفتابگردان معنی‌دار می‌باشد. اسید آسکوربیک از طریق افزایش توان آنتی‌اکسیدانی سلولی و ساخت پروتئین‌های جدید از دستگاه فتوسنتزی حمایت می‌کند (Avancini *et al.*, 2003). از سویی دیگر نتایج نشان داد که بالاترین محتوای پرولین برگ‌ها مربوط به تیماری می‌باشد که در شرایط توقف آبیاری در مراحل هشت برگی و پر شدن دانه در طبق با اسید آسکوربیک محلول‌پاشی نگردیده است و از طرفی محلول‌پاشی اسید آسکوربیک با غلظت ۲۰۰ppm محتوای پرولین را کاهش داده است (جدول سه). در شرایط تنش غلظت اسید آمینه پرولین نسبت به سایر اسیدهای آمینه افزایش می یابد، پرولین به‌عنوان مخزن ذخیره‌های نیتروژن و یا ماده محلولی که پتانسیل اسمزی سیتوپلاسم را کاهش می‌دهد عمل می‌نماید و گیاه را در تحمل به تنش یاری می‌کند (Bian *et al.*, 1988).

در این مطالعه توقف آبیاری در مراحل مختلف رشد، محتوای پرولین برگ‌ها را افزایش داده، درحالی‌که محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک توانست رادیکال‌های آزاد اکسیژن را خنثی نموده و از این طریق از بیوسنتز پرولین اضافی در برگ‌ها جلوگیری نماید. غلظت این متابولیت معمولاً در پاسخ به تنش کمبود آب افزایش می‌یابد (Nandwal *et al.*, 2000). در این پژوهش گیاهان تحت تاثیر توقف آبیاری در مراحل مختلف رشد افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز نشان دادند (شکل یک). افزایش فعالیت این آنزیم در تیمار تنش به خاطر نقش مهم این آنزیم جهت مقابله با رادیکال‌های آزاد اکسیژن ایجاد شده در اثر تنش خشکی می‌باشد بنابراین این آنزیم به‌عنوان یکی از اجزای مهم ساز و کار دفاعی گیاه در نظر گرفته می‌شود (Agarwal and Pandy, 2004). محلول‌پاشی اسید آسکوربیک با غلظت ۲۰۰ppm میزان فعالیت این آنزیم را کاهش داد (شکل دو). اسید آسکوربیک به‌علت داشتن خواص آنتی‌اکسیدانی، سبب جاروب کردن رادیکال‌های آزاد اکسیژن تولید شده می‌شود و با محلول‌پاشی اسید آسکوربیک می‌توان شاهد کاهش فعالیت SOD در گیاه بود (Shalata and Neumann, 2001).



شکل ۱- اثر ساده توقف آبیاری بر روی آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز (I_1- آبیاری نرمال، I_2- توقف آبیاری در مرحله ۸ برگی، I_3- توقف آبیاری در مرحله پر شدن دانه در طبق، I_4- توقف آبیاری در مراحل ۸ برگی و پر شدن دانه در طبق) تمامی داده‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک باشند، تفاوت اشان از لحاظ آماری در سطح پنج درصد دانکن حداقل یک حرف مشترک باشند،



شکل ۲- اثر ساده محلول پاشی اسید آسکوربیک بر روی آنزیم سوپر اکسید دیسوتاز (F1- بدون محلول پاشی، F2- محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک با غلظت ۱۰۰ppm، F3- محلول پاشی اسید آسکوربیک با غلظت ۲۰۰ppm) تمامی داده‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک باشند، تفاوت اشان از لحاظ آماری در سطح پنج درصد دانکن حداقل یک حرف مشترک باشند،

جدول ۲- جدول تجزیه واریانس صفات مورد بررسی ذرت تحت شرایط توقف آبیاری در مراحل مختلف رشد و محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک

Table 2. Analysis of variance on corn attributes affected by irrigation withholding in different growth stages and foliar application of ascorbic acid

