آماده انتشار

اثر محلول‌پاشی اسید آسکوربیک بر برخی صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و عملکرد ذرت (SC704) در شرایط قطع آبیاری

سرالله گالشی*[۱]، میترا طلوع حافظیان[۲]، سید منصور حسینی[۳]، حسین ملکا[۴]، بنیامین ترابی[۵]، محمدحسین قربانی[۶]

۱. استاد، گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران، رایانامه: segaleshi@gmail.com
۲. دانشجوی دکتری، گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران، رایانامه: mitra.toloo73@gmail.com
۳. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران، رایانامه: -
۴. دانشجوی دکتری، گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران، رایانامه: hosein.maleka@yahoo.com
۵. استاد، گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران، رایانامه: Ben_torabi@yahoo.com
۶. استادیار، گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران، رایانامه: ghorbanimh@yahoo.com

چکیده

سابقه و هدف: امروزه تنش خشکی یکی از بزرگ‌ترین تهدیدهایی است که در بسیاری از نقاط جهان بشر با آن مواجه است. تنش خشکی با عدم تعادل مواد غذایی و تولید گونه‌های فعال اکسیژن همراه است که منجر به کاهش رشد و عملکرد گیاهان زراعی می‌شود. بررسی‌ها نشان می‌دهد کاربرد خارجی اسید آسکوربیک به‌طور قابل‌توجهی اثرات بازدارنده تنش خشکی را بر رشد و متابولیسم گیاه بهبود می‌بخشد. با توجه به اهمیت تنش کم‌آبی این پژوهش جهت بررسی اثر اسید آسکوربیک بر برخی صفات دانه ذرت در شرایط زمان قطع آبیاری مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش: این پژوهش در مزرعه آموزشی شماره یک دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در سال ۱۳۹۷ بر روی ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ (SC704) تحت شرایط تنش خشکی به صورت آزمایش اسپیلت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار و ۲ فاکتور انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل: ۱- تنش خشکی در ۳ سطح (آبیاری کامل (بدون تنش)، و قطع آبیاری از مرحله شیری (تنش متوسط)، قطع آبیاری از مرحله ابریشم‌دهی (تنش شدید) ۲- مقادیر مختلف اسید آسکوربیک در ۷ سطح ۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود. محلول‌پاشی در دو مرحله ۶ برگی و ابریشم‌دهی انجام شد. در این پژوهش صفات، رنگیزه‌های فتوسنتزی شامل کلروفیلa، کلروفیل b در مرحله رویشی و زایشی، نشت الکترولیت، محتوای نسبی آب برگ، ارتفاع بوته، درصد پروتئین دانه، عملکرد زیستی و عملکرد دانه مورد بررسی و اندازه‌گیری قرار گرفت. تجزیه‌وتحلیل داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS و آزمون LSD صورت گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد اثر متقابل کاربرد اسید آسکوربیک و زمان قطع آبیاری بر کلروفیل b در مرحله رویشی و زایشی، نشت الکترولیت، محتوای نسبی آب برگ، ارتفاع بوته، درصد پروتئین دانه، عملکرد زیستی و عملکرد دانه معنی‌دار شد. بیشترین عملکرد دانه در هنگام آبیاری کامل و قطع آبیاری از مرحله شیری در تیمار ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک (به ترتیب برابر با ۹۶۷۸/۰ و ۹۰۹۰/۱ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد و در هنگام قطع آبیاری از مرحله ابریشم دهی در کاربرد ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک معادل ۷۳۹۵/۰ مشاهده شد. در بررسی میزان کلروفیل، قطع آبیاری به تنهایی سبب کاهش این تیمار شد. همچنین نتایج بررسی میزان نشت الکترولیت و هدایت الکتریکی نشان داد کاربرد اسید آسکوربیک باعث افزایش در محتوای نسبی آب برگ و همچنین کاهش در نشت الکترولیت‌ها شد و محلول‌پاشی اسید آسکوربیک تا حدودی توانست اثرات مخرب ناشی از قطع آبیاری را کاهش دهد.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد تنش خشکی سبب کاهش تیمارهای رنگیزه‌های فتوسنتزی، محتوای نسبی آب برگ، عملکرد دانه، عملکرد زیستی، تعداد دانه در بلال، درصد پروتئین دانه، ارتفاع بوته شد که محلول‌پاشی اسید آسکوربیک توانست تا حد زیادی از اثرات شدید و مخرب تنش جلوگیری کند. به طورکلی بر اساس نتایج این آزمایش می‌توان از دز مناسب اسید آسکوربیک برای کاهش اثر تنش خشکی بر صفات ذکر شده و بخصوص عملکرد دانه و عملکرد زیستی استفاده کرد.

کلمات کلیدی: تنش خشکی، زمان قطع آبیاری، اسید آسکوربیک، کلروفیل، عملکرد دانه

مقدمه

ذرت (*Zea mays* L.) در بین غلات، یک محصول حیاتی در سطح جهان شناخته می‌شود که اغلب به دلیل بهره‌وری بالا و کشت گسترده به‌عنوان "ملکه غلات" نامیده می‌شود (۱). این گیاه یک‌گونه چهار کربنه است که از رطوبت و نور خورشید به‌طور مؤثر برای تولید محصول بیشتر و ماده خشک استفاده می‌کند (۲). تقاضا برای تولید جهانی ذرت به‌عنوان منبع غذا، علوفه، روغن و سوخت زیستی برای جمعیت انسان در جهان رو به افزایش است (۳). بااین‌حال، کاهش عملکرد سالانه ذرت به دلیل خشکسالی حدود ۱۵ درصد از عملکرد بالقوه در سطح جهانی برآورد شد (۴). وبر و همکاران (۲۰۱۸) پیش‌بینی کردند که تغییرات آب و هوایی منجر به کاهش عملکرد ذرت و گندم زمستانه می‌شود، اما تنش خشکی برای ذرت شدیدتر خواهد بود (۵).

میانگین دمای جهانی در حال افزایش است و با خشکسالی شدید غیرقابل پیش‌بینی‌تر می‌شود (۶ و ۷). کمبود آب در هر مرحله از رشد و نمو گیاه می‌تواند تعدادی از فرآیندهای گیاهی ازجمله تغییر در متابولیسم، فیزیولوژی و مورفولوژی را تحریک کند (۸). تنش خشکی در هر مرحله از رشد گیاه می‌تواند اثرات مخربی بر رشد و نمو گیاه داشته باشد که نوع و میزان خسارت به‌شدت تنش و مقاومت گیاه بستگی دارد (۹). تغییر صفات فیزیولوژیکی از مهم‌ترین مکانیسم‌ها برای سازگاری گیاه به شرایط تنش خشکی است (۱۰).

تنش خشکی یکی از محدودیت‌های عمده در تولید ذرت است، زیرا نزدیک به ۸۰ درصد ذرت فصل مرطوب در شرایط دیم کشت می‌شود و ذرت فصل خشک از کمبود شدید آب رنج می‌برد (۱۱). بسته به‌شدت یا مدت تنش خشکی و مرحله زراعی، میزان کاهش عملکرد ذرت از ۳۰ تا ۹۰ درصد متغیر است که به‌شدت بر مراحل گلدهی و پر شدن دانه تأثیر می‌گذارد (۱۲). در بیشتر کشورها، ذرت در مناطق دیم با بارندگی ۳۰۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر کشت می‌شود که کمتر از حد بحرانی برای دستیابی به عملکرد مناسب است (۱۲).

تنش خشکی موجب بر هم خوردن تعادل بین تولید گونه‌های فعال اکسیژن و سیستم‌های دفاعی آنتی‌اکسیدانی که باعث تجمع بیش‌ازحد آن‌ها در کلروپلاست و ایجاد تنش اکسیداتیو در گیاهان می‌شود (۱۳ و ۱۴). تولید بیش‌ازحد ROS می‌تواند باعث مرگ سلول‌ها شود (۱۳). برای کاهش اثر سمیت ROS، گیاهان برخی از جاذب‌های کلیدی ROS را به شکل آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی یا غیر آنزیمی مانند پراکسیداز، کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز، توکوفرول، اسید آسکوربیک، گلوتاتیون و فنولیک‌ها تولید می‌کنند (۱۵ و ۱۶).

اسید آسکوربیک که به‌عنوان ویتامین C نیز شناخته می‌شود، یک کمپلکس غیرآنزیمی اصلی در گیاهان است که گیاهان را قادر می‌سازد تا با کاهش رادیکال‌های آزاد اکسیژن در برابر تنش‌ها از خود دفاع کنند (۱۷) و نقش مهمی در حفاظت از گیاهان در برابر تنش‌های فلزات سنگین، آفت‌کش‌ها و تابش فرابنفش (۱۸) و همچنین در برخی از تنش‌های اکسیداتیو ناشی از تنش‌های زیستی و غیرزیستی ایفا می‌کند (۱۹ و ۲۰). در پژوهشی محلول‌پاشی اسید آسکوربیک توانست عملکرد زیست‌توده گیاه ذرت را از طریق افزایش ارتفاع بوته و سطح برگ گیاه پس از خروج از شرایط تنش افزایش دهد (۲۱). اصغری و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که محلول‌پاشی اسید آسکوربیک سبب افزایش ارتفاع بوته در ذرت گردید. اسید اسکوربیک به‌طورکلی در سیتوزول گیاه توزیع می‌شود و به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان عمل می‌کند (۲۲). کاربرد خارجی اسید آسکوربیک می‌تواند سبب افزایش در رشد گیاه و افزایش ظرفیت گیاه جهت مقاومت در برابر تنش (۲۳)، همچنین در بهبود سیگنال دهی هورمون گیاهی، گسترش سلول، انتقال یون و سایر فرآیندهای مرتبط با شرایط تنش یا بدون تنش بسیار مؤثر است (۲۴). کاربرد خارجی اسید آسکوربیک همزمان با تنش نشان داده است که تا حدودی اثرات مخرب تنش در تعامل با اسید آسکوربیک کاهش می‌یابد (۲۵). عبدالقادوس (۲۰۱۴) نشان داد که بیشترین میزان وزن صد دانه، ارتفاع بوته، تعداد دانه در بوته، تعداد شاخه جانبی در بوته، محتوای قندهای محلول، محتوای نسبی آب برگ، پروتئین، سطح برگ، تعداد برگ، سرعت رشد محصول و عملکرد سویا با محلول‌پاشی اسید آسکوربیک با غلظت ۲۰۰ تا ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر نسبت به تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی) حاصل شد (۲۶).

آسکوربات یک کوفاکتور برای چندین آنزیم سلولی است که برای محافظت از نور توسط چرخه زانتوفیل و سایر آنزیم‌ها ضروری است و مستقیماً در حذف ROS نقش دارد (۲۷ و ۲۸). نتایج سزپسی و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد پیش تیمار گیاه گوجه فرنگی با محلول اسید آسکوربیک از طریق افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان ازجمله آسکوربات پراکسیداز آسیب‌های تنش اکسیداتیو ناشی از شوری را بهبود می‌بخشد (۲۹). همچنین در گزارشی مشابه، عبدالقادوس (۲۰۱۴) نشان داد خیساندن دانه‌های جو در محلول یک میلی‌مولار اسید آسکوربیک قبل از کشت، منجر به افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز در این گیاهان می‌شود، این محقق بیان کرد که اسید آسکوربیک می‌تواند به‌عنوان یک تنظیم‌کننده‌ی بالقوه برای بهبود رشد در شرایط کمبود آب، مورد استفاده قرار گیرد (۲۶).

هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر اسید آسکوربیک بر خصوصیات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و عملکرد دانه گیاه ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ در شرایط زمان قطع آبیاری در سطوح مختلف می‌باشد.

مواد و روش‌ها

آزمایش به صورت اسپیلت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار و ۲ فاکتور در مزرعه آموزشی شماره یک دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در سال ۱۳۹۷ انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل: ۱- قطع آبیاری در ۳ سطح (آبیاری کامل (بدون تنش)، قطع آبیاری از مرحله شیری (تنش متوسط) و قطع آبیاری از مرحله ابریشم دهی (تنش شدید) ۲- مقادیر مختلف اسید آسکوربیک در ۷ سطح ۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر (ppm) بود. این پژوهش شامل ۲۱ کرت به ابعاد ۲/۵×۵ در هر بلوک در نظر گرفته شد و فاصله بین بلوک‌ها ۱ متر، فاصله بین کرت‌ها ۰/۷۵ متر، فاصله بین ردیف-ها در هر کرت ۵۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۲۸ سانتی‌متر و درنتیجه تراکم ۷ بوته در مترمربع (با توجه به تراکم مطلوب منطقه، ۷۱۰۰۰ بوته در هکتار) در نظر گرفته شد. محلول‌پاشی با استفاده از سمپاش تلمبه‌ای با نازل تی‌جت خطی‌پاش و در دو مرحله ۶ برگی و ابریشم‌دهی در صبح و قبل از گرم شدن هوا انجام شد. میزان کود مصرفی در هکتار بر اساس آزمایش خاک اضافه شد. قبل از اجرای آزمایش، برای تعیین بعضی از صفات فیزیکی و شیمیایی خاک مورداستفاده، زیر نمونه‌ای از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری تهیه و مورد آزمون قرار گرفت (جدول ۱).

جدول ۱- مشخصات خاک مورداستفاده

بافت خاک Soil texture	رس (درصد) Clay (%)	سیلت (درصد) Silt (%)	شن (درصد) Sand (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس‌برمتر) EC (dS. m^{-1})	پتاسیم (پی‌پی‌ام) Potassium (ppm)	فسفر (پی‌پی‌ام) Phosphorus (ppm)	نیتروژن (درصد) Nitrogen(%)
لومی رسی Clay loam	38	52	10	6.8	0.6	164	5.6	0.098

جهت سنجش رنگیزه‌های فتوسنتزی از روش آرنون (۱۹۴۹) و اندازه‌گیری غلظت کلروفیل از روش اردکانی و نادور (۲۰۰۹) استفاده گردید (۳۰ و ۳۱). برای این منظور ۰/۲۵گرم وزن تر برگ در ۲مرحله رشدی (مرحله ۸ برگی و مرحله شروع پرشدن دانه) که از برگ‌های توسعه‌یافته فوقانی برداشت گردیده با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد در هاون چینی ساییده و هموژنیزه گردید. آنگاه در داخل لوله ریخته و به مدت ۱۰ دقیقه با شدت ۶۰۰۰ دور در دقیقه در دمای ۱۸ درجه سانتیگراد سانتریفیوژ شد. فاز بالایی (شفاف) بعد از سانتریفیوژ برداشته و در داخل بالون ژوژه ۲۵ میلی‌لیتر ریخته شد و با استون ۸۰ درصد به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسید، سپس با اسپکتوفتومتر مدل S2000 UV/VIS در طول موج‌های ۴۸۰، ۵۱۰، ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر قرائت شد. میزان کلروفیل a و b و کارتنویید با استفاده از روابط زیر محاسبه گردید. قبل از قرائت در این طول موج‌ها ابتدا با شاهد (استون ۸۰ درصد) صفر شد.

$$Chla=12.7\ (A663) - 2.69\ (A645) \times \frac{V}{1000 \times W}$$

$$Chlb=22.9\ (A645) - 4.68\ (A663) \times \frac{V}{1000 \times W}$$

$$C\ (\text{کارتنویید}) = 7.6(A480) - 1.49(A510) \times \frac{V}{1000 \times w}$$

که در این روابط V حجم عصاره مصرف شده، W وزن نمونه و Chla، Chlb و C به‌ترتیب غلظت کلروفیل a، b و کارتنویید برحسب (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) می‌باشد.

جهت تعیین میزان نسبی آب برگ (RWC) از روش ریچی و نگوین (۱۹۹۰) استفاده شد (۳۲). نمونه برداری از برگ رفرنس (آخرین برگ توسعه یافته) در مرحله خمیری نرم انجام شد و پس از آن بلافاصله درون یخ قرار گرفت. سپس وزن‌تر نمونه‌ها با ترازو (با دقت ۰/۰۰۰۱) اندازه‌گیری شد، پس از این مرحله تمامی نمونه‌ها در آب مقطر قرار داده شده و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس وزن اشباع برگ‌ها اندازه‌گیری شد و برگ‌ها به مدت ۲۴ ساعت دیگر در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرار گرفتند و پس از طی این زمان وزن خشک برگ‌ها اندازه‌گیری شدند. با قراردادن اعداد حاصل از توزین در رابطه مقابل میزان RWC محاسبه شد. $RWC= Fw - Dw / Sw - Dw \times 100$

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

اندازه‌گیری میزان نفوذپذیری غشای برگ از روش لوتس و همکاران (۱۹۹۶) انجام شد (۳۳). برای این منظور ۰/۲ گرم برگ تازه از هر تکرار در مرحله خمیری نرم را به دقت شسته و سپس به تکه‌های یک سانتی‌متری بریده و درون لوله‌های آزمایش به مدت ۳ ساعت در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد در حمام آب‌گرم قرار گرفت. پس از سه ساعت، هدایت الکتریکی محلول‌ها با استفاده از هدایت‌سنج الکتریکی مدل (PT-20) اندازه‌گیری شد. سپس لوله‌های آزمایش در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد در حمام آب گرم به مدت ۵ دقیقه جوشیدند. آنگاه برای بار دوم هدایت الکتریکی آنها پس از سرد شدن و رسیدن به دمای اتاق اندازه‌گیری شد. نشت الکترولیتی محلول‌ها با استفاده از رابطه مقابل محاسبه گردید: $$EC = \frac{C1}{C2}$$

که در این رابطه C_1 و C_2 به‌ترتیب هدایت الکتریکی محلول قبل و بعد از جوش می‌باشد.

جهت تعیین درصد پروتئین دانه از دستگاه کجلدال (مدل Behr-D-40599 Duss eld orf ساخت کشور آلمان) و روش شومان و همکاران (۱۹۸۰) استفاده شد (۳۴). برای اندازه‌گیری غلظت نیتروژن از روش کجلدال، شامل سه مرحله: هضم، تقطیر و تیتر، استفاده شد. ابتدا مقدار ۰/۳ گرم از زیرنمونه‌های تهیه شده همراه با ۶ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک غلیظ (مرک) و ۳ گرم کاتالیزور در لوله‌های مخصوص دستگاه کجلدال (Behr-D-40599 Duss eld or f) ریخته شد. عمل هضم نیز در دو مرحله صورت پذیرفت.

در مرحله اول لوله‌های حاوی نمونه به‌مدت ۴۵ دقیقه در دمای ۲۵۰ درجه‌سانتی‌گراد قرار گرفتند. در مرحله دوم دما تا ۳۵۰ درجه افزایش یافت و برای هضم کامل نمونه‌ها توسط اسیدسولفوریک (مرک)، به نمونه‌ها ۲ ساعت و ۴۰ دقیقه زمان داده شد. برای تقطیر نمونه‌ها از سود ۳۲ درصد و بخار آب و برای تیتراسیون از اسید بوریک ۲ درصد، اسیدکلریدریک ۰/۱ نرمال (مرک) و آب مقطر استفاده شد. ابتدا مقدار نیتروژن هر نمونه توسط دستگاه تعیین و سپس توسط روابط زیر اندازه‌گیری گردید.

۱۰۰× (وزن خشک دانه در زمان برداشت/ نیتروژن دانه) = غلظت نیتروژن دانه

۵/۷۵ × غلظت نیتروژن دانه = پروتئین دانه

برای محاسبه اجزای عملکرد در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک در هر واحد آزمایشی، پنج بوته برداشت و صفات تعداد بلال در بوته، تعداد دانه در بلال، وزن هزار دانه، عملکرد زیستی اندازه‌گیری شدند. در مرحله رسیدگی دانه، برداشت نیز به‌منظور تعیین عملکرد نهایی، دو مترمربع در هر واحد آزمایشی، مشخص و بوته‌های آن برداشت شد و پس از انتقال به آزمایشگاه عملکرد نهایی دانه مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها به روش LSD با استفاده از نرم‌افزار SAS (۳۵) و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

تغییرات کلروفیل a و b در دو مرحله رویشی (۸ برگی) و زایشی (شروع پرشدن دانه)

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثر زمان قطع آبیاری، اسید آسکوربیک و اثر متقابل آن‌ها بر مقدار کلروفیل b در دو مرحله رویشی (۸ برگی) و زایشی (شروع پرشدن دانه) و بر مقدار کلروفیل a تنها در مرحله زایشی معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل زمان قطع آبیاری و اسید آسکوربیک بر رنگیزه‌های فتوسنتزی ذرت نشان داد، در مرحله زایشی بیشترین و کمترین مقدار کلروفیل a در سطح آبیاری کامل به ترتیب در هنگام کاربرد ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک (۵/۳۴ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و عدم کاربرد اسید آسکوربیک (۳/۴۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر) به‌دست آمد (جدول ۳). در قطع آبیاری از مرحله شیری بیشترین و کمترین مقدار برای کلروفیل a به ترتیب در هنگام کاربرد ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک (۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و عدم کاربرد اسید آسکوربیک (۳/۲۴ میلی‌گرم در گرم وزن تر) بود، همچنین در هنگام قطع آبیاری از مرحله ابریشم دهی بیشترین مقدار کلروفیل a در سطح ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر (۴/۱۹ میلی‌گرم در گرم وزن تر) بود و کمترین مقدار برای کلروفیل a در هنگام کاربرد ۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک مشاهده شد (جدول ۳). در مرحله رشد رویشی و زایشی بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل زمان قطع آبیاری و اسید آسکوربیک بیشترین مقدار کلروفیل b در هنگام آبیاری کامل و قطع آبیاری از

مرحله شیری در سطوح ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک به دست آمد و بین این دو سطح اختلاف معنی‌داری از نظر آماری مشاهده نشد، کمترین مقدار برای کلروفیل b در هنگام آبیاری کامل در هنگام عدم کاربرد اسید آسکوربیک مشاهده شد (جدول ۳). بیشترین مقدار برای کلروفیل b در مرحله رشد رویشی و زایشی در هنگام کاربرد ۲۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک بدست آمد (جدول ۳). به‌طورکلی در سطوح آبیاری کامل و قطع آبیاری از مرحله شیری، میزان کلروفیل b تا سطح کاربرد ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک افزایش و پس‌ازآن با افزایش میزان اسید آسکوربیک، کاهش یافت و در مرحله قطع آبیاری از مرحله ابریشم دهی با افزایش میزان اسید آسکوبیک، میزان کلروفیل b نیز افزایش یافت (جدول ۳).

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر زمان قطع آبیاری و اسید آسکوربیک بر صفات اندازه گیری شده ذرت.

Table 2. Analysis of variance (mean square) of the effect of irrigation cut-off time and ascorbic acid on measured traits of corn.

عملکرد زیستی Biological yield	عملکرد دانه Grain Yield	ارتفاع بوته Plant height	پروتئین دانه Grain protein	محتوای نسبی آب برگ RWC	نشت الکترولیت EC	کلروفیل b (مرحله زایشی) Chlorophyll b (Reproductive Phase)	کلروفیل b (مرحله رویشی) Chlorophyll b (Vegetation Phase)	کلروفیل a (مرحله زایشی) Chlorophyll a (Reproductive Phase)	کلروفیل a (مرحله رویشی) Chlorophyll a (Vegetation Phase)	درجه آزادی df	منابع تغییر S.O.V
10320532	328330	4.92ns	0.09ns	35.1ns	578ns	0.010ns	0.0115ns	0.351ns	0.181 ns	2	A
42520224**	11912674**	17833.50**	11.27**	813.7**	28648**	1.312**	4.253**	2.821**	0.028ns	2	B
8387662	705464	4.58	0.63	12.5	529	0.075	0.253	0.088	0.111	4	خطای a Error a
23383289**	5006048**	141.87**	6.69**	139.2**	16189**	0.781**	1.790*	2.135**	0.573ns	3	C
11893026**	2623455**	59.68*	3.45**	147.6**	7243**	0.402**	0.937**	0.668**	0.625ns	6	B*C
4001119	664606	21.70	0.89	19.0	1004	0.104	0.237	0.170	0.379	18	خطا Error
13.6	11.4	12.52	12.3	5.7	11.5	12.3	11.4	10.8	12.7		ضریب تغییرات Cv%

A: بلوک (Block)، **B**: زمان قطع آبیاری (Irrigation cut-off time)، **C**: اسید آسکوربیک (Ascorbic acid)

***، **و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵، ۱ درصد و عدم معنی‌داری می‌باشند.**

***, ** and ns are significant at the level 5%, 1% and non-significant, respectively**

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل زمان قطع آبیاری و اسید آسکوربیک بر کلروفیل **a** و **b** ذرت.

Table 3. Mean comparison of the mutual effect of Irrigation cut-off time and Ascorbic acid on Chlorophyll a and b the corn.

Ch.b.R (میلی‌گرم درگرم بافت‌تر) (mg.g^{-1} FW)	Ch.b.V (میلی‌گرم درگرم بافت‌تر) (mg.g^{-1} FW)	Ch.a.R (میلی‌گرم درگرم بافت‌تر) (mg.g^{-1} FW)	C (میلی‌گرم در لیتر) (mg.l^{-1})	B
2.31c	3.86b	3.45d	**0**	
2.75bc	4.38b	3.81c	**50**	
3.50a	5.52a	5.34a	**100**	
3.62a	5.78a	4.38ab	**150**	**B1**
2.98ab	4.71ab	4.54a	**200**	
2.68bc	4.18b	3.73c	**250**	
2.32c	4.02b	3.75c	**300**	
2.30b	3.81b	3.24c	**0**	
2.53b	4.28ab	3.46c	**50**	
2.88a	4.92a	3.94c	**100**	
3.14a	5.43a	4.38b	**150**	**B2**
2.71ab	4.46ab	5.00a	**200**	
2.36b	3.87b	3.54c	**250**	
2.36b	3.89b	3.34c	**300**	
1.66c	2.91c	2.80c	**0**	
2.35b	3.47bc	2.62c	**50**	
2.38b	3.60bc	3.43ab	**100**	
2.18b	3.61bc	3.33ab	**150**	**B3**
2.50ab	3.95ab	3.73a	**200**	
2.81a	4.39a	3.79a	**250**	
2.79a	4.42a	4.19a	**300**	

B: زمان قطع آبیاری(**Irrigation cut-off time**)، **B1**: آبیاری کامل (**Normal irrigation**)، **B2**: قطع آبیاری از مرحله شیری (**Irrigation cut-off from the milky stage**)، **B3**: قطع آبیاری از مرحله ابریشم دهی (**Irrigation cut-off from the silking stage**)، **C**: اسید آسکوربیک (**Ascorbic acid**)، **Ch.a.R**: کلروفیل **a** مرحله زایشی (**Chlorophyll a Reproductive Phase**)، **Ch.b.V**: کلروفیل **b** مرحله رویشی (**Chlorophyll b Vegetation Phase**)، **Ch.b.R**: کلروفیل **b** مرحله زایشی (**Chlorophyll b Reproductive Phase**).

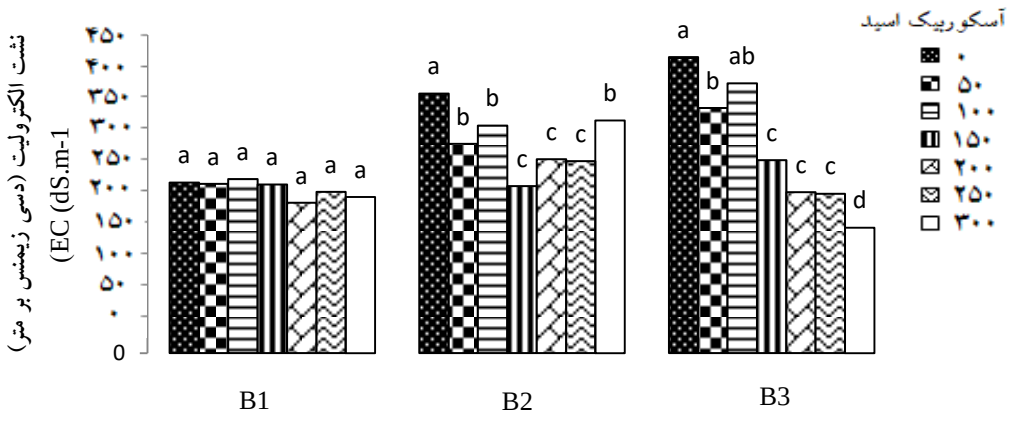
در هر ستون، میانگین‌هایی با حروف مشابه بر اساس آزمون **LSD** در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری باهم ندارند.

In each column, means with the same letter are not significantly different from each other based on the LSD test at the 5% probability level.

با ارزیابی محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی در شرایط مختلف شوری، می‌توان تا حدی به تأثیر تنش شوری بر فعالیت فتوسنتزی پی برد (۳۶). محققان بیان کرده‌اند دلیل اصلی کاهش در رنگیزه‌های فتوسنتزی طی تنش‌های محیطی تولید بیش‌ازحد گونه‌های اکسیژن فعال می‌باشد، که می‌تواند ساختار پروتئین‌ها را تخریب کرده و آن‌ها را از بین ببرد، ازاین‌رو بیشتر محققان گزارش کردند اسید آسکوربیک یا خود به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان عمل کرده یا با کمک به سیستم‌های آنتی اکسیدانتی آنزیمی و غیرآنزیمی باعث کاهش اثرات منفی تنش اکسیداتیو می‌شود (۲۱). نتایج حسینی و همکاران (۲۰۲۱) نشان داد که تنش شوری بر محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی شامل کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئیدها تأثیر منفی دارد (۳۶). تنش شوری سنتز کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها و همچنین پیوندهای پروتئینی را کاهش می‌دهد که ممکن است منجر به کاهش پتانسیل جذب نور در رنگدانه‌های فتوسنتزی شود (۳۷ و ۳۸ و ۳۹). نتایج عظیم و همکاران (۲۰۲۳) نشان داد مصرف خارجی ۰/۵ میلی‌مولار اسید آسکوربیک در گیاه سورگوم سبب افزایش تحمل به تنش شوری شد (۴۰). با توجه به نتایج بدست آمده در این پژوهش، قطع آبیاری به تنهایی سبب کاهش میزان کلروفیل شد و محلول پاشی اسید آسکوربیک تا حدودی توانست اثرات مخرب ناشی از قطع آبیاری را کاهش دهد که با نتایج محققان مطابقت داشت.

نشت الکترولیت‌ها و محتوای نسبی آب

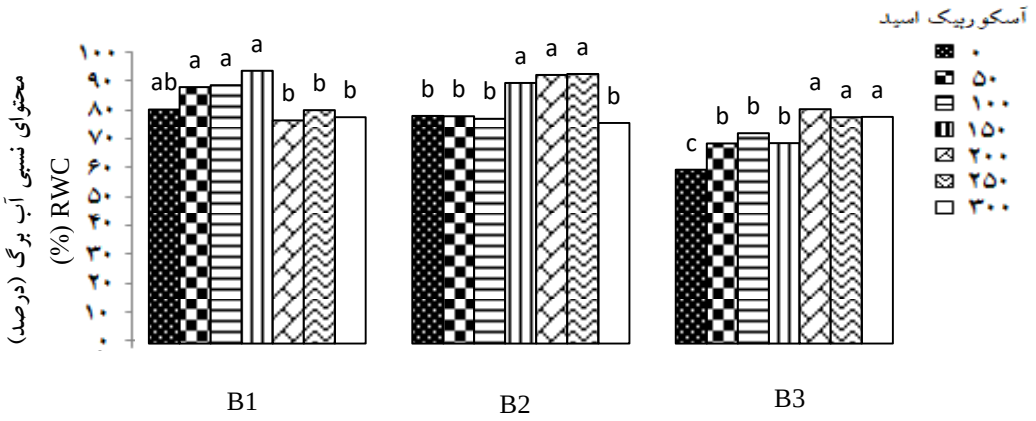
بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثر زمان قطع آبیاری، اسید آسکوربیک و اثر متقابل آن‌ها بر میزان نشت الکترولیت‌ها و محتوای نسبی آب برگ در گیاه ذرت معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل زمان قطع آبیاری و اسید آسکوربیک بر مقدار نشت الکترولیت‌ها در شکل ۱ نشان داده شده است، در هنگام آبیاری کامل مقدار نشت الکترولیت‌ها اختلاف معنی‌داری در بین سطوح مختلف اسید آسکوربیک مشاهده نشد (شکل ۱). در هنگام قطع آبیاری از مرحله شیری بیشترین و کمترین مقدار برای نشت الکترولیت‌ها به ترتیب در تیمار عدم کاربرد اسید آسکوربیک و کاربرد ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک بدست آمد (شکل ۱). در هنگام قطع آبیاری از مرحله ابریشم‌دهی روند تغییرات نشت الکترولیت‌ها با دو سطح دیگر قطع آبیاری متفاوت بود، به‌طوری‌که در این مرحله با افزایش در کاربرد اسید آسکوربیک مقدار نشت الکترولیت‌ها، کاهش یافت، بدین‌صورت که بیشترین و میزان نشت الکترولیت‌ها در عدم کاربرد اسید آسکوربیک مشاهده شد و کمترین نشت الکترولیت‌ها در کاربرد ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک بدست آمد (شکل ۱).



شکل ۱- اثر متقابل زمان قطع آبیاری و اسید آسکوربیک بر تغییرات نشت الکترولیت‌های ذرت. B1: آبیاری کامل (Normal irrigation)، B2: قطع آبیاری از مرحله شیری (Irrigation cut-off from the milky stage)، B3: قطع آبیاری از مرحله ابریشم دهی (Irrigation cut-off from the silking stage).

Figure 1- The interaction effect of Irrigation cut-off time and ascorbic acid on changes EC the corn.

در شکل (۲) تغییرات محتوای نسبی آب برگ در سطوح مختلف آبیاری و اسید آسکوربیک نشان داده شده است، بر اساس نتایج بدست آمده، در هنگام آبیاری کامل بیشترین میزان محتوای نسبی آب برگ در بین سطوح کاربرد ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک بدست آمد، اما در هنگام قطع آبیاری از مرحله شیری بیشترین میزان نشت الکترولیت‌ها در کاربرد ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک بدست آمد که نسبت به آبیاری کامل کاملاً متفاوت بود، در این سطح قطع آبیاری (قطع آبیاری از مرحله شیری) بین سطوح عدم کاربرد اسید آسکوربیک، ۵۰، ۱۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک از نظر آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۲). در هنگام قطع آبیاری از مرحله ابریشم‌دهی علاوه بر اینکه به‌طوری کلی مقدار محتوای نسبی آب برگ نسبت به دو سطح دیگر روند کاهشی را نشان داد، میزان محتوای نسبی آب برگ در سطوح مختلف کاربرد اسید آسکوربیک نیز تغییر پیدا کرد، بدین صورت که بیشترین میزان محتوای نسبی آب برگ در قطع آبیاری از مرحله ابریشم‌دهی در هنگام کاربرد ۲۰۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک مشاهده شد و کمترین میزان محتوای نسبی آب برگ در هنگام عدم کاربرد اسید آسکوربیک بدست آمد که نسبت به سایر سطوح کاربرد اسید آسکوربیک به طور معنی‌داری حدود ۲۳ درصد کمتر بود (شکل ۲).



شکل ۲- اثر متقابل زمان قطع آبیاری و اسید آسکوربیک بر تغییرات محتوای نسبی آب برگ ذرت. B1: آبیاری کامل (Normal irrigation)، B2: قطع آبیاری از مرحله شیری (Irrigation cut-off from the milky stage)، B3: قطع آبیاری از مرحله ابریشم دهی (Irrigation cut-off from the silking stage).

Figure 2- The interaction effect of Irrigation cut-off time and ascorbic acid on changes RWC of corn leaves

افزایش در نشت الکترولیت‌ها ناشی از تخریب غشا سلولی می‌باشد، تخریب غشاها در مرحله اول به دلیل افزایش در گونه‌های فعال اکسیژن اتفاق می‌افتد، به همین دلیل محققان کاربرد اسید آسکوربیک را باعث کاهش در نشت الکترولیت‌ها در شرایط طبیعی و تنش می‌دانند (۴۱). نتایج فرجام و همکاران (۲۰۱۴) نشان داد کاربرد خارجی اسید آسکوربیک در شرایط تنش خشکی در مرحله رویشی و زایشی گیاه نخود سبب کاهش در میزان نشت الکترولیت گردید (۴۲). در مطالعه شمی و همکاران (۲۰۲۱)، اثر اسید آسکوربیک و گلایسین بتائین و روی بر محتوای نسبی آب برگ در گیاهان ذرت تحت تنش خشکی به طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار گرفت و محلول‌پاشی بوته‌های ذرت را در هر دو شرایط آب خاک بهبود بخشید (۴۳). محتوای نسبی آب برگ یک متغیر مفید برای ارزیابی وضعیت فیزیولوژیکی آب در برگ‌های گیاهان در نظر گرفته می‌شود. محرم‌نژاد و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند که تنش خشکی به طور قابل‌توجهی باعث کاهش محتوای نسبی آب برگ در مقایسه با شرایط عادی شد (۴۴).

نتایج این پژوهش نیز نشان داد کاربرد اسید آسکوربیک باعث افزایش در محتوای نسبی آب برگ و همچنین کاهش در نشت الکترولیت‌ها می‌شود که از این لحاظ می‌تواند در حفظ فعالیت‌های متابولیکی سلول و ادامه تنفس و فتوسنتز بسیار مؤثر باشد، به نظر می‌رسد اسید آسکوربیک به دلیل نقشی که در بهبود فعالیت‌های سلول دارد و همچنین مبارزه با گونه‌های اکسیژن فعال درنهایت باعث حفظ غشاها و افزایش در محتوی نسبی آب برگ و کاهش نشت الکترولیت‌ها می‌شود (شکل ۱ و ۲).

درصد پروتئین دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد، اثر زمان قطع آبیاری و اسید آسکوربیک و اثر متقابل آن‌ها بر درصد پروتئین دانه ذرت معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل زمان قطع آبیاری و اسید آسکوربیک نشان داد در هنگام آبیاری کامل و قطع آبیاری از مرحله شیری اختلاف بین درصد پروتئین دانه در عدم کاربرد اسید آسکوربیک و کاربرد ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک، با افزایش میزان اسید آسکوربیک تا میزان کاربرد ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر، درصد پروتئین دانه به ترتیب حدود ۵۶/۷۲ و ۳۳/۲۸ درصد افزایش و با افزایش غلظت بالاتر اسید آسکوربیک از ۱۵۰ به ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر، به ترتیب به میزان ۵۶/۰۲ و ۳۶/۴۴ درصد کاهش یافت. به‌عبارت‌دیگر با کاربرد ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر کاربرد اسید آسکوربیک در مرحله آبیاری کامل (۱۰/۶۱ درصد) و قطع آبیاری از مرحله شیری (۹/۲۱ درصد) به حداکثر میزان درصد پروتئین دانه رسیدند.

در تیمار قطع آبیاری از مرحله ابریشم‌دهی با افزایش در مقدار محلول‌پاشی اسید آسکوربیک درصد پروتئین دانه نیز افزایش پیدا کرد. در این سطح از قطع آبیاری بیشترین درصد پروتئین دانه در غلظت‌های بالای اسید آسکوربیک مشاهده شد که در کاربرد ۲۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر به ترتیب برابر ۸/۲۴ و ۸/۱۸ درصد بود و کمترین درصد پروتئین دانه در هنگام عدم کاربرد اسید آسکوربیک بدست آمد (جدول ۴). بر اساس نظر محققان کاهش در مقدار پروتئین دانه در شرایط تنش خشکی به دلیل کاهش در محتوای پروتئین موجود در برگ‌ها می‌باشد که باعث می‌شود درنهایت پروتئین دانه کاهش پیدا کند، از طرف دیگر بیان شده است اسید آسکوربیک به دلیل ویژگی‌های مثبتی که دارد در نهایت باعث افزایش پروتئین دانه می‌شود (۲۶ و ۴۵).

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که از بین عوامل مورد بررسی تمامی اثرات زمان قطع آبیاری، کاربرد اسید آسکوربیک و اثر متقابل این دو بر ارتفاع بوته ذرت در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش خشکی در کاربرد اسید آسکوربیک نشان داد که بیشترین میزان برای ارتفاع بوته با میانگین ۲۲۲/۱۲ سانتی‌متر مربوط به تیمار آبیاری کامل و کاربرد ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک بود که نسبت به عدم کاربرد اسید آسکوربیک به میزان ۳۰/۴۸ درصد افزایش یافت و کمترین میزان نیز با میانگین ۱۳۴/۷۲ سانتی‌متر مربوط به تیمار عدم مصرف اسید آسکوربیک و در تیمار قطع آبیاری در زمان ابریشم دهی بود که این امر منجر به کاهش ۲۶درصدی ارتفاع بوته نسبت به شرایط آبیاری کامل و عدم کاربرد اسید آسکوربیک گردید و از رشد بیشتر بوته جلوگیری کرد (جدول ۴). مقبول و همکاران (۲۰۱۵) گزارش دادند که تنش خشکی باعث کاهش ارتفاع بوته گندم می‌شود (۴۶). سوهاگ و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک، اثرات مضر

تنش خشکی را کاهش داد (۴۷). اثرات مثبت محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید بر ارتفاع بوته ذرت تحت تنش خشکی با نتایج نایک و همکاران (۲۰۲۴) و صوفی و همکاران (۲۰۲۰) مطابقت داشت (۴۸ و ۴۹).

تعداد دانه در بلال

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر زمان قطع آبیاری، اسید آسکوربیک و اثر متقابل آن‌ها بر اجزای عملکرد ذرت (تعداد بلال در بوته، وزن هزار دانه، تعداد دانه در بوته) معنی‌دار شد (جدول ۲). بر اساس نتایج جدول (۴) با افزایش شدت تنش خشکی تعداد دانه در بلال کاهش یافت، در هنگام آبیاری کامل بیشترین تعداد دانه در بلال در ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک (۴۴۲/۵ دانه در بلال) مشاهده شد که به‌طور معنی‌داری از سایر سطوح اسید آسکوربیک بیشتر بود (جدول ۴). عدم استفاده در قطع آبیاری از مرحله شیری نیز بیشترین تعداد دانه در بوته مربوط به سطوح ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک (به‌ترتیب ۳۶۴/۰ و ۴۱۵/۰ دانه در بلال) بدست آمد، در هنگام قطع آبیاری از مرحله شیری همانند آبیاری کامل عدم کاربرد اسید آسکوربیک و کاربرد زیاد اسید آسکوربیک (۲۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر) باعث کاهش معنی‌دار در تعداد دانه در بوته ذرت شد (جدول ۴)، اما در هنگام قطع آبیاری از مرحله ابریشم دهی با افزایش در کاربرد اسید آسکوربیک تعداد دانه در بلال ذرت نیز افزایش پیدا کرد، به‌طوری‌که بیشترین تعداد دانه در بوته ذرت در سطوح ۲۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک مشاهده شد که به ترتیب برابر ۲۸۴/۴ و ۲۹۴/۰ دانه در بوته بود (جدول ۴).

محققین گزارش کردند تنش خشکی در ذرت باعث کاهش تعداد دانه در بلال می‌شود (۵۰). از طرف دیگر بیان شده است که کاربرد خارجی اسید آسکوربیک باعث بهبود اجزای عملکرد دانه در گیاهان زراعی مختلف می‌شود که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. در نتایج قنبری تیلمی و همکاران (۲۰۱۴) مشاهده شد، اثر محلول‌پاشی متانول و اسید آسکوربیک بر وزن خشک بوته، تعداد غلاف در مترمربع، وزن هزار دانه و عملکرد دانه سویا معنی‌دار دارد (۵۱). برادران فیروزآبادی (۲۰۱۷) مشاهده کرد که محلول‌پاشی اسید آسکوربیک ۱۰ میلی‌مولار و متانول ۳۰ درصد حجمی سبب افزایش عملکرد گیاه سیاهدانه در شرایط تنش خشکی می‌شود (۵۲). در گزارش کلانتراحمدی و همکاران (۲۰۱۶) آمده است در شرایط آبیاری مطلوب و تنش ملایم خشکی کاربرد اسید آسکوربیک ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر و تحت شرایط تنش شدید خشکی کاربرد متانول ۳۰ درصد حجمی، بیشترین نقش را بر بهبود عملکرد دانه کلزا دارد (۵۳).

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل زمان قطع آبیاری و اسید آسکوربیک بر صفات ذرت.

Table 4. Mean comparison of the interaction effect of Irrigation cut-off time and Ascorbic acid on corn traits.

P.h (سانتی‌متر) (cm)	G.p (%)	N.p.s	B.y (کیلوگرم درهکتار) (kg.ha^{-1})	S.y (کیلوگرم‌درهکتار) (kg.ha^{-1})	C (میلی‌گرم در لیتر) (mg.l^{-1})	B
170.23 c	6.77c	285.8c	13471.7d	6469.6c	**0**	
193.03c	8.05bc	316.3c	14830.0cd	7336.0c	**50**	
209.95 ab	10.27ab	364.0bc	18960.0ab	9242.6ab	**100**	
222.12a	10.61a	442.5a	20518.2a	9678.0a	**150**	**B1**
187.09bc	8.74b	376.4b	17107.8bc	7894.3bc	**200**	
178.34c	7.86c	309.6c	14039.1cd	6992.0c	**250**	
176.48c	6.80c	310.9c	13814.1d	6728.3c	**300**	
160.74d	6.91b	277.0d	13152.9b	6372.6c	**0**	
164.50d	7.41ab	286.8cd	13714.0b	7172.7bc	**50**	
166.30d	8.45a	327.3bc	16085.6a	8244.4ab	**100**	**B2**
173.99cd	9.21a	364.0ab	17693.1a	9090.1a	**150**	
168.84d	7.95a	415.0a	15711.3a	7484.4b	**200**	
164.52d	6.93b	293.7c	13190.3b	6479.4c	**250**	
165.42d	6.75b	267.2d	13707.9b	6507.1c	**300**	
134.73h	4.86c	217.5c	10248.9c	4871.9c	**0**	
137.03h	6.90b	219.6c	11461.2bc	5810.7bc	**50**	
142.74fg	6.96b	232.6bc	13426.8ab	6034.6b	**100**	
154.27e	6.38b	275.9ab	12939.4bc	6021.6b	**150**	**B3**
149.92f	7.34ab	245.6ab	12565.2bc	6609.7ab	**200**	
145.25g	8.24a	284.4ab	16368.7a	7344.7a	**250**	
140.94fg	8.18a	294.0a	15816.8a	7395.0a	**300**	

B: زمان قطع آبیاری(**Irrigation cut-off time**)، **B1**: آبیاری کامل (**Normal irrigation**)، **B2**: قطع آبیاری از مرحله شیری (**Irrigation cut-off from the milky stage**)، **B3**: قطع آبیاری از مرحله ابریشم دهی (**Irrigation cut-off from the silking stage**)، **C**: اسید آسکوربیک (**Ascorbic acid**)، **S.y**: عملکرد دانه (**Seed yield**)، **B.y**: عملکرد زیستی (**Biological yield**)، **N.p.s**: تعداد دانه در بلال (**Number of grains per spike**)، **G.p**: درصد پروتئین دانه (**Grain protein**)، **P.h**: ارتفاع بوته (**Plant height**).

در هر ستون، میانگین‌هایی با حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری باهم ندارند.

In each column, means with the same letter are not significantly different from each other based on the LSD test at the 5% probability level.

عملکرد دانه و عملکرد زیستی

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر زمان قطع آبیاری، اسید آسکوربیک و اثر متقابل آن‌ها بر عملکرد دانه ذرت و عملکرد زیستی ذرت در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل زمان قطع آبیاری و اسید آسکوربیک بر عملکرد زیستی ذرت نشان داد که هنگام آبیاری کامل و قطع آبیاری از مرحله شیری با افزایش میزان اسید آسکوربیک تا

۱۵۰میلی‌گرم در لیتر، عملکرد زیستی افزایش و پس‌ازآن با افزایش میزان اسید آسکوربیک تا ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر، کاهش یافت. بیشترین عملکرد زیستی با میانگین ۲۰۵۱۸ کیلوگرم در هکتار در آبیاری کامل در هنگام کاربرد ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک مشاهده شد (جدول ۴)، در هنگام قطع آبیاری در مرحله شیری بین میزان کاربرد ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اختلاف معنی‌داری ازنظر آماری مشاهده نشد. کمترین میزان عملکرد زیستی نیز در سطوح آبیاری کامل و قطع آبیاری از مرحله شیری در تیمار عدم کاربرد اسید آسکوربیک بدست آمد. (جدول ۴). در شرایط تنش خشکی شدید (قطع آبیاری از مرحله ابریشم‌دهی) با افزایش کاربرد اسید آسکوربیک، عملکرد زیستی نیز افزایش یافت. همچنین در کاربرد ۲۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اختلاف معنی‌داری ازنظر آماری مشاهده نشد. (جدول ۴).

به‌طورکلی با توجه به جدول مقایسه میانگین در هر سه تیمار قطع آبیاری و در بین سطوح مختلف اسید آسکوربیک، کمترین میزان عملکرد دانه مربوط به تیمار عدم کاربرد اسید آسکوربیک بود. عملکرد دانه در آبیاری کامل و قطع آبیاری در مرحله شیری شدن با افزایش میزان اسید آسکوربیک تا کاربرد ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر، عملکرد دانه روند افزایشی داشته و با کاربرد بیشتر اسید آسکوربیک (از ۱۵۰ تا ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر) میزان عملکرد دانه کاهش یافت. بیشترین عملکرد دانه در هنگام آبیاری کامل و قطع آبیاری از مرحله شیری در تیمار ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک (به ترتیب برابر با ۹۶۷۸/۰ و ۹۰۹۰/۱ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد. در شرایط قطع آبیاری از مرحله ابریشم‌دهی با افزایش میزان اسید آسکوربیک، میزان عملکرد دانه نیز افزایش یافت و در تیمار ۲۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک از نظر آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش در تنش خشکی، عملکرد دانه ذرت کاهش می‌یابد؛ اما این کاهش با کاربرد مناسب از مقدار اسید آسکوربیک کمتر بود. به‌عبارت‌دیگر کاربرد اسید آسکوربیک در غلظت مناسب باعث کمتر شدن اثرات تخریب تنش خشکی شد. حتی در هنگام آبیاری کامل نیز استفاده از غلظت مناسب اسید آسکوربیک باعث افزایش در عملکرد دانه و عملکرد زیستی ذرت شد، از طرف دیگر نتایج این آزمایش نشان داد در شدت‌های مختلف تنش خشکی مقادیر مختلف اسید آسکوربیک باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود، به‌طوری‌که در هنگام آبیاری کامل و قطع آبیاری از مرحله شیری (تنش ملایم) کاربرد اسید آسکوربیک ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر بدست آمد اما در تنش خشکی شدید (قطع آبیاری از مرحله ابریشم‌دهی) بیشترین عملکرد دانه در هنگام کاربرد ۲۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک مشاهده شد که اهمیت رعایت میزان اسید آسکوربیک در شرایط مختلف را نشان می‌دهد (جدول ۴).

تنش خشکی به دلیل اختلال در کارکردهای گیاهان زراعی در نهایت می‌تواند باعث کاهش عملکرد در انتهای فصل رشد شود، البته این میزان خسارت به زمان و شدت وقوع خشکی بستگی دارد (۲۶). کامان و همکاران (۲۰۱۵) بیان کردند تنش خشکی ملایم در زمان رشد رویشی، لزوماً باعث کاهش عملکرد دانه نمی‌شود، اما در مرحله زایشی، تنش خشکی حتی در مقادیر جزئی باعث تغییرات شدید در عملکرد دانه ذرت می‌شود (۵۴). نتایج آزمایش حاضر نیز نشان داد تنش خشکی ملایم (قطع آبیاری از مرحله شیری) و شدید (قطع آبیاری از مرحله ابریشم‌دهی) علاوه بر کاهش عملکرد زیستی بوته‌های ذرت، باعث کاهش در تعداد دانه در بوته و در نهایت عملکرد دانه ذرت می‌شود که با نتایج سایر محققان همخوانی دارد. اگرچه تنش‌های محیطی به‌خصوص خشکی باعث کاهش عملکرد در گیاهان زراعی می‌شوند اما کاربرد خارجی اسید آسکوربیک می‌تواند اثر منفی تنش را کاهش دهد (۵۵) که با نتایج این آزمایش کاملاً همخوانی دارد، به‌طوری‌که استفاده از اسید آسکوربیک در مقدار مناسب می‌تواند به‌طور معنی‌داری باعث افزایش در عملکرد دانه، عملـــکرد زیستی و اجزای عملکرد دانه ذرت شود (جدول ۲).

توحیدی مقدم (۲۰۱۷) در بررسی تأثیر محلول‌پاشی اسید آسکوربیک بر ویژگی‌های کمّی، کیفی و برخی تغییرات بیوشیمیایی برگ ذرت در شرایط تنش خشکی گزارش کرد که قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد سبب کاهش معنی‌داری در عملکرد دانه و عملکرد ماده خشک، شاخص برداشت، درصد روغن، عملکرد روغن، پروتئین دانه، محتوای کلروفیل برگ و افزایش میزان پرولین و فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز شد، محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک توانست از کاهش عملکرد و محتوای کلروفیل برگ و همچنین افزایش میزان پرولین و فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز جلوگیری کند (۲۱). به طورکلی با توجه به بهبود کمی و کیفی صفات موردبررسی می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد اسید آسکوربیک با از بین بردن رادیکال‌های آزاد سبب کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و تجمع پرولین شده و به‌طور غیرمستقیم با بهبود شرایط رشد سبب افزایش عملکرد دانه ذرت می‌شود، که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد (جدول ۴). عبدالقادوس (۲۰۱۴) نشان داد که بیشترین میزان وزن صد دانه، ارتفاع بوته، تعداد دانه در بوته، تعداد شاخه جانبی در بوته، قندهای محلول، محتوای نسبی آب برگ، پروتئین، و عملکرد سویا با محلول‌پاشی اسید آسکوربیک با غلظت ۲۰۰ تا ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر نسبت به تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی) حاصل شد (۲۶). نتایج تحقیق آذرپور (۲۰۱۶)، بر روی بادام‌زمینی نشان داد که تیمارهای محلول‌پاشی متانول و اسید آسکوربیک اثر معنی‌داری بر روی عملکرد و اجزای عملکرد دانه، کیفیت دانه، رنگیزه‌های فتوسنتزی، پارامترهای فیزیولوژیکی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان دارد (۵۶).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد تنش خشکی سبب کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی، محتوای نسبی آب برگ، عملکرد دانه، عملکرد زیستی، تعداد دانه در بلال، درصد پروتئین دانه، ارتفاع بوته شد که محلول‌پاشی اسید آسکوربیک تا حد زیادی مانع از کاهش میزان این صفات شد. در دو سطح آبیاری کامل و قطع آبیاری از مرحله شیری بیشترین میزان تأثیر اسید آسکوربیک در سطوح ۱۰۰ تا ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر و همچنین در سطح قطع آبیاری از مرحله ابریشم دهی بیشترین تأثیر کاربرد اسید آسکوربیک در غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد. به طورکلی بر اساس نتایج این آزمایش می‌توان از دز مناسب اسید آسکوربیک برای کاهش اثر تنش خشکی بر صفات ذکر شده و بخصوص عملکرد دانه و عملکرد زیستی استفاده کرد.

