دانشگاه گیلان
دانشکده علوم کشاورزی

تحقیقات غلات

دوره ششم/ شماره دوم/ تابستان ۱۳۹۵ (۲۴۰-۲۲۹)

تأثیر محلول‌پاشی اسید آسکوربیک بر خصوصیات فیزیولوژیک و اجزای عملکرد ذرت شیرین تحت رژیم‌های آبیاری

محسن اصغری[۱]، ابوالفضل معصومی زواریان[۲*] و مجتبی یوسفی‌راد[۳]

تاریخ دریافت: ۹۴/۳/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۴/۶/۲۵

چکیده

به منظور بررسی تأثیر محلول‌پاشی آسکوربیک اسید بر خصوصیات فنولوژیک و فیزیولوژیک ذرت شیرین تحت رژیم‌های آبیاری، آزمایشی به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در هشتگرد و در سال ۱۳۹۳ انجام شد. تیمارهای مورد مطالعه شامل تنش خشکی در سه سطح (آبیاری کامل، تنش ملایم و تنش شدید) به‌عنوان کرت اصلی و محلول‌پاشی اسید آسکوربیک در چهار سطح (شاهد، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر به‌عنوان کرت فرعی بود. صفات مورد بررسی در این آزمایش شامل ارتفاع بوته، تعداد دانه در بلال، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، کلروفیل کل، محتوای آب نسبی برگ پرولین و سوپراکسید دیسموتاز بود. نتایج نشان داد که تنش خشکی موجب کاهش ارتفاع بوته، تعداد دانه در بلال، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، کلروفیل کل، محتوای آب نسبی برگ و افزایش پرولین و فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز شد، به‌طوری که تحت شرایط تنش شدید خشکی، تعداد دانه در بلال، وزن هزار دانه و عملکرد دانه به ترتیب ۴۳/۰۳، ۲۳/۱۱ و ۴۹ درصد کاهش پیدا کرد. در مقابل، محلول‌پاشی اسید آسکوربیک موجب افزایش ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، کلروفیل کل، محتوای آب نسبی برگ و کاهش پرولین و فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز شد و بیشترین تأثیر مثبت در تیمار ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک مشاهده شد. همچنین محلول‌پاشی با ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک موجب افزایش ۳۲/۱ درصدی عملکرد دانه شد.

واژه‌های کلیدی: پرولین، سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، کلروفیل، محتوای آب نسبی

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد ساوه، دانشگاه آزاد اسلامی، ساوه، ایران
۲- باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد ساوه، دانشگاه آزاد اسلامی، ساوه، ایران
۳- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد ساوه، دانشگاه آزاد اسلامی، ساوه، ایران
* نویسنده مسئول: abolfazl.masumi@gmail.com

مقدمه

ذرت شیرین (*Zea mays* var. saccharata) از خانواده غلات و یک گیاه تغییر یافته ژنتیکی از ذرت معمولی بوده که تغییر یاد شده باعث تجمع قندها و پلی‌ساکاریدهای محلول در آندوسپرم دانه شد. این گیاه به صورت مستقیم و غیرمستقیم نقش مهمی را در تغذیه انسان داشته ولی کشت آن به عنوان گیاه زراعی در ایران چندان معمول نیست (Arshi, 2000). ذرت شیرین منبع سرشاری از فیبر، مواد کانی و انواع ویتامین‌ها برای انسان‌ها به ویژه در تغذیه کودکان است (Bankehsaz, 2003; Oktem *et al.*, 2004). رشد و نمو گیاهان زراعی به طور دائم تحت تأثیر عوامل مختلف محیطی قرار می‌گیرند و تنش‌های محیطی نیز از عوامل کاهش دهنده عملکرد محصولات کشاورزی در جهان هستند (Franklin *et al.*, 2010). کم بودن منابع آب شیرین از یک طرف و افزایش جمعیت از طرف دیگر نیاز به استفاده مؤثرتر از آب برای افزایش عملکرد را اجتناب ناپذیر می‌سازد (Debaeke and Aboudrare, 2004). تنش خشکی مهم‌ترین تهدید محیطی برای تأمین غذا به حساب می‌آید (Tardieu, 2012). همچنین تنش خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی تأثیرگذار بر تولیدات کشاورزی در سراسر جهان است که می‌تواند باعث کاهش قابل ملاحظه عملکرد شود (Mohammadkhani and Heidari, 2007). محققین گزارش کردند که تنش خشکی ملایم و شدید به ترتیب موجب کاهش عملکرد دانه ذرت به میزان ۶۳ و ۸۵ درصد در مقایسه با شرایط بهینه شد (Hugh and Davis, 2003). همچنین گزارش شده است که تنش خشکی در مرحله قبل و بعد از گلدهی عملکرد دانه در ذرت را به ترتیب ۲۵ و ۵۰ درصد کاهش داد (Osborne *et al.*, 2002). پژوهشگران طی آزمایشی با اعمال کم آبیاری در طی دوره رشد ذرت به این نتیجه رسیدند که کمبود شدید آب باعث کاهش عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شد (Pandey *et al.*, 2000). به نظر می‌رسد مکانیسم‌هایی نظیر تأثیر مستقیم تنش خشکی (Below *et al.*, 2000)، تغییرات هورمونی، کاهش جریان مواد فتوسنتزی (Jones and Setter, 2000) در کاهش تعداد دانه مؤثر باشد. گزارش شده است که ظرفیت و توانایی سیستم آنتی اکسیدانی می‌تواند از آسیب ناشی از تنش جلوگیری کند که این مسئله به مقاومت گیاهان به تنش مربوط می‌شود (Khan *et al.*, 2004). افزایش آنزیم‌های آنتی اکسیدان تحت شرایط تنش در گیاهان مختلف گزارش شده است (Horvath *et al.*, 2007; Eraslan *et al.*, 2008; Xu *et al.*, 2008).

آسکوربیک اسید (ویتامین C) یک مولکول کوچک قابل حل در آب است که دارای خاصیت آنتی اکسیدانی بالایی بوده و به عنوان سوبسترای اولیه در مسیرهای چرخه‌ای، برای سمیت زدایی و خنثی کردن رادیکال‌های سوپراکسید و اکسیژن منفرد نقش دارد. همچنین به عنوان یک آنتی اکسیدان ثانویه در باز چرخ آلفا توکوفرول و دیگر آنتی اکسیدان‌های چربی دوست نقش ایفا می‌کند (Noctor and Foyer, 1998). آسکوربیک اسید در کلروپلاست به صورت یک کوفاکتور برای چرخه ویولاگزانتین نیز عمل می‌کند (Smirnoff, 2000). این مولکول آنتی اکسیدان همراه دیگر ترکیبات سیستم آنتی اکسیدانی، سلول‌های گیاهی را در برابر آسیب‌های اکسیداتیو ناشی از اختلال در متابولیسم‌های هوازی فتوسنتز و تنفس و حتی آلودگی‌ها حفظ می‌نماید. آسکوربیک اسید از جمله مواد آنتی اکسیدانی درون سلولی است که مقاومت سطح سوبستراهای آنزیم‌های آنتی اکسیدان را بالا می‌برد و در کاهش تنش خشکی نقش به سزایی دارد (Kheyri, 2006). 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 بازی می‌کند (Pignocchi and foyer, 2003).

با توجه به این که خشکی و کم آبی در ایران همواره از مهمترین مسائل و مشکلات کشاورزی بوده و مصرف منابع، انرژی، آب و مواد غذایی به طور روزافزونی در جامعه افزایش می‌یابد، آزمایش کنونی به منظور بررسی اثرات محلول‌پاشی توسط آسکوربیک اسید بر روی صفات فیزیولوژیک و فنولوژیک ذرت شیرین در شرایط تنش خشکی صورت پذیرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش حاضر به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در ۳ تکرار در مزرعه‌ای شخصی در منطقه هشتگرد واقع در ´۳۹ و°۵۰ طول شرقی و ´۵۸ و°۳۵ عرض شمالی و ارتفاع ۱۶۱۳ متر از سطح دریا در سال ۱۳۹۳صورت پذیرفت. تیمارهای آزمایشی شامل تنش خشکی به عنوان کرت اصلی در سه سطح شاهد-آبیاری کامل (هر ۷ روز یکبار آبیاری)، تنش ملایم (هر ۱۲ روز یکبار آبیاری) و تنش شدید (هر ۱۷ روز یکبار

آبیاری) و همچنین محلول‌پاشی آسکوربیک اسید به عنوان کرت فرعی در چهار سطح صفر (شاهد)، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر هنگام صبح و قبل از شروع گرما بود. بذر ذرت مورد استفاده KSC 403 با دوره رویش ۱۰۰-۹۰ روزه بود که از موسسه نهال و بذر واقع در کرج تهیه گردید، این هیبرید به عنوان کشت بهاره برای اکثر مناطق کشور قابل توصیه می‌باشد و برای مزراعی که دوبار در سال کشت می‌شوند و کشت بهاره ذرت آن‌ها به سرمای پاییزه برخورد می‌کند نیز مناسب تشخیص داده شده است. این آزمایش داری ۹ تیمار در هر تکرار و جمعاً دارای ۲۷ واحد آزمایشی بود. هر کرت آزمایشی دارای ۵ ردیف کاشت به طول ۵ متر و فاصله ۷۵ سانتی‌متر از یکدیگر بود، فاصله بوته‌ها روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر (با تراکم ۶۶۰۰۰ بوته در هکتار) و فاصله کرت‌ها ۳ متر در نظر گرفته شد. دو ردیف کناری و همچنین ۰/۵ متر از ابتدا و انتهای هر کرت به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. عملیات آماده سازی زمین شامل، شخم، دیسک و ایجاد جوی و پشته طبق دستورالعمل مؤسسه تحقیقات انجام شد. مصرف کودهای شیمیایی بر اساس نتایج آزمایشات تجزیه خاک صورت پذیرفت. کشت بذور در ۱۱ تیرماه سال ۱۳۹۳ به صورت کپه‌ای (سه عدد بذر در هر کپه به عمق ۳ تا ۵ سانتی‌متر) انجام شد و تنک کردن در مرحله ۵-۴ برگی انجام گردید. همچنین بذرها قبل از کاشت با قارچ‌کش TMTO ضدعفونی شدند. اولین آبیاری (خاک آب) بلافاصله بعد از کشت صورت گرفت و آبیاری‌های بعدی با دوره‌های ۷، ۱۲ و ۱۷ روزه صورت گرفت. محلول‌پاشی آسکوربیک اسید در دو مرحله هشت برگی و ظهور گل‌آذین نر با مقادیر در نظر گرفته شده انجام پذیرفت. مبارزه با علف‌های هرز نیز در مرحله ۷-۵ برگی ذرت با استفاده از علفکش توفوردی انجام شد. همچنین برداشت در تاریخ ۲۵ مهرماه سال ۱۳۹۳ انجام شد. برای اندازه‌گیری صفات بیوشیمیایی در مرحله خمیری از هر کرت و به صورت تصادفی ۳ برگ از بالای بلال اصلی برداشته و در کیسه‌های نایلونی زیپ‌دار قرار داده شد و در داخل یونولیت درب دار حاوی یخ گذاشته شد و به آزمایشگاه انتقال یافت. اندازه‌گیری کلروفیل با استفاده از روش (Arnon, 1949)، پرولین محتوای برگ از روش (Bates *et al.*, 1973)، فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز از روش (Giannopolitis and Ries, 1997) و فعالیت آنزیم کاتالاز از روش (Cakmak and Horst, 1991) انجام شد. به منظور اندازه‌گیری رطوبت نسبی برگ، نمونه‌برداری از تمام کرت‌ها در مرحله گلدهی و از برگ پرچم صورت گرفت. از نمونه‌ها دیسک‌های برگی به قطر ۱ سانتی‌متر تهیه و وزن تر آن‌ها تعیین شد. نمونه‌ها به مدت ۴ ساعت در شدت نور کم در آب مقطر قرار داده شدند؛ سپس وزن تر نمونه‌های برگی در حالت آماس (تورژسانس) اندازه‌گیری و به جهت تعیین وزن خشک به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سلسیوس آون قرار گرفتند. سپس با استفاده از رابطه (۱) میزان آب نسبی برگ بر حسب درصد محاسبه شد:

$$RWC=\frac{FW-DW}{SW-DW}\times 100 \qquad (۱)$$

در این رابطه فوق، FW وزن تر برگ، DW وزن خشک برگ و SW وزن برگ در حالت اشباع است.

داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

جدول ۱- متوسط دما و میانگین بارندگی در منطقه هشتگرد طی دوره رشد ذرت در سال ۱۳۹۳

Table 1. The average temperature and rainfall in Hashtgerd region during growth of corn at 2014

Month	ماه	متوسط دما (سلسیوس) Mean temperature (°C)	میزان بارش (میلی‌متر) Precipitation (mm)
Jun.-Jul.	تیر	27.4	5
Jul.-Aug.	مرداد	27.2	0
Aug.-Sep.	شهریور	28	0
Sep.-Oct.	مهر	14	18

Reference: Iran Meteological Organization. (http://www.irimo.ir). منبع: سازمان هواشناسی کشور.

جدول ۲- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه قبل از کاشت

Table 2. Physical and chemical characteristics of the field soil before planting

بافت خاک Soil texture	pH	هدایت الکتریکی EC	ماده آلی Organic matter ($g.kg^{-1}$)	عناصر معدنی (میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) Mineral elements ($mg.kg^{-1}$ soil)					
				N	P	K	B	Zn	S
سیلتی لوم Silty loam	7.4	0.75	6.85	3.21	4.85	164.36	0.71	0.48	13.94

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) حاکی از آن بود که تنش خشکی در سطح احتمال یک درصد و اسید آسکوربیک در سطح احتمال یک درصد بر ارتفاع بوته اثر معنی‌داری داشت، ولی اثر متقابل تنش خشکی و اسید آسکوربیک بر ارتفاع بوته معنی‌دار نبود. نتایج حاصل نشان داد که تنش خشکی موجب کاهش ارتفاع بوته از ۲۰۲/۴۴ سانتی‌متر در آبیاری کامل به ۱۶۰/۳۷ سانتی‌متر در شرایط تنش شدید شد، به طور کلی در شرایط تنش ملایم و شدید ارتفاع بوته به میزان ۸/۷۸ و ۲۰/۷۸ درصد نسبت به آبیاری کامل کاهش پیدا کرد (جدول ۴). محلول‌پاشی اسید آسکوربیک ارتفاع بوته را افزایش داد، به‌گونه‌ای که بیشترین افزایش به میزان ۱۷/۷۸ درصد در تیمار ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک به‌دست آمد (جدول ۵). همین‌طور مشاهده شد که محلول‌پاشی اسید آسکوربیک با افزایش ارتفاع بوته در شرایط عدم حضور و حضور تنش خشکی همراه است (جدول ۶)، به‌نحوی که محلول‌پاشی ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر آسکوربیک اسید افزایش ۱۳/۳۴ درصدی در آبیاری کامل، ۲۵/۷۱ درصدی در تنش ملایم و ۱۴/۵۹ درصدی در تنش شدید را در پی داشت.

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۳)، اثر خشکی و اسید آسکوربیک در سطح احتمال یک درصد بر تعداد دانه در بلال، وزن هزرا دانه و عملکرد دانه معنی‌دار بود، ولی اثر متقابل خشکی و اسید آسکوربیک اثر معنی‌داری بر صفات بیان شده نداشت. تنش ملایم و شدید به ترتیب سبب کاهش تعداد دانه در بلال به مقدار ۱۶/۴۶ و ۴۳/۰۳ درصد، وزن هزار دانه به مقدار ۵/۴۹ و ۲۳/۱۱ درصد و عملکرد دانه به مقدار ۱۹/۳۳ و ۴۹ درصد نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۴). همچنین کاربرد اسید آسکوربیک سبب افزایش تعداد دانه در بلال، وزن هزار دانه و عملکرد دانه شد، به‌گونه‌ای که بیشترین افزایش تعداد دانه در بلال به مقدار ۲۷/۷۴ و ۳۰/۷۵ درصد در تیمار ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک و بیشترین افزایش وزن هزار دانه و عملکرد دانه به مقدار ۲۰/۰۵ و ۳۲/۱ درصد در محلول‌پاشی ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک حاصل شد (جدول ۵). در حضور خشکی نیز همانند شرایط بدون تنش، کاربرد آسکوربیک اسید سبب افزایش معنی‌دار تعداد دانه در بلال، وزن هزار دانه و عملکرد دانه شد (جدول ۶).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که خشکی و اسید آسکوربیک در سطح احتمال یک درصد بر کلروفیل کل اثر معنی‌داری داشتند، ولی اثر متقابل آن‌ها تأثیر معنی‌داری روی کلروفیل کل نداشت (جدول ۳). سطوح خشکی به‌طور معنی‌داری سبب کاهش کلروفیل کل شد، به‌نحوی که بیشترین کلروفیل کل به میزان ۲/۹۴ میلی‌گرم در گرم وزن تر در تیمار شاهد و کمترین کلروفیل کل به میزان ۱/۶۲ میلی‌گرم در گرم وزن تر به‌دست آمد. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که کلروفیل کل با کاهش ۱۶/۶۷ و ۴۴/۹ درصدی در شرایط تنش ملایم و تنش شدید همراه بود (جدول ۴). کاربرد اسید آسکوربیک، کلروفیل کل را به‌طور معنی‌داری افزایش داد، به‌طوری که کلروفیل کل در محلول‌پاشی ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک ۵۵/۷۴ درصد افزایش نشان داد (جدول ۵) و این افزایش در شرایط شاهد و سطوح خشکی مشاهده شد، به‌گونه‌ای که در آبیاری کامل بیشترین افزایش (۴۳/۷۲ و ۵۲/۳۸ درصد) را محلول‌پاشی ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر دارا بود که در یک گروه آماری قرار داشتند. بیشترین افزایش نیز در تنش ملایم (۵۵/۵۶ درصد) و تنش شدید (۶۳/۳۳ درصد) در محلول‌پاشی ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر رخ داد (جدول ۶).

همانطور که از نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) مشهود است تنش خشکی اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر محتوای آب نسبی برگ داشت، ولی اثر اسید آسکوربیک و اثر متقابل تنش خشکی و اسید آسکوربیک بر محتوای آب نسبی برگ تأثیر معنی‌داری نداشت.

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر محلول‌پاشی اسید آسکوربیک بر خصوصیات فنولوژیک و فیزیولوژیک ذرت شیرین تحت رژیم‌های آبیاری

Table 3. Analysis of variance of the effect of ascorbic acid foliar application on phenologic and physiologic characteristics of sweet corn under water deficit

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	تعداد دانه در بلال No. of kernel/ear	وزن هزار دانه 1000-kernel weight	عملکرد دانه Grain yield	کلروفیل کل Total chlorophyll	محتوای آب نسبی RWC	پرولین Proline	سوپراکسید دیسموتاز SOD activity	کاتالاز CAT activity
بلوک Replication	2	108.75^{ns}	138286.33**	153.45^{ns}	27.64**	1.43**	66.96^{ns}	0.0001**	4618.26^{ns}	604.01^{ns}
تنش خشکی Drought stress (D)	2	5354.11**	162650.65**	9623.13**	89.06**	5.4**	585.14**	0.002**	241057.61**	21929.46**
خطای اصلی Main error	4	119.26	5540.19	89.32	0.24	0.06	4.15	0.000002	495.73	184.72
اسید آسکوربیک Ascorbic acid (A)	3	1388.98*	24612.53**	2377.43**	8.63**	1.8**	43.33^{ns}	0.001**	287374.46**	8062.34**
تنش خشکی × اسید آسکوربیک D × A	6	105.821^{ns}	260.3^{ns}	68.15^{ns}	0.64^{ns}	0.08^{ns}	78.3^{ns}	0.00006*	1770.65^{ns}	278.39^{ns}
خطای فرعی Sub-error	18	360.98	2656.52	183.86	0.57	0.02	72.25	0.00002	4942.51	388.94
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		10.41	11.99	6.39	8.88	6.63	6.9	15.81	9.02	13.41

^{ns}، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪.

^{ns}, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر رژیم‌های آبیاری بر خصوصیات فنولوژیک و فیزیولوژیک ذرت شیرین

Table 4. Mean comparison of the effect of irrigation regimes on physiologic and phenologic characteristics of sweet corn

تنش خشکی Drought stress	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد دانه در بلال No. of kernel/ear	وزن هزار دانه 1000-kernel weight (g)	عملکرد دانه Grain yield ($ton.ha^{-1}$)	کلروفیل کل Total chlorophyll ($mg.g^{-1}$ FW)	محتوای آب نسبی RWC	پرولین Proline ($mg.g^{-1}$ FW)	سوپراکسید دیسموتاز SOD activity (Δ Abs mg pr^{-1} min)	کاتالاز CAT activity (Δ Abs mg pr^{-1} min)
آبیاری کامل Complet irrigation	202.44^{a}	536.19^{a}	234.51^{a}	11.02^{a}	2.94^{a}	80.13	0.02^{c}	633.52^{c}	109.99^{c}
تنش ملایم Mild stress	184.68^{b}	447.95^{b}	221.63^{b}	8.89^{b}	2.45^{b}	74.02^{b}	0.026^{b}	788.95^{b}	137.36^{b}
تنش شدید Severe stress	160.37^{c}	305.46^{c}	180.31^{c}	5.62^{c}	1.62^{c}	66.2^{c}	0.43^{a}	916.52^{a}	193.82^{a}

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری با آزمون دانکن ندارند. Means followed by the similar letters in each column have not significant differences by Duncan's test.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی اسید آسکوربیک بر خصوصیات فنولوژیک و فیزیولوژیک ذرت شیرین

Table 5. Mean comparison of the effect of ascorbic acid foliar application on phenologic and physiologic characteristics of sweet corn

آسکوربیک اسید Ascorbic acid	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد دانه در بلال No. of $kernel.ear^{-1}$	وزن هزار دانه 1000-kernel weight (g)	عملکرد دانه Grain yield ($ton.ha^{-1}$)	کلروفیل کل Total chlorophyll ($mg.g^{-1}$ FW)	محتوای آب نسبی RWC	پرولین Proline ($mg.g^{-1}$ FW)	سوپراکسید دیسموتاز SOD activity (Δ Abs mg pr^{-1} min)	کاتالاز CAT activity (Δ Abs mg pr^{-1} min)
0	169.06^{b}	365.3^{b}	191.63^{c}	7.32^{c}	1.83^{d}	71.04^{a}	0.043^{a}	1004.61^{a}	185.52^{a}
40	180.29^{ab}	409.86^{b}	208.57^{b}	8.27^{b}	2.13^{c}	73.7^{a}	0.032^{b}	828.51^{b}	155.75^{b}
80	181.51^{ab}	466.65^{a}	218.34^{ab}	8.78^{b}	2.53^{b}	72.77^{a}	0.023^{c}	694.34^{c}	126.73^{c}
120	199.12^{a}	477.64^{a}	230.05^{a}	9.67^{a}	2.85^{a}	76.3^{a}	0.02^{c}	591.19^{d}	120.23^{c}

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری با آزمون دانکن ندارند. Means followed by the similar letters have not significant differences by Dancan's test.

مشخص شد که در اثر تنش خشکی از محتوای نسبی آب برگ کاسته شد، به طوری که آبیاری کامل بیشینه محتوای آب نسبی برگ (۸۰/۱۳ درصد) را دارا بود؛ و کمینه مقدار این صفت (۶۶/۲ درصد) نیز مربوط به تیمار تنش شدیدی خشک بود (جدول ۴). همچنین این صفت تحت تأثیر تیمار آسکوربیک اسید قرار نگرفت (جدول ۵). بر اساس نتایج جدول ۵ محلول‌پاشی آسکوربیک اسید به خصوص تیمار ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر در شرایط آبیاری کامل و تنش خشکی افزایش محتوای نسبی آب برگ را سبب شد.

نتایج تجزیه واریانس بیانگر این بود که اثر خشکی و آسکوربیک اسید در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل خشکی با آسکوربیک اسید در سطح احتمال پنج درصد بر روی پرولین اثر معنی‌داری داشت (جدول ۳). خشکی به طور معنی‌داری سبب افزایش تجمع پرولین شد و با افزایش سطوح خشکی، افزایش شدیدتری در تجمع پرولین ایجاد گردید، به طوری که در تنش ملایم افزایش ۳۰ درصدی و در تنش شدید افزایش ۱۱۵ درصدی تجمع پرولین نسبت به آبیاری کامل مشاهده شد (جدول ۴). محلول‌پاشی آسکوربیک اسید بر تجمع پرولین تأثیر گذاشت به نحوی که در محلول‌پاشی ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر آسکوربیک اسید تجمع پرولین به مقدار ۴۶/۵۱ و ۵۳/۴۹ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت (جدول ۵). گیاهان تیمار شده با آسکوربیک اسید در هر دو سطوح خشکی و شرایط بدون تنش با کاهش تجع پرولین همراه بودند. بر اساس نتایج جدول ۶ بیشترین تجمع پرولین به میزان ۰/۰۶۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر مربوط به عدم کاربرد آسکوربیک اسید در حضور تنش شدید خشکی و کمترین تجمع پرولین به میزان ۰/۱۵ و ۰/۰۱۶ میلی‌گرم در گرم وزن تر به ترتیب مربوط به تیمار ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر آسکوربیک اسید در عدم حضور تنش خشکی بود.

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) اثر خشکی و آسکوربیک اسید در سطح یک درصد بر فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز اثر معنی‌داری داشت، اما در اثر متقابل خشکی با آسکوربیک اسید تأثیر معنی‌داری مشاهده نشد. تنش ملایم و شدید موجب افزایش ۲۴/۵۳ و ۴۴/۶۷ درصدی فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز و ۲۴/۸۸ و ۷۶/۲۲ درصدی فعالیت آنزیم کاتالاز شد (جدول ۴). همچنین مشاهده شد که آسکوربیک اسید موجب کاهش فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز گردید، به نحوی که بیشترین کاهش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در محلول‌پاشی ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر به میزان ۴۱/۱۵ درصد و بیشترین کاهش فعالیت آنزیم کاتالاز به میزان ۹۳/۴۱ درصد در تیمار ۱۲۰ میلی-گرم در لیتر اتفاق افتاد که با تیمار ۸۰ میلی‌گرم در لیتر (۳۱/۶۹ درصد کاهش) در یک گروه آماری قرار داشت (جدول ۵). گیاهان تیمار شده توسط آسکوربیک اسید در شرایط بدون تنش و تنش خشکی دارای فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز کمتری بودند، نتایج مقایسه میانگین (جدول ۶) نشان داد که محلول‌پاشی ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر آسکوربیک اسید موجب کاهش فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتازو کاتالاز به میزان ۴۶/۴۶ و ۴۰/۲۹ درصد در آبیاری کامل، ۹۴/۲۶ و ۳۸/۴ درصد در تنش ملایم و ۳۵/۷۸ و ۲۹/۳۸ درصد در تنش شدید شد.

نتایج نشان داد که در شرایط تنش خشکی از ارتفاع بوته کاسته شد. طبق گزارش محققین تولید مواد حاصل از فتوسنتز در شرایط کم‌آبی نیز کم می‌شود و بنابراین طول میانگره‌های ساقه و در نتیجه ارتفاع بوته تحت تأثیر خشکی کاهش می‌یابد (Emam and Ranjbar, 2001; Emam and Niknejad, 2004). همچنین در هنگام تنش خشکی از توسعه سلولی ممانعت به عمل می‌آید و رشد گیاه کاهش پیدا می‌کند (Banziger *et al.*, 2000). در اثر تنش خشکی تعداد دانه در بلال کاهش پیدا کرد. کاهش دانه را می‌توان به اثر تنش خشکی بر عقیمی تخمک‌ها در بلال ذرت نسبت داد (Basseti and Westgate, 1993). برخی دیگر از پژوهشگران علت کاهش تعداد دانه را به ناکافی بودن مواد پرورده فراهم در زمان گلدهی و یا پیش از آن نسبت داده‌اند (Payero *et al.*, 2009). در شرایط تنش خشکی وزن صد دانه نیز کاهش یافت. احتمالاً تنش خشکی با تأثیر بر درجه باز شدن روزنه‌ها و کاهش فعالیت آنزیم‌های چرخه کالوین، میزان تولید مواد پرورده را به میزان زیادی کاهش می‌دهد (Pessarakli, 2001) و از این راه به طور مستقیم موجب کاهش وزن دانه (ظرفیت مقصد فیزیولوژیک) می‌شود (Selisepoor *et al.*, 2006). کوتاه شدن دوره رشد و در نتیجه زودرسی در اثر تنش خشکی که توسط برخی محققین (Debaeke and Aboudrare, 2004)، گزارش شده است نیز احتمالاً یکی دیگر از دلایل کاهش وزن هزار دانه در اثر خشکی است (Emam and Ranjbarfar, 2001).

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی × محلول‌پاشی اسید آسکوربیک بر خصوصیات فنولوژیک و فیزیولوژیک ذرت شیرین

Table 6. Mean comparison of ascorbic acid × drought stress interaction effect on phenologic and physiologic characteristics of sweet corn

تنش خشکی Drought stress	اسید آسکوربیک Ascorbic acid	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد دانه در بلال No. of kernel/ear	وزن هزار دانه 1000-kernel weight (g)	عملکرد دانه Grain yield (ton/ha)	کلروفیل کل Total chlorophyll ($mg.g^{-1}$ FW)	محتوای آب نسبی RWC	پرولین Proline ($mg.g^{-1}$ FW)	سوپراکسید دیسموتاز SOD activity (Δ Abs mg pr^{-1} min)	کاتالاز CAT activity (Δ Abs mg pr^{-1} min)
آبیاری کامل Complet irrigation	0	190.73^{abcd}	478.08^{abc}	216.19^{cd}	9.35^{bcd}	2.31^{cd}	77.97^{abc}	0.027^{cdef}	872.04^{c}	151.41^{cde}
	40	198.53^{abc}	519.22^{ab}	224.65^{bc}	10.85^{abc}	2.62^{bc}	79.29^{abc}	0.024^{def}	649.59^{ef}	124.69^{efg}
	80	204.33^{ab}	561.46^{ab}	240.56^{ab}	11.08^{ab}	3.32^{a}	80.72^{ab}	0.016^{ef}	545.5^{fg}	73.4^{h}
	120	216.17^{a}	585.99^{a}	256.65^{a}	12.83^{a}	3.52^{a}	82.55^{a}	0.015^{ef}	466.93^{g}	90.41^{gh}
تنش ملایم Mild stress	0	167.23^{cdef}	371.28^{abcd}	196.21^{de}	7.86^{cde}	1.98^{cde}	71.43^{bcd}	0.04^{bc}	1008.34^{b}	175.72^{bcd}
	40	178.53^{bcdef}	431.49^{abcd}	223.46^{bc}	8.73^{bcd}	2.27^{cd}	75.83^{abc}	0.029^{bcde}	846.79^{c}	142.22^{def}
	80	182.7^{bcde}	490.44^{abc}	228.06^{bc}	9.02^{bcd}	2.47^{bcd}	72.14^{bcd}	0.02^{def}	721.97^{de}	123.26^{efg}
	120	210.23^{ab}	498.59^{abc}	238.78^{abc}	9.94^{abc}	3.08^{ab}	76.69^{abc}	0.013^{f}	578.71^{fg}	108.25^{fg}
تنش شدید Severe stress	0	149.2^{f}	246.56^{d}	162.49^{f}	4.77^{e}	1.2^{f}	63.73^{d}	0.61^{a}	1133.47^{a}	229.42^{a}
	40	163.8^{def}	278.87^{cd}	177.61^{ef}	5.24^{e}	1.51^{ef}	65.97^{d}	0.042^{b}	989.16^{b}	200.35^{ab}
	80	157.5^{ef}	348.06^{bcd}	186.41^{e}	6.21^{de}	1.8^{def}	65.45^{d}	0.034^{bcd}	815.54^{cd}	183.49^{bc}
	120	170.97^{cdef}	348.34^{bcd}	194.72^{de}	6.25^{de}	1.96^{cde}	69.66^{cd}	0.033^{bcd}	727.93^{de}	162.02^{cd}

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری با آزمون دانکن ندارند.

Means followed by the similar letters have not significant differences by Dancan's test.

تنش خشکی به ایجاد اختلال در فرآیند فتوسنتز جابجایی متابولیت‌ها را به سمت دانه تحت تأثیر قرار می‌دهد (Thalooth *et al.*, 2006). با اعمال تنش خشکی عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد تقلیل یافت؛ در شرایط تنش خشکی، هورمون آبسزیک اسید مشتق شده از ریشه با جریان تعرق بالا رفته و باز و بسته شدن روزنه را در برگ تنظیم می‌نماید و به دنبال آن تولید انواع اکسیژن فعال باعث بروز آسیب به غشای سلولی که نهایتاً موجب کاهش ATP تولیدی و عملکرد می‌شود (Secenji *et al.*, 2005). در شرایط تنش خشکی کلروفیل کل کاهش پیدا کرد، از آنجایی‌که کلروفیل و پرولین هر دو پیش ماده مشترکی به نام گلوتامات سنتز می‌شوند، بنابراین می‌توان گفت افزایش سنتز پرولین در شرایط تنش خشکی منجر به کاهش سنتز کلروفیل می‌گردد (Aspinal and Peleg, 1981). در مطالعات قبلی نیز تنش خشکی موجب کاهش محتوای نسبی آب برگ شده بود (Schlemmer *et al.*, 2005).

در گیاهان، انباشته شدن پرولین بر اثر قرار گرفتن در شرایط تنش آبی، یک پدیده شایع است. پرولین یکی از اسید آمینه‌های فعال در پدیده تنظیم اسمزی است که در ایجاد و حفظ فشار اسمزی درون گیاه نقش بسزایی دارد. نتایج نشان داد که تنش خشکی موجب افزایش تجمع پرولین شد. افزایش پرولین در گیاه هنگام تنش، نوعی مکانیسم دفاعی است. پرولین از طریق تنظیم اسمزی، جلوگیری از تخریب آنزیم‌ها و پاک‌کردن رادیکال‌های هیدروکسیل، بردباری و تحمل گیاه را در برابر تنش‌ها افزایش می‌دهد (Costa and Morel, 1994). در پاسخ به افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن، ظرفیت دفاع آنتی‌اکسیدانی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان افزایش می‌یابد (Gressel and Galam, 1994). افزایش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز زمانی رخ می‌دهد که یون سوپر اکسید درون سلولی افزایش یابد. این گونه فعال اکسیژن در اثر تنش کم آبی افزایش می‌یابد (Smirnoff, 1998). بر اساس نتایج در شرایط تنش خشکی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان افزایش یافت، سلول‌های گیاهی برای حفاظت در مقابل آسیب‌های تنش‌ها، مجهز به یک سیستم جاروب‌کننده رادیکال‌های آزادند که بخشی از این سیستم شامل آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مانند کاتالاز است (Cho and Park, 2000). افزایش فعالیت این آنزیم‌ها در گیاه، همراه با افزایش تنش، نشان‌دهنده این است که گیاه مورد مطالعه از مکانیسم دفاعی آنتی‌اکسیدانتی به منظور مقاومت در برابر تنش سود برده است (Ajay *et al.*, 2001).

اسید آسکوربیک به عنوان یک مولکول کوچک ولی با توان فیزیولوژیک زیاد می‌تواند فرآیندهای ماده‌سازی و به‌ویژه ساخت قندها را در جهتی القا کند که در نهایت منجر به رشد شود (Smirnoff, 2000). این اسید از طریق خنثی کردن رادیکال‌های آزاد سوپراکسید و اکسیژن حاصل از تنش سبب حفاظت و یکپارچگی غشای کلروپلاستی شده، عملکرد نرمال دستگاه فتوسنتزی را بالا برده و سبب تجمع کربوهیدرات‌های محلول می‌شود (Shao *et al.*, 2008). اسید آسکوربیک به دلیل نقش آن به‌عنوان کوفاکتور مهم در بیوسنتز بسیاری از هورمون‌های گیاهی از طریق احیای این هورمون‌ها سبب تعدیل آثار تنش، افزایش تقسیم و گسترش سلولی و افزایش ارتفاع بوته، تعداد دانه، وزن دانه و عملکرد دانه می‌شود (Taqi *et al.*, 2011). طبق گزارش محققین اسید آسکوربیک به دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی خود، از تخریب کلروفیل جلوگیری می‌کند و به‌طور غیرمستقیم سبب افزایش آن می‌شود (Dolatabadian *et al.*, 2009). اسید آسکوربیک با پاکسازی رادیکال‌های آزاد اکسیژن سبب کاهش خسارت به اسیدهای چرب و پروتئین‌ها شده و در نتیجه اثر مخرب تنش را کاهش می‌دهد و سنتز و تجمع پرولین به عنوان یک عکس‌العمل گیاه به تنش کاهش می‌یابد (Dolatabadian *et al.*, 2009). نتایج این تحقیق نشان داد که اسید آسکوربیک سبب کاهش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز شد. این کاهش فعالیت آنزیم در گیاهان تحت تنش را می‌توان به اثر آنتی‌اکسیدانی آن در خنثی‌سازی مستقیم یون سوپر اکسید نسبت داد (Noctor and Foyer, 1998). اسید آسکوربیک در از بین بردن یون سوپر اکسید در پاکسازی این یون مخرب نیز نقش دارد و در نتیجه سبب کاهش تولید پراکسید هیدروژن و در پی آن کاهش فعالیت آنزیم کاتالاز می‌شود (Noctor and Foyer, 1998).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد که تنش خشکی موجب کاهش کلروفیل کل، محتوای آب نسبی برگ و افزایش پرولین و فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز شد. در مقابل، محلول‌پاشی اسید آسکوربیک موجب افزایش ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، کلروفیل و محتوای آب نسبی برگ و در مقابل کاهش پرولین و فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز شد. بیشترین تأثیر مثبت اسید آسکوربیک در تیمار ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر آن مشاهده شد.

References

Ajay, A., Sairam, R. K. and Srivasta, G. C. 2001. Oxidative stress and antioxidative system in plants. **Current Science** 82: 1227-1238.

Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology** 4: 1-15.

Arshi, Y. 2000. Genetic improvement of vegetable crops. Jahad Daneshgahi of Mashhad Publication, Mashhad, Iran. 724 p. (In Persion).

Aspinal, D. and Paleg, L. 1981. Proline accumulation. Physioological aspects. **Plant Physiology** 25: 205-240.

Bankehsaz, A. 2003. Instruction of corn double row sowing. Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran. pp: 25-30. (In Persion).

Banziger, M., Edmeades, G. O., Beck, D. and Bellon, M. 2000. Breeding for drought and nitrogen stress tolerance in maize: From theory to practice. D. F. CIMMYT, Mexico.

Bassetti, P. and Westgate, M. E. 1993. Water deficit affects receptivity of maize silks. **Crop Science** 33: 278-182.

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

Below, F. E., Cazzetts, J. O. and Seebauer, J. R. 2000. Carbon/nitrogen interactions during ear and kernel development of maize. **Crop Science Society of America** 29: 15-24.

Cakmak, I. and Horst, W. 1991. Effect of aluminium on lipid peroxidation, superoxide dismutase, catalase and peroxidase activities in root tip of soybean (*Glysin max*). **Plant Phisiology** 83: 463-468.

Cho, V. H. and Park, J. O. 2000. Mercury–induced oxidative stress in tomato seedlings. **Plant Science** 126: 1-9.

Costa, G. and Morel, L. 1994. Water relation gas exchange and amino acid content in cd-treated lettuce. **Plant Physioilogy and Biochemistry** 32: 561-570.

Debaeke, P. and Aboudrare, A. 2004. Adaptation of crop management to water-limited environment. **European Journal of Agronomy** 21: 433-446.

Dolatabadian, A., Modarres Sanavy, S. A. M. and Sharifi, M. 2009. Effect of water deficit stress and foliar application of ascorbic acid on antioxidants enzymes activity and some biochemical changes in leaves of grain corn (*Zea mayz* L.). **Iranian Journal of Biology** 22 (3): 407-422. (In Persion with English Abstract).

Emam, Y. and Ranjbar, Gh. H. 2001. The effect of plant density and water stress during vegetative phase on grain yield, yield components and water use efficiency of maize. **Iranian Journal of Crop Science** 3: 51-63. (In Persion with English Abstract).

Emam, Y. and Niknejad, M. 2004. An introduction to the physiology of crop yield. Shiraz University Press, Shiraz, Iran. 571 p. (In Persion).

Eraslan, F., Inal, A., Pilbeam, D. J. and Gunes, A. 2008. Interactive effects of salicylic acid and silicon on oxidative damage and antioxidant activity in spinach (*Spinacia oleracea* L. cv. Matador) grown under boron toxicity and salinity. **Plant Growth Regulation** 55: 207-219.

Franklin, P., Gardner, R., Pearce, B. and Mitchell, R. L. 2010. Physiology of crop plants. Scientific Press. 336 p.

Giannopolitis, C. and Ries, S. 1997. Superoxide dismutase. I: Occurrence in higher plant. **Plant Physiology** 59: 309-314.

Gressel, J. and Galun, E. 1994. Genetic controls of photooxidant tolerance. In: Foyer, C. H. and Mullineaux, P. M. (Eds.). Causes of photooxidative stress and amelioration of defence systems in plants. Chemical Rubber Company Press, Boca Raton. pp: 237-274.

Horvath, E., Szalai, G. and Janda, T. 2007. Induction of abiotic stress tolerance by salicylic acid signaling. **Plant Growth Regulation** 26: 290-300.

Hugh, J. and Davis, F. 2003. Effect of drought stress on leaf and whole canopy radiation efficiency and yield of maize. **Agronomy Journal** 95: 688-696.

Jones, R. J. and Setter, T. L. 2000. Hormonal regulation of early kernel development. In: Westgate, E. and Boote, K. J. (Eds.). Physiology and modeling kernel set in maize. Crop Science Society of America, Madison, WI.

Khan, M. A., Gul, B. and Wecer, D. J. 2004. Action of plant growth regulators and salinity on seed germination of ceratoides lanata. **Botany and Range Science** 82:17-42.

Kheyri, M. 2006. Plant response to environmental stress. Publicationsof Arash Computer. 140 p. (In Persion).

Mohammadkhani, N. and Heidari, R. 2007. Effects of drought stress on soluble proteins in two maize varieties. **Turkish Journal of Biology** 32: 23-30.

Noctor, G. and Foyer, C. H. 1998. Ascorbate and glutathione: Keeping active oxygen under control. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology** 49: 249-279.

Oktem, A., Oktem, A. G. and Coskum, Y. 2004. Determination of sowing dates of sweet corn under Sunliurfa conditios. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry** 28 (2): 83-91.

Osborne, S. L., Schepers, J. S., Francis, D. D. and Schlemmer, M. R. 2002. Use of spectral radiance to inseason biomass and grain yield in nitrogen and water-stressed corn. **Crop Science** 42: 165-171.

Pandey, R. K., Maranville, J. W. and Chetima, M. M. 2000. Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment. II: Shoot growth. **Agricultural Water Management** 46 (1): 15–27.

Payero, J. O., Tarkalson, D. D., Irmak, S., Davison, D. and Petersen, J. L. 2009. Effect of timing of a deficit-irrigation allocation on corn evapotran, spiration, yield, water use efficiency and dry mass. **Agricultural Water Management** 96: 1387-1397.

Pessarakli, M. 2001. Handbook of plant and crop physiology. 2nd Edition. Marcel Dekker Inc. New York, USA. 997 p.

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

Schlemmer, M. R., Francis, D. D., Shanahan, F. and Chepers, S. 2005. Remotely measuring chlorophyll content in corn leaves with differing nitrogen levels and relative water content. **Agronomy Journal** 97: 106-112.

Secenji, M., Lendvai, A. Hajosne, Z., Dudits, D. and Gyorgyey, J. 2005. Experimental system for studing long-term drought stress adaptation of wheat cultivars. **Proceeding of the 8th Hangarian Congress on Plant Physiology** 49 (1-2): 51-52.

Seilsepoor, M., Jaafari, P. and Mollahosseini, H. 2006. The effects of drought stress and plant density on yield and some agronomic traits of maize (SC301). **Journal of Research in Agricultural Science** 2: 13-24. (In Persion with English Abstract).

Shao, H. B., Chu, L. Y., Zhao, H. L. and Kang, C. 2008. Primary antioxidant free radical scavenging and redox signaling pathways in higher plant cells. **International Journal of Biological Sciences** 4 (1): 8-14.

Smirnoff, N. 1998. Plant resistance to environmental stress. **Current Opinion in Biotechnology** 9 (2): 214-219.

Smirnoff, N. 2000. Ascorbic acid. Metabolism and functions of a multi-facetted molecule. **Current Opinion in Plant Biology** 3 (3): 229-235.

Taqi, A. K., Mazid, M. and Firoz, M. 2011. A review of ascorbic acid potentialities against oxidative stress induced in plants. **Journal of Agrobiology** 28 (2): 97-111.

Tardieu, F. 2012. Any trait or trait-related allele can confer drought tolerance: just design the right drought scenario. **Journal of Experimental Botany** 63 (1): 25-31.

Thalooth, M., Tawfik, M. and Magda Mohamed, H. 2006. A comparative study on the effect of foliar application of zinc, potassium and magnesium on growth, yield and some chemical constituents of mungbean plants growth under water stress conditions. **World Journal of Agricultural Sciences** 2: 37-46.

Xu, Q., Xu, X., Zhao, Y., Jiao, K., Herbert, S. J. and Hao, L. 2008. Salicylic acid, hydrogen peroxide and calcium induced saline tolerance associated with endogenous hydrogen peroxide homeostasis in naked oat seedlings. **Plant Growth Regulation** 54: 249-259.

University of Guilan
Faculty of Agricultural Sciences

Cereal Research
Vol. 6, No. 2, Summer 2016 (229-240)

The effect of foliar application of ascorbic acid on yield components and physiologic character of sweet corn under different irrigation regims

Mohsen Asghari[1], Abolfazl Masoumi Zavariyan[2*] and Mojtaba Yousefi Rad[3]

Received: May 31, 2015 Accepted: September 16, 2015

Abstract

To investigate the effect of ascorbic acid foliar application on phenological and physiological characteristics of sweet corn under water deficits, an experiment was carried out as split plots in randomized complete block design with three replications at Hashtgerd in 2014. Three levels of drought stress (complete irrigation, moderate and severe drought stress) were considered as main plots and four levels of ascorbic acid foliar application (control, 40, 80 and 120 $mg.lit^{-1}$) as sub-plots. The studied characteristics were plant height, number of grain per ear, 1000-grain weight, grain yield, total chlorophyll, relative water content (RWC), proline and superoxide dismutase (SOD) activity. The results showed that drought stress decreased plant height, number of grain per ear, 1000-grain weight, grain yield, total chlorophyll, RWC and increased proline accumulation and SOD and catalase activities so that severe drought stress conditions decreased number of grain per ear, 1000-grain weight and grain yield about 43.03, 23.11 and 49%, respectively. In contrast, ascorbic acid foliar application increased plant height, 1000-grain weight, grain yield, total chlorophyll and RWC and reduced proline accumulation and SOD and catalase activities so that the most positive effect of ascorbic acid was observed in 120 $mg.lit^{-1}$. Also, ascorbic acid foliar application with 120 $mg.lit^{-1}$ increased grain yield about 32.1%.

Keywords: CAT, Chlorophyll, Proline, RWC, SOD

1. Graduate M. Sc. Student, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Saveh Branch, Islamic Azad University, Saveh, Iran
2. Young Researchers and Elite Club, Saveh Branch, Islamic Azad University, Saveh, Iran
3. Assist. Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Saveh Branch, Islamic Azad University, Saveh, Iran
* Corresponding author: abolfazl.masumi@gmail.com