			M.S میانگین مربعات				
S.O.V	منابع تغییرات	Df	عملکرد دانه Seed Yield	عملکرد بیولوژیک Biological Yield	شاخص برداشت Harvest index	درصد روغن Oil Percentage	عملکرد روغن Oil Yield
Replication	تکرار	2	738402.78 ^{ns}	2089452.78**	11.600^{ns}	7.053^{ns}	136687.73^{ns}
Water stress	توقف آبیاری	3	9866481.48**	18534711.11**	350.580**	477.33**	3059448.56**
Error A	خطای اصلی	6	169050.93	20834.67	9.788	24.47	51623.83
Ascorbic acid application	محلول پاشی اسید اسکوربیک	2	1702744.44**	3800786.11**	63.318	194.058**	749171.752**
Water stress* Ascorbic acid	محلول پاشی اسید آسکوربیک *آبیاری	6	1188781.48**	405575.00*	7.301*	13.294**	34311.368**
Error b	خطای فرعی	16	30959.72	143611.11	2.759	3.439	4458.66
C.V	ضریب تغییرات		6.297	2.941	7.907	5.098	6.156

*، **و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح پنج درصد، یک درصد و فاقد اختلاف معنی‌دار

*,** and ns significant at 0.05, 0.01 and no significant

ادامه جدول ۲- جدول تجزیه واریانس صفات مورد بررسی ذرت تحت شرایط توقف آبیاری در مراحل مختلف رشد و محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک

Table 2. Analysis of variance on corn attributes affected by irrigation withholding in different growth stages and foliar application of ascorbic acid

			M.S میانگین مربعات				
S.O.V	منابع تغییرات	Df	درصد پروتیین Protein percentage	عملکرد پروتیین Protein Yield	کلروفیل کل Total chlorophyll	پرولین Prolin	سوپر اکسید دیسموتاز SOD
Replication	تکرار	2	2.298^{ns}	56192.06^{ns}	43.881**	0.000185**	480.66^{ns}
Water stress	توقف آبیاری	3	34.33**	243675.02**	295.517**	0.000448**	51219.965**
Error A	خطای اصلی	6	9.60	17317.22	2.98	0.000020	1043.465
Ascorbic acid application	محلول پاشی اسید اسکوربیک	2	35.173**	14016.590**	129.274**	0.000099**	10098.446*
Water stress* Ascorbic acid	محلول پاشی اسید آسکوربیک و آبیاری	6	3.254*	7572.258**	6.091**	0.000004*	1130.810^{ns}
Error b	خطای فرعی	16	1.136	1859.023	1.547	0.000001	2111.646
C.V	ضریب تغییرات		5.261	7.884	3.643	7.162	5.460

*، **و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح پنج درصد، یک درصد و فاقد اختلاف معنی‌دار

*,** and ns significant at 0.05, 0.01 and no significant

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل توقف آبیاری در مراحل مختلف رشد و محلول‌پاشی اسید آسکوربیک بر روی برخی از خصوصیات آفتابگردان

Table 3. Interaction between irrigation withholding in different growth stages and foliar application of ascorbic acid on some attributes of Sun flower

تیمارها Treatment	عملکرد دانه Seed Yield (Kg.ha)	عملکرد بیولوژیک Biological Yield (Kg.ha)	شاخص برداشت Harvest Index (%)	درصد روغن Oil percentage (%)	عملکرد روغن Oil Yield (Kg.ha)
I_1*F_1	3716.67^{b}	13713.33^{ab}	24.04^{bc}	43.61^{b}	1618.84^{c}
I_1*F_2	4000.00^{ab}	14103.33^{ab}	28.34^{a}	43.91^{b}	1758.11^{b}
I_1*F_3	4150.00^{a}	14263.33 ^{a}	29.08^{a}	48.34 ^{a}	2007.61^{a}
I_2*F_1	3100.00^{c}	12456.67 ^{cd}	24.84 ^{b}	35.56^{cd}	1100.54^{d}
I_2*F_2	3116.67^{c}	12703.33 ^{c}	24.51 ^{bc}	34.68^{cde}	1077.19^{d}
I_2*F_3	3700.00^{b}	13700.00^{ab}	27.04^{ab}	45.64^{ab}	1684.47^{bc}
I_3*F_1	1870.00^{de}	13470.00^{b}	13.88 ^{de}	28.09^{f}	526.41^{fg}
I_3*F_2	2096.67^{d}	13603.33 ^{ab}	15.36^{d}	33.78^{de}	716.57^{e}
I_3*F_3	3033.33^{c}	14086.67 ^{ab}	21.53^{c}	37.95^{c}	1153.10^{d}
I_4*F_1	1200.00^{f}	9850.00^{f}	12.16^{e}	26.08^{f}	316.33^{h}
I_4*F_2	1600.00^{e}	10776.67 ^{e}	14.86^{de}	27.05^{f}	436.62^{g}
I_4*F_3	1950.00^{d}	11900.00^{d}	16.43^{d}	31.81^{e}	621.39^{ef}

آبیاری کامل(I_1)، توقف آبیاری در مرحله هشت برگی (I_2)، توقف آبیاری در مرحله پر شدن دانه (I_3)، توقف آبیاری در مراحل ۸ برگی و پر شدن دانه (I_4)، بدون محلول‌پاشی (F_1)، محلول‌پاشی با ۱۰۰ ppm (F_2)، محلول‌پاشی با ۲۰۰ ppm (F_3)،

ادامه جدول ۳- مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل توقف آبیاری در مراحل مختلف رشد و محلول پاشی اسید آسکوربیک بر روی برخی از خصوصیات آفتابگردان

Table 3. Interaction between irrigation withholding in different growth stages and foliar application of ascorbic acid on some attributes of Sun flower

تیمارها Treatment	درصد پروتیین Protein percentage (%)	عملکرد پروتیین Protein Yield (Kg.ha)	کلروفیل کل Total chlorophyll	پرولین Prolin
I_1*F_1	18.75^{d}	702.38^{b}	39.13^{bc}	0.0091^{h}
I_1*F_2	19.30^{cd}	777.51^{a}	40.7^{ab}	0.0077^{hi}
I_1*F_3	16.65^{e}	692.31 ^{bc}	42.72^{a}	0.006 ^{i}
I_2*F_1	19.84^{cd}	615.64 ^{cd}	32.28 ^{e}	0.0168^{e}
I_2*F_2	19.11^{d}	594.45 ^{d}	37.63 ^{cd}	0.0147^{f}
I_2*F_3	18.36^{de}	679.57^{bc}	40.40^{b}	0.0116^{g}
I_3*F_1	23.19^{b}	434.71^{b}	27.50^{f}	0.0224^{c}
I_3*F_2	21.22^{c}	442.26 ^{e}	28.86 ^{f}	0.0207^{cd}
I_3*F_3	19.04^{cd}	575.26 ^{d}	35.54^{d}	0.0162^{ef}
I_4*F_1	25.05^{a}	299.85^{f}	25.04^{g}	0.0278^{a}
I_4*F_2	23.14b^{e}	369.58 ^{ef}	28.31^{f}	0.0244^{b}
I_4*F_3	19.43^{cd}	378.79^{e}	31.50^{e}	0.0195^{d}

آبیاری کامل (I_1)، توقف آبیاری در مرحله هشت برگی (I_2)، توقف آبیاری در مرحله پر شدن دانه (I_3)، توقف آبیاری در مراحل ۸ برگی و پر شدن دانه (I_4)، بدون محلول‌پاشی (F_1)، محلول‌پاشی با ۱۰۰ ppm (F_2)، محلول‌پاشی با ۲۰۰ ppm (F_3)،

تمامی داده‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک باشند، تفاوتشان از لحاظ آماری در سطح پنج درصد دانکن حداقل یک حرف مشترک باشند،

means which have at least one common letter are not significantly different at the 5% level.

منابع **References**

دولت آبادیان، الف.، مدرس ثانوی ع.، و شریفی، م. ۱۳۸۸. اثر تنش کم آبی و محلول‌پاشی اسید آسکوربیک بر میزان فعالیت آنزیم‌ای آنتی اکسیدان و برخی تغییرات بیوشیمیایی در برگ ذرت دانه‌ای (*Zea maize L.*). مجله زیست شناسی ایران. جلد ۲۲ شماره ۳.

رستگار، م. ۱۳۷۸. دیمکاری، انتشارات برهمند. ۳۷۶ صفحه.

شکروی، م. ۱۳۸۴. بررسی اثر تنش کم‌آبی بر روی عملکرد و اجزای عملکرد مختلف آفتابگردان آجیلی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی ساوه. ۱۲۳ صفحه.

Agarwal, S., Pandey, V. 2004. Antioxidant enzyme responses to NaCl stress in Cassia angustifolia. Plant Biol. 48: 555-560.

Arnon, D.I. 1949, Copper enzymes in isolated chloroplasts, polyphennoloxidase in Beta vulgaris. Plant Physiol. 24, 1–150.

Avancini, G., Abreu, I.N., and Saldana, M.D. 2003. Induction of pilocarpine formation in jaborandi leaves by salicylic acid and methyljasmonate. Phylochemistry. 3, 171-175.

Bakhshandeh, A. 2001. Effects of water stress on the development of the inflorescence in two spring wheat. Proceedings of the 10th Australian Agronomy Conference, Hobart, 2001.

Bates, L.S., Waldern, R.P., and Teave, I.D. 1973. Rapid determination of free prolin for water stress studies. Plant and soil 39: 205-207.

Benjamin, J. 2007. Effects of water stress on corn production. USDA Agricultural Research Service, Akron. Pp: 3-5.

Bian, Y.M., Chen, S.Y., Liu, S.K., Xie, M.Y. 1988. Effects of HF on proline of some plants. Plant Physiol.Commun. 6: 19-21.

Bonari, E., Vannozzi, G.P.V., Benvenuti, A., and Baldini., M. 1992. Modernaspects of sunflower cultivation technigues. Proc. 12th, Sunf. Italy. 521 p.

Chen, W.P., Li, P.H., Chen, T.H.H. 2000. Glycinebetaine increases chilling tolerance and reduces chilling-induced lipid peroxidation in Zea mays L. - Plant Cell Environ. 23: 609- 618.

Giannopolitis, C.N., and Ries, S. 1977. Superoxide dismutase. Plant Physiology. 59: 309-314.

Hagar, H., Ueda, N., Shal, S.V. 1996. Role of reactive oxygen metabolites in DNA damage and cell death in chemical hypoxic injury LLC-PK1 cells. - Amer. J. Physiol. 271: 209-215.

Jiang, M., Zhang, J. 2001. Effect of abscisic acid on active oxygen species, antioxidative efence system and oxidative damage in leaves of maize seedlings. - Plant Cell Physiol. 42: 1265- 1273.

Miguel, A., Rosales, Z., Juan, M., Ruiz, A., Hernandez, J., Soriano, T., Castilla, N., and Romero, L. 2006. Antioxidant content and as ascorbate metabolism in cherry tomato exocarp in relation to temperature and solar radiation. J.Sci. food Agric. 86: 1545-1551.

Nandwal, A.S., Godara, M., Sheokand, S., Kamboj, D.V., Kundu, B.S., and Kuhad, M.S. 2000. Salinity induced changes in plant water status nodule functioning and ionic distribution in phenotypically differing genotype of Vigna radiate L. J. Plant Physiol. 156, 352–359.

Nazarli, H., and Zardashti, M. 2010. The effect of drought stress and zeolit on agronomical traits of sunflower (*helianthus annuus* L.) Under field condition. Cercetări Agronomice în Moldova Vol. XLIII , No. 3 (143) / 2010.

Pignocchi, C., and Foyer, C.H. 2003. Apoplastic ascorbat metabolism and its role in the regulation of cell signaling. Current Opinion. Plant Biol. 6: 379-389.

Reddy, A.R., Chaitanya, K.V., and Vivekanandan, M. 2004. Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. J. Plant Physiol. 161: 1189-1202.

SAS Institute Inc., 2002. The SAS System for Windows, Release 9.0. Statistical Analysi Systems Institute, Cary, NC, USA.

Sezen S. M., Yazar, M.A., and Tekin, S. 2011. Effects of Partial Rootzone Drying and Deficit Irrigation on Yield and Oil Quality of Sunflower in Mediterranean Environment. Journal of Irrigation and Drainage, 60(4):499 -508.

Shalata, A., and Neumann, P.M. 2001. Exogenous ascorbic acid (vitamin c) increases resistance to salt stress and reduces lipid peroxidation. J. Experim. Bot. 52: 2207-2211.

Sinclair, T.R., Bennett, J.M., and Muchow, R.C. 1990. Relative sensitivity of grain yield and biomass accumulation to drought in field grown maize. Crop Sci. No, 30, pp: 690-693.

Smirnoff, N., and G. L. Wheeler. 2000. Ascorbic acid in plants: biosynthesis and function. CRC Crit. Rev. Plant Sci. 19: 267-290.

Sunka, R., Bartels, D., and Kirchakak, H.H. 2003. Over expression of stress inducible dehydrogenate gene from Arabidopsis thaliana in transgenic plant improve stress tolerance. The plant Journal. 35:241-246.

Svihra, P., Burger, D., and Harris, R. 1996. Treeshlter effect on root development of redwood trees. J. Arboric. 22, 174-179.

Tanaka, K., Masuda, R., Sugimoto, T., and Sakak, Z. 1999. Water efficiency- induced changes. In the contents of defen- sive substances against active oxygen in spinach leaves. Agric Biol Chem 54:2629-2634

Teama, E.A., and Mahmoud, A.M. 1994. Response of sunflower to watering regims and nitrogen fertilization Assiul. Journal Agricultural Science. 25: 29- 37.