فهرست منابع

1- Pal, B. and Jat, S. L. (2024). Enhancing state-wide corn (*Zea mays* L.) productivity by bridging the yield gap between top and average farmers in India. 13(2):1-5.

2- Bell, J. (2017). Corn Growth Stages and Development; Texas A&M AgriLife Extension and Research Agronomist, Amarillo: Lubbock, TX, USA.

3- Yadava, P., Abhishek, A., Singh, R., Singh, I., Kaul, T., Pattanayak, A. and Agrawal, P.K. (2017). Advances in maize transformation technologies and development of transgenic maize. *Frontiers in Plant Science.* 7:1949.

4- Adewale, S.A., Akinwale, R.O., Fakorede, M.A.B. and Badu-Apraku, B. (2018). Genetic analysis of drought-adaptive traits at seedling stage in early-maturing maize inbred lines and field performance under stress conditions. *Euphytica*, 214, 1–18.

5- Webber, H., Ewert, F., Olesen, J.E., Müller, C., Fronzek, S., Ruane, A.C., Martre, P., Ababaei, B., Bindi, M. (2018). Diverging importance of drought stress for maize and winter wheat in Europe. *Nature Communications*, 9, 4249.

6- EPA (2021). Available:https://www.epa.gov/climate-indicators/weather-climate (accessed January 25).

7- IPCC. (2013). "Policymakers," in Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, eds T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, et al. (Cambridge, MA: Cambridge University Press).

8- Pereira, L.F.M., Santos, H.L., Zanetti, S., de Oliveira Brito, I.A., dos Santos Tozin, L.R., Rodrigues, T.M., and de Almeida Silva, M. (2022). Morphology, biochemistry, and yield of cassava as functions of growth stage and water regime. *South African Journal of Botany*, *149*, 222-239.

9- Haghpanah, M., Hashemipetroudi, S., Arzani, A., & Araniti, F. (2024). Drought Tolerance in Plants: Physiological and Molecular Responses. *Plants*, *13*(21), 2962.

10- Galeshi, S. (2015). The effect of environmental stresses on plants (volume one) (drought, salinity, heat and waterlogging). *Publications of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources*. 388pp.

11- Trachsel, S., Sun, D., SanVicente, F. M., Zheng, H., Atlin, G. N., Suarez, E. A., Babu, R. and Zhang, X. (2016). Identification of QTL for early vigor and stay-green conferring tolerance to drought in two connected advanced backcross populations in tropical maize (*Zea mays* L.). *PLoS One* 11: e0149636.

12- Sah, R.P., Chakraborty, M., Prasad, K., Pandit, M., Tudu, V.K., Chakravarty, M.K., Narayan, S.C., Rana, M. and Moharana, D. (2020). Impact of water deficit stress in maize: phenology and yield components. *Scientific Reports*. 10, 1–5.

13- Naz, H.I.R.A., Akram, N.A. and Ashraf, M. (2016). Impact of ascorbic acid on growth and some physiological attributes of cucumber (*Cucumis sativus*) plants under water-deficit conditions. *Pakistan Journal of Botany*, 48(3): 877-883.

14- Saleem, M.H., Ali, S., Rehman, M., Rana, M.S., Rizwan, M., Kamran, M., Imran, M., Riaz, M., Mona H. Soliman, M.H., Elkelish, A. and Liu, L. (2020). Influence of phosphorus on copper phytoextraction via modulating cellular organelles in two jute (*Corchorus capsularis* L.) varieties grown in a copper mining soil of Hubei Province, China. Chemosphere, 248.

15- Rezayian, M., Niknam, V., & Ebrahimzadeh, H. (2019). Oxidative damage and antioxidative system in algae. *Toxicology reports*, *6*, 1309-1313.

16- Weng, M., Cui, L., Liu, F., Zhang, M., Yang, S.S. and X. Deng. (2015). Effects of drought stress on antioxidant enzymes in seedlings of different wheat genotypes. *Pakistan Journal of Botany*. 47(1): 49-56.

17- Shafiq, S., Akram, N.A., Ashraf, M. and Arshad, A. (2014). Synergistic effects of drought and ascorbic acid on growth, mineral nutrients and oxidative defense system in canola (*Brassica napus* L.) plants. *Acta Physiologiae Plantarum.* 36: 1539-1553

18- Yadollahi, P., Asgharipour, M.R. and Sheikhpour, S. (2015). Effects of ascorbic acid on growth and photosynthetic pigments of basil under arsenic toxicity. *Journal of crop ecophysiology (agriculture science)*, 8(4 (32)), 553-566. [in persian]

19- Akhlaghi, H., Mahdavi, B. and Rezaei, H. (2018). Characterization of chemical composition and antioxidant properties of Trachyspermum ammi seed as a potential medicinal plant. *Journal of Chemical Health Risks*, 4(4).

20- Sharma, R., Bhardwaj, R., Thukral, A.K., Al-Huqail, A.A., Siddiqui, M.H. and Ahmad, P. (2019). Oxidative stress mitigation and initiation of antioxidant and osmoprotectant responses mediated by ascorbic acid in *Brassica juncea* L. subjected to copper (II) stress. *Ecotoxicology and environmental safety*, 182.

21- Towhidi Moghaddam, H. (2017). Effect of foliar application of ascorbic acid on quantitative and qualitative traits as well as some biochemical changes in leaves of grain corn (*Zea maize* L.) under water deficit stress. *Iranian Journal of Field Crop Science*. 48(2): 365-375. [In Persian]

22- Asghari, M., Masoumi Zavariyan, A. and Yousefi rad, M. (2016). The effect of foliar application of ascorbic acid on yield components and physiologic character of sweet corn under different irrigation regims. *Cereal Research*, *6*(2), 229-240. [In Persian]

23- Bilska, K., Wojciechowska, N., Alipour, S. and Kalemba, E.M. (2019). Ascorbic acid-The little-known antioxidant in woody plants. *Antioxidants*, 8(12): 645.

24- Darvishan, M., Tohidi-Moghadam, H.R. and Zahedi, H. (2013). The effect of foliar application of ascorbic acid (vitamin C) on physiological and biochemical changes of corn (*Zea mays* L.) under irrigation withholding in different growth stages. *Maydica*, 58: 195-200.

25- Noctor, G. and Foyer, C.H. (2018). Ascorbate and glutathione: Keeping active oxygen under control. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. 49: 249-279.

26- Abdul Qados, A.M.S. (2014). Effect of ascorbic acid Antioxidant on soybean (*Glycine max* L.) planta grown under water stress conditions. *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences*, 1(6): 189-205.

27- Hassan, A., Amjad, S.F., Saleem, M.H., Yasmin, H., Imran, M., Riaz, M., Qurban Ali, Q., Joyia, F.A., Mobeen. Ahmed, Sh., Ali, Sh, Abdullah Alsahli, A. and Alyemeni, M.N. (2021). Foliar application of ascorbic acid enhances salinity stress tolerance in barley (*Hordeum vulgare* L.) through modulation of

morpho-physio-biochemical attributes, ions uptake, osmo-protectants and stress response genes expression. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(8): 4276-4290.

28- Zhou, X., Gu, Z., Xu, H., Chen, L., Tao, G., Yu, Y. and Li, K. (2016). The effects of exogenous ascorbic acid on the mechanism of physiological and biochemical responses to nitrate uptake in two rice cultivars (*Oryza sativa* L.) under aluminum stress. *Journal of Plant Growth Regulation*. 35: 1013-1024.

29- Szepesi, A., Poor, P., Gemes, K., Horvath, E. and Tari, I. (2015). Influence of exogenous salicylic acid on antioxidant enzyme activities in the roots of salt stressed tomato plants. *Acta Biologica Szegediensis*, 52: 199-200.

30- Arnon, D.I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts. polyphenoloxidase in Beta Vulgaris. *Plant Physiol*. 24: 1-15.

31- Ardakani, M. and Nadur, A. (2009). Principles and Techniques for Plant Scientists. Tehran University Press. 270p.

32- Ritchie, S.W., and Nguyen, H.T. (1990). Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Science*. 30: 105-111.

33- Lutts S., Kinet, J.M. and Bouharmont, J. (1996). NaCl induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa*) cultivars differing in salinity resistance. *Annals of Botany*. 78: 389-398.

34- Shuman, L.M., Boswell, F.C., Okhi, K., Parker, M.B. and Wilson. D.O. (1980). Critical soil manganese deficiency levels for four extractants for soybean grown in sandy soil. *Soil Science Society of America Journal*. 44: 1021-1025.

35- Soltani, E. (2007). Application of SAS software in statistical analyses. University Jahad of Mashhad. 182 p. [In Persian]

36- Hosseini, S.J., Tahmasebi-Sarvestani, Z., Pirdashti, H., Modarres-Sanavy, S.A.M., Mokhtassi-Bidgoli, A., Hazrati, S. and Nicola, S. (2021). Investigation of yield, phytochemical composition, and photosynthetic pigments in different mint ecotypes under salinity stress. *Food Science & Nutrition*, 9(5): 2620-2643.

37- Huang, C.J., Wei, G., Jie, Y.C., Xu, J.J., Zhao, S.Y., Wang, L.C. and Anjum, S.A. (2015). Responses of gas exchange, chlorophyll synthesis and ROS-scavenging systems to salinity stress in two ramie (*Boehmeria nivea* L.) cultivars. *Photosynthetica*, 53 (3): 455–463.

38- Tanveer, M., Shahzad, B., Sharma, A., Biju, S. and Bhardwaj, R. (2018). 24-Epibrassinolide; an active brassinolide and its role in salt stress tolerance in plants: A review. *Plant Physiolgy and Biochemistry*. 130: 69–79.

39- Wu, Y., Jin, X., Liao, W., Hu, L., Dawuda, M.M., Zhao, X., Tang, Z., Gong, T. and Yu, J. (2018). 5-Aminolevulinic acid (ALA) alleviated salinity stress in cucumber seedlings by enhancing chlorophyll synthesis pathway. *Frontiers in Plant Science*. 9: 635.

40- Azeem, M., Sultana, R., Mahmood, A., Qasim, M., Siddiqui, Z.S., Mumtaz, S., Javed, T., Umar, M., Adnan, M.Y. and Siddiqui, M.H. (2023). Ascorbic and salicylic acids vitalized growth, biochemical responses, antioxidant enzymes, photosynthetic efficiency, and ionic regulation to alleviate salinity stress in sorghum bicolor. *Journal of Plant Growth Regulation*. 42(8): 5266-5279.

41- Mahdavifard, M., Abdolhossein Rezaeinejad, A.H. and Mosavifard, S. (2020). Effect of light intensity and ascorbic acid on some morphological and physiological characteristics of *Zinnia elegans* L. *Journal of Plant Research*, 32(4): 784-791. [In Persian]

42- Farjam, S., Siosemardeh, A., Kazemi-Arbat, H., Yarnia, M. and Rokhzadi, A. (2014). Response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to exogenous salicylic acid and ascorbic acid under vegetative and reproductive drought stress conditions. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 87: 80-86.

43- Shemi, R., Wang, R., Gheith, E.S.M., Hussain, H.A., Hussain, S., Irfan, M., Cholidah, L., Zhang, K., Zhang, S. and Wang, L. (2021). Effects of salicylic acid, zinc and glycine betaine on morpho-physiological growth and yield of maize under drought stress. *Scientific Reports*, 11(1): 3195.

44- Moharramnejad, S., Sofalian, O., Valizadeh, M., Asghari, A., Shiri, M.R. and Ashraf, M. (2019). Response of maize to field drought stress: oxidative defense system, osmolytes' accumulation and photosynthetic pigments. *Pakistan Journal of Botany*. 51: 799–807.

45- Saha, S., Begum, H. H., Nasrin, S., & Samad, R. (2020). Effects of drought stress on pigment and protein contents and antioxidant enzyme activities in five varieties of rice (*Oryza sativa* L.). *Bangladesh Journal of Botany*, *49*(4), 997-1002.

46- Maqbool, M.M., Ali, A., Haq, T., Majeed, M.N. and Lee, D.J. (2015). Response of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) to induced water stress at critical growth stages. *Sarhad Journal of Agriculture*. 31(1):53-58.

47- Sohag, A.A. M., Tahjib-Ul-Arif, M., Brestic, M., Afrin, S., Sakil, M.A., Hossain, M.T. and Hossain, M.A. (2020). Exogenous salicylic acid and hydrogen peroxide attenuate drought stress in rice. *Plant Soil Environ*, *66*(1), 7-13

48 Naik, B. V., Ahmad, M. A., Jangde, S., Sanodiya, P., Ray, M., Reddy, K. M., & Jat, M. (2024). Effects of Foliar Application of Salicylic Acid On Morphological, Biochemical and Yield Attributes of Maize (Zea Mays L.) Under Rainfed Condition. Bangladesh Journal of Botany, 53(2), 273-278.

49- Sofy, M.R., Seleiman, M.F., Alhammad, B.A., Alharbi, B.M. and Mohamed, H.I. (2020). Minimizing adverse effects of pb on maize plants by combined treatment with jasmonic, salicylic acids and proline. Agron. 10(5): p.699.

50- Pawar, K.R., Wagh, S.G., Sonune, P.P., Solunke, S.R., Solanke, S.B., Rathod, S.G. and Harke, S.N. (2020). Analysis of water stress in different varieties of maize (Zea mays L.) at the early seedling stage. *Biotechnology Journal International*, 24(1): 15-24.

51- Qanbari theylami, N., Abbaspour, H. and Baradaran Firouzabadi, M. (2014). The effect of ascorbic acid and methanol foliar spraying on dry matter accumulation and yield of DPX soybean under water deficit conditions. *Scientific-research journal of plant ecophysiology*. 6(17): 13-27. [In Persian]

52- Baradaran Firouzabadi, M., Parsaeiyan, M. and Baradaran Firouzabadi. M. (2017). Agronomic and physiological response of *Nigella sativa* L. to ascorbate and methanol foliar application in water deficit stress. *Plant ecophysiology (arsanjan branch)*, 9(30): 13-27. [In Persian]

53- Kalantar Ahmadi, S.A., Ebadi, A., Daneshian, J., Siadat, S.A. and Jahanbakhsh, S. (2016). Effect of drought stress and foliar application of growth regulators on photosynthetic pigments and seed yield of rapeseed (*Brassica napus* L. Cv. Hyola 401). *Iranian journal of crop sciences*, 18(3): 196-217. [In Persian]

54- Kaman, H., Kirda, C. and Sesveren, S. (2015). Genotypic differences of maize in grain yield response to deficit irrigation. *Agricultural Water Management*, 98(5): 801-807.

55- Sharma, L., Roy, S., Satya, P., Alam, N.M., Goswami, T., Barman, D., Bera, A., Saha, R., Mitra, S. and Mitra, J. (2024). Exogenous ascorbic acid application ameliorates drought stress through improvement in morpho-physiology, nutrient dynamics, stress metabolite production and antioxidant activities recovering cellulosic fibre production in jute (*Corchorus olitorius* L.). *Industrial Crops and Products*, 217.

56- Azarpour, A. (2016). The effect of methanol and vitamin C foliar application on the growth and yield of peanut (Arachis hypogeac) under rainfed conditions. Ph.D. Thesis. Gilan University. 117 p. [In Persian]

The effect of ascorbic acid foliar spraying on some morphological, physiological and grain yield of corn (SC704) under irrigation cut-off conditions

Serollah Galshi*[1], Mitra Toloo Hafezian[2], Seyyed Mansour Hosseini[3], Hossein Maleka[4], Benjamin Torabi[5], Mohammad Hossein Ghorbani[6]

1- Corresponding Author, Professor, Department of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. Email: segaleshi@gmail.com
2- Ph.D. candidate, Department of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. Email: mitra.toloo73@gmail.com
3- M.Sc Graduate Student, Department of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. Email: -
4- Ph.D. candidate, Department of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. Email: hosein.maleka@yahoo.com
5- Professor, Department of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. Email: Ben_torabi@yahoo.com
6- Associate Professor, Department of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. Email: ghorbanimh@yahoo.com

Abstract

Background and purpose: Today, drought stress is one of the greatest threats facing humanity in many parts of the world. Drought stress is associated with nutrient imbalance and production of reactive oxygen species, which leads to reduced growth and yield of crop plants. Studies show that the external application of ascorbic acid significantly improves the inhibitory effects of drought stress on plant growth and metabolism. Given the importance of water deficit stress, this study was conducted to investigate the effect of ascorbic acid on some corn grain traits under irrigation-free conditions.

Materials and methods: This research was conducted in educational farm No. 1 of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources in 2017 on Single Cross 704 (SC704) corn under drought stress conditions in the form of a split-plot experiment in the form of a randomized complete block design with 3 Repetition and 2 factors were done. The experimental treatments include: 1- drought stress at 3 levels (full irrigation (no stress), interruption of irrigation from the silking stage (severe stress) and interruption of irrigation from the milking stage (moderate stress) 2- different amounts of ascorbic acid at 7 levels 0, 50, 100, 150, 200, 250 and 300 mg/l. Spraying was done in two stages of 6 leaves and silking. In this research, the photosynthetic pigments include chlorophyll a and chlorophyll b in the vegetative stage and fertility, electrolyte leakage, relative leaf water content, plant height, grain protein percentage, number of grain per spike, and biological yield were measured. The data analysis was done using SAS and LSD test software

Results: In the study of chlorophyll content, irrigation cessation alone caused a decrease in this treatment. Also, the results of the study of electrolyte leakage and electrical conductivity showed that the use of ascorbic acid increased the relative leaf water content and also reduced the electrolyte leakage, and foliar application of ascorbic acid was able to reduce the destructive effects of irrigation cessation to some extent.

Conclusion: The results showed that drought stress caused a decrease in the treatments of photosynthetic pigments, relative leaf water content, grain yield, biological yield, number of grains per ear, grain protein percentage, and plant height, and foliar application of ascorbic acid was able to largely prevent the severe and destructive effects of stress. In general, based on the results of this experiment, an appropriate dose of ascorbic acid can be used to reduce the effect of drought stress on the mentioned traits, especially grain yield and biological yield.

Key words: Drought stress, Irrigation cut-off time, Ascorbic acid, Chlorophyll, Grain yield.