

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

Serollah Galshi<sup>1\*</sup>, Mitra Toloo Hafezian<sup>2</sup>, Seyed Mansour Hosseini<sup>3</sup>,  
Hossein Maleka<sup>4</sup>, Benjamin Torabi<sup>5</sup>, Mohammad Hossein Ghorbani<sup>6</sup>

<sup>1</sup> (Corresponding Author) Professor, Department of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. Email: segaleshi@gmail.com

<sup>2</sup> Ph.D. candidate, Department of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. Email: mitra.toloo73@gmail.com

<sup>3</sup> M.Sc Graduate Student, Department of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. Email: -

<sup>4</sup> Ph.D. candidate, Department of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. Email: hosein.maleka@yahoo.com

<sup>5</sup> Professor, Department of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. Email: Ben\_torabi@yahoo.com

<sup>6</sup> Assistant Professor, Department of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. Email: ghorbanimh@yahoo.com

### Article Info

**Article type:**  
Research Full Paper

**Article history:**  
2024-11-23  
2025-5-5

**Keywords:**  
Drought stress  
Irrigation interruption  
time  
Ascorbic acid  
Chlorophyll  
Grain yield

### 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. Because of 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 three replications and two factors. The experimental treatments include: 1- drought stress at three 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 seven levels 0, 50, 100, 150, 200, 250 and 300 mg/l. foliar application was done in two stages of six leaves and silking stages. In this research, the photosynthetic pigments include chlorophyll a and chlorophyll b in the vegetative and flowering stages, 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:** The results showed that the interaction effect of ascorbic acid application and irrigation interruption time on chlorophyll b in the vegetative and reproductive stages, electrolyte leakage, relative leaf

---

water content, plant height, grain protein percentage, biological yield and grain yield was significant. The highest grain yield was obtained during full irrigation and irrigation interruption from the milky stage in the 150 mg/L ascorbic acid treatment (equivalent to 0.9678 and 1.9090 Kg ha<sup>-1</sup>, respectively), and during irrigation interruption from the silking stage, it was observed in the application of 300 mg/L ascorbic acid, equivalent to 0.7395. In the study of chlorophyll content, interruption of irrigation alone caused a decrease in this treatment. Also, the results of the study of electrolyte leakage and electrical conductivity showed that the application of ascorbic acid increased the relative leaf water content and also decreased the electrolyte leakage, and foliar spraying of ascorbic acid was able to reduce the destructive effects of irrigation interruption 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.

---

**Cite this article:** Galshi, S., Toloo Hafezian, M., Hosseini, S.M., Maleka, H., Torabi, B., Hossein Ghorbani, M. 2026. The effect of ascorbic acid foliar spraying on some morphological, physiological and grain yield of corn (SC704) under irrigation cut-off conditions. *Crop Production Journal*, 19(1), 51-71.



© The author(s)



[10.22069/ejcp.2026.23019.2652](https://doi.org/10.22069/ejcp.2026.23019.2652)

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

---



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

سرااله گالشی<sup>۱\*</sup>، میترا طلوع حافظیان<sup>۲</sup>، سیدمنصور حسینی<sup>۳</sup>، حسین ملکا<sup>۴</sup>، بنیامین ترابی<sup>۵</sup>، محمدحسین قربانی<sup>۶</sup>  
<sup>۱</sup> (نویسنده مسئول) استاد، گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران، رایانامه: segaleshi@gmail.com  
<sup>۲</sup> دانشجوی دکتری، گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران، رایانامه: mitra.toloo73@gmail.com  
<sup>۳</sup> دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران  
<sup>۴</sup> دانشجوی دکتری، گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران، رایانامه: hosein.maleka@yahoo.com  
<sup>۵</sup> استاد، گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران، رایانامه: Ben\_torabi@yahoo.com  
<sup>۶</sup> استادیار، گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران، رایانامه: ghorbanimh@yahoo.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی- پژوهشی	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 قابل توجهی 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.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۹/۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۲/۱۶	<b>مواد و روش‌ها:</b> 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. محلول پاشی در دو مرحله ۶ برگی و ابریشم‌دهی انجام شد. در این پژوهش صفات، رنگیزه‌های فتوسنتزی شامل کلروفیل a، 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. تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS و آزمون LSD صورت گرفت.
واژه‌های کلیدی: تنش خشکی زمان قطع آبیاری اسید آسکوربیک کلروفیل عملکرد دانه	<b>یافته‌ها:</b> 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 میلی گرم 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 میلی گرم 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 طور کلی 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.

**استناد:** گالشی، سراله؛ طلوع حافظیان، میترا؛ حسینی، سیدمنصور؛ ملکا، حسین؛ ترابی، بنیامین؛ قربانی، محمدحسین. (۱۴۰۵). اثر محلول‌پاشی اسید آسکوربیک بر برخی صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و عملکرد ذرت (SC704) در شرایط قطع آبیاری. *مجله تولید گیاهان زراعی*، ۱۹ (۱)، ۷۱-۵۱.



© نویسنده‌گان

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان



### 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 به عنوان "ملکه غلات" نامیده می‌شود (۱). این گیاه یک‌گونه چهار کرپنه 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). با این حال، 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 از جمله 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 به شدت 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 به شدت یا مدت تنش خشکی و مرحله زراعی، میزان کاهش عملکرد ذرت از ۳۰ تا ۹۰ درصد متغیر

است که به شدت 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 برهم 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 غیر آنزیمی 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 به‌طور کلی در سیتوزول گیاه توزیع می‌شود و به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان عمل می‌کند (۲۲). کاربرد خارجی اسید آسکوربیک می‌تواند سبب

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 ۵×۲/۵ در هر بلوک در نظر گرفته شد و فاصله بین بلوک‌ها ۱ متر، فاصله بین کرت‌ها ۰/۷۵ متر، فاصله بین ردیف‌ها در هر کرت ۵۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۲۸ سانتی‌متر و در نتیجه 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 مورد استفاده، زیر نمونه‌ای از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری تهیه و مورد آزمون قرار گرفت (جدول ۱).

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).

آسکورات 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 از جمله آسکورات 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 به عنوان یک تنظیم‌کننده بالقوه برای بهبود رشد در شرایط کمبود آب، مورد استفاده

جدول ۱- مشخصات خاک مورد استفاده

Table 1. Properties of the soil used

بافت خاک	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	اسیدیته	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	پتاسیم (بی بی ام)	فسفر (بی بی ام)	نیترژن (درصد)
Soil texture	Clay(%)	Silt(%)	Sand (%)	pH	EC (dS.m <sup>-1</sup> )	Potassium (ppm)	Phosphorus (ppm)	Nitrogen(%)
لومی رسی Clay loam	38	52	10	6.8	0.6	164	5.6	0.098

جهت تعیین میزان نسبی آب برگ (RWC) از روش ریجسی 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 وزن تر 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.

$$RWC = \frac{FW - DW}{SW - DW} \times 100$$

در رابطه فوق، FW وزن تر 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 آب گرم قرار گرفت.

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 ۰/۲۵ گرم وزن تر برگ در ۲ مرحله رشدی (مرحله ۸ برگی و مرحله شروع پرشدن دانه) که از برگ‌های توسعه یافته 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 ژوزه 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 کارتنوئید با استفاده از روابط زیر محاسبه گردید. قبل از قرائت در این طول موج‌ها ابتدا با شاهد (استون ۸۰ درصد) صفر شد.

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

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

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

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

هر نمونه توسط دستگاه تعیین و سپس توسط روابط زیر اندازه‌گیری گردید.

$$100 \times (\text{وزن خشک دانه در زمان برداشت} / \text{نیترژن}$$

$$\text{دانه}) = \text{غلظت نیترژن دانه}$$

$$5/75 \times \text{غلظت نیترژن دانه} = \text{پروتئین دانه}$$

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. تجزیه و تحلیل 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 برگگی) 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 برگگی) 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).

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:

$$EC = \frac{C_1}{C_2}$$

که در این رابطه  $C_1$  و  $C_2$  به ترتیب 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 نیترژن از روش کج‌لدال، شامل سه مرحله: هضم، تقطیر و تیتراژ، 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 به مدت ۴۵ دقیقه در دمای ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد 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 نیترژن

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.

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

A: بلوک B: زمان قطع آبیاری C: اسید آسکوربیک (Ascorbic acid)

\*, \*\*, ns و ns به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۵، ۱ درصد و عدم معنی داری می باشد.

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

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).

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

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.

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

B: زمان قطع آبیاری (Irrigation cut-off time)، B1: آبیاری کامل (Normal irrigation)، B2: قطع آبیاری از مرحله شیری (Irrigation cut-off)، 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 معنی‌داری باهم ندارند.

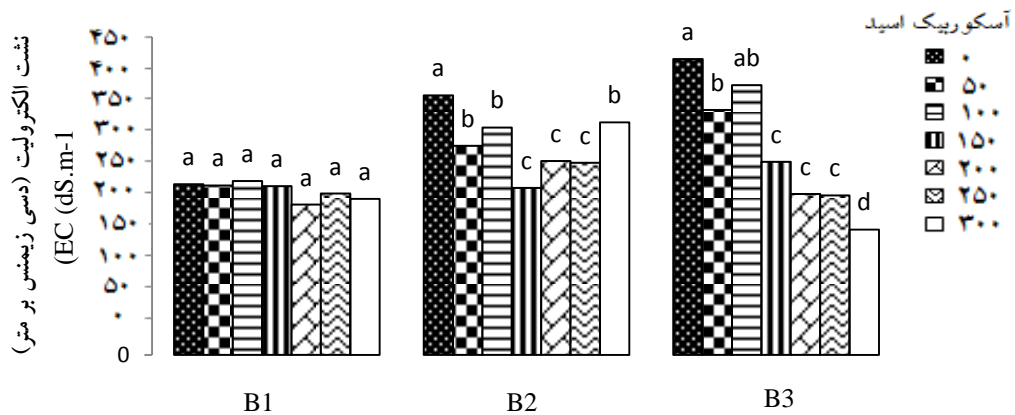
In each column, means with the same letter are not significantly different from each other based on the LSD test at the 5% probability level.

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، به طوری که در این مرحله با افزایش در کاربرد اسید آسکوربیک مقدار نشت الکترولیت‌ها، کاهش یافت، بدین صورت 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).

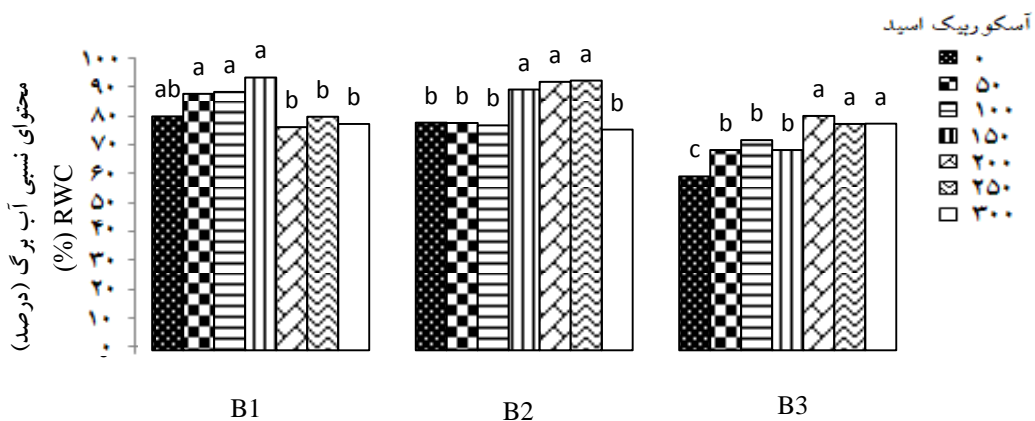
بیشترین مقدار برای کلروفیل b در مرحله رشد رویشی و زایشی در هنگام کاربرد ۲۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک بدست آمد (جدول ۳). به طور کلی در سطوح آبیاری کامل و قطع آبیاری از مرحله شیری، میزان کلروفیل b تا سطح کاربرد ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک افزایش و پس از آن با افزایش میزان اسید آسکوربیک، کاهش یافت و در مرحله قطع آبیاری از مرحله ابریشم‌دهی با افزایش میزان اسید آسکوربیک، میزان کلروفیل b نیز افزایش یافت (جدول ۳).

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 بیش از حد گونه‌های اکسیژن فعال می‌باشد، که می‌تواند ساختار پروتئین‌ها را تخریب کرده و آن‌ها را از بین ببرد، از این رو بیشتر محققان گزارش کردند اسید آسکوربیک یا خود به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان عمل کرده یا با کمک به سیستم‌های آنتی‌اکسیدان‌تی‌آزیمی و غیرآزیمی 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



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.



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

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

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

قابل توجهی 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 در نهایت باعث حفظ غشاها و افزایش در محتوای 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. به عبارت دیگر 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 محلول پاشی اسید آسکوربیک درصد پروتئین دانه نیز افزایش پیدا کرد. در این سطح از قطع آبیاری بیشترین درصد پروتئین دانه در غلظت‌های

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).

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 محلول پاشی 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

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 به‌ترتیب 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

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 در نهایت 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 ۲۶ درصدی 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

## اثر محلول پاشی اسید آسکوربیک بر برخی... / سراله گالشی و همکاران

سیاهدانه در شرایط تنش خشکی می شود (۵۲). در گزارش کلانتراحمدی و همکاران (۲۰۱۶) آمده است در شرایط آبیاری مطلوب و تنش ملایم خشکی کاربرد اسید آسکوربیک ۳۰۰ میلی گرم در لیتر و تحت شرایط تنش شدید خشکی کاربرد متانول ۳۰ درصد حجمی، بیشترین نقش را بر بهبود عملکرد دانه کلزا دارد (۵۳).

مطابقت دارد. در نتایج قنبری تیلمی و همکاران (۲۰۱۴) مشاهده شد، اثر محلول پاشی متانول و اسید آسکوربیک بر وزن خشک بوته، تعداد غلاف در مترمربع، وزن هزار دانه و عملکرد دانه سویا معنی دار دارد (۵۱). برادران فیروزآبادی (۲۰۱۷) مشاهده کرد که محلول پاشی اسید آسکوربیک ۱۰ میلی مولار و متانول ۳۰ درصد حجمی سبب افزایش عملکرد گیاه

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.

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

B: زمان قطع آبیاری (Irrigation cut-off time)، B1: آبیاری کامل (Normal irrigation)، B2: قطع آبیاری از مرحله شیری (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.

ذرت در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل زمان قطع آبیاری و اسید آسکوربیک بر عملکرد زیستی ذرت

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

اسید آسکوربیک، میزان عملکرد دانه نیز افزایش یافت و در تیمار ۲۵۰ و ۳۰۰ میلی گرم در لیتر اسید آسکوربیک از نظر آماری اختلاف معنی داری مشاهده نشد.

نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش در تنش خشکی، عملکرد دانه ذرت کاهش می یابد؛ اما این کاهش با کاربرد مناسب از مقدار اسید آسکوربیک کمتر بود. به عبارت دیگر 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 شدت های مختلف تنش خشکی مقادیر مختلف اسید آسکوربیک باعث افزایش عملکرد دانه می شود، به طوری که در هنگام آبیاری کامل و قطع آبیاری از مرحله شیری (تنش ملایم) کاربرد اسید آسکوربیک ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی گرم در لیتر بدست آمد اما در تنش خشکی شدید (قطع آبیاری از مرحله ابریشم دهی) بیشترین عملکرد دانه در هنگام کاربرد ۲۵۰ و ۳۰۰ میلی گرم در لیتر اسید آسکوربیک مشاهده شد که اهمیت رعایت میزان اسید آسکوربیک در شرایط مختلف را نشان می دهد (جدول ۴).

تنش خشکی به دلیل اختلال در کارکردهای گیاهان زراعی در نهایت می تواند 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 نمی شود، اما در مرحله زایشی، تنش خشکی حتی در مقادیر جزئی باعث تغییرات شدید در عملکرد دانه ذرت می شود (۵۴). نتایج آزمایش حاضر نیز نشان داد تنش خشکی ملایم (قطع

نشان داد که هنگام آبیاری کامل و قطع آبیاری از مرحله شیری با افزایش میزان اسید آسکوربیک تا ۱۵۰ میلی گرم در لیتر، عملکرد زیستی افزایش و پس از آن با افزایش میزان اسید آسکوربیک تا ۳۰۰ میلی گرم در لیتر، کاهش یافت. بیشترین عملکرد زیستی با میانگین ۲۰۵۱۸ کیلوگرم در هکتار در آبیاری کامل در هنگام کاربرد ۱۵۰ میلی گرم در لیتر اسید آسکوربیک مشاهده شد (جدول ۴)، در هنگام قطع آبیاری در مرحله شیری بین میزان کاربرد ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی گرم در لیتر اختلاف معنی داری از نظر 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 ابریشم دهی) با افزایش کاربرد اسید آسکوربیک، عملکرد زیستی نیز افزایش یافت. همچنین در کاربرد ۲۵۰ و ۳۰۰ میلی گرم در لیتر اختلاف معنی داری از نظر آماری مشاهده نشد. (جدول ۴).

به طور کلی 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 میلی گرم در لیتر، عملکرد دانه روند افزایشی داشته و با کاربرد بیشتر اسید آسکوربیک (از ۱۵۰ تا ۳۰۰ میلی گرم در لیتر) میزان عملکرد دانه کاهش یافت. بیشترین عملکرد دانه در هنگام آبیاری کامل و قطع آبیاری از مرحله شیری در تیمار ۱۵۰ میلی گرم در لیتر اسید آسکوربیک (به ترتیب برابر با ۹۶۷۸/۰ و ۹۰۹۰/۱ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد. در شرایط قطع آبیاری از مرحله ابریشم دهی با افزایش میزان

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 محلول پاشی اسید آسکوربیک با غلظت ۲۰۰ تا ۳۰۰ میلی گرم در لیتر نسبت به تیمار شاهد (عدم محلول پاشی) حاصل شد (۲۶). نتایج تحقیق آذرپور (۲۰۱۶)، بر روی بادام زمینی نشان داد که تیمارهای محلول پاشی متانول و اسید آسکوربیک اثر معنی داری بر روی عملکرد و اجزای عملکرد دانه، کیفیت دانه، رنگیزه‌های فتوسنتزی، پارامترهای فیزیولوژیکی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان دارد (۵۶).

### نتیجه گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد تنش خشکی سبب کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی، محتوای نسبی آب برگ، عملکرد دانه، عملکرد زیستی، تعداد دانه در بالال، درصد پروتئین دانه، ارتفاع بوته شد که محلول پاشی 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 میلی گرم در لیتر و همچنین در سطح قطع آبیاری از مرحله ابریشم دهی بیشترین تأثیر کاربرد اسید آسکوربیک در غلظت ۳۰۰ میلی گرم در لیتر مشاهده شد. به طور کلی بر اساس نتایج این آزمایش می توان از دز مناسب اسید آسکوربیک برای کاهش اثر تنش خشکی بر صفات ذکر شده و بخصوص عملکرد دانه و عملکرد زیستی استفاده کرد.

آبیاری از مرحله شیری) و شدید (قطع آبیاری از مرحله ابریشم دهی) علاوه بر کاهش عملکرد زیستی بوته‌های ذرت، باعث کاهش در تعداد دانه در بوته و در نهایت عملکرد دانه ذرت می شود که با نتایج سایر محققان همخوانی دارد. اگرچه تنش‌های محیطی به خصوص خشکی باعث کاهش عملکرد در گیاهان زراعی می شوند اما کاربرد خارجی اسید آسکوربیک می تواند اثر منفی تنش را کاهش دهد (۵۵) که با نتایج این آزمایش کاملاً همخوانی دارد، به طوری که استفاده از اسید آسکوربیک در مقدار مناسب می تواند به طور معنی داری باعث افزایش در عملکرد دانه، عملکرد زیستی و اجزای عملکرد دانه ذرت شود (جدول ۲).

توحیدی مقدم (۲۰۱۷) در بررسی تأثیر محلول پاشی اسید آسکوربیک بر ویژگی‌های کمی، کیفی و برخی تغییرات بیوشیمیایی برگ ذرت در شرایط تنش خشکی گزارش کرد که قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد سبب کاهش معنی داری 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، محلول پاشی با اسید آسکوربیک توانست از کاهش عملکرد و محتوای کلروفیل برگ و همچنین افزایش میزان پرولین و فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز جلوگیری کند (۲۱). به طور کلی با توجه به بهبود کمی و کیفی صفات مورد بررسی می توان نتیجه گرفت که کاربرد اسید آسکوربیک با از بین بردن رادیکال‌های آزاد سبب کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و تجمع پرولین شده و به طور غیرمستقیم با بهبود شرایط رشد سبب افزایش عملکرد دانه ذرت می شود، که با نتایج

### References

1. Pal, B., & Jat, S. L. (2024). Enhancing state-wide corn (*Zea mays* L.) productivity by bridging the yield gap between top and average farmers in India. *Maize Journal*, 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., & 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., & 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., & 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., & 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. & 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., & 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., & 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., & Deng, X. (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., & 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., & Sheikhpour, S. (2015). Effects of ascorbic acid on growth and photosynthetic pigments of basil under arsenic toxicity. *Journal of crop ecophysiology (agriculture science)*, 8, (32), 553-566. [in persian]
19. Akhlaghi, H., Mahdavi, B., & 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), 9-16.

20. Sharma, R., Bhardwaj, R., Thukral, A.K., Al-Huqail, A.A., Siddiqui, M.H., & 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*, 109436.
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., & 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. Bilaska, K., Wojciechowska, N., Alipour, S., & Kalemba, E.M. (2019). Ascorbic acid-The little-known antioxidant in woody plants. *Antioxidants*, 8(12), 645-651.
24. Darvishan, M., Tohidi-Moghadam, H.R., & 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., & 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., & 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., & 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., & 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 Physiology*, 24, 1-15.
31. Ardakani, M. & Nadur, A. (2009). Principles and Techniques for Plant Scientists. Tehran University Press. 270p.
32. Ritchie, S.W., & 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., & 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., & 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., & 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., & 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., & Bhardwaj, R. (2018). 24-Epibrassinolide; an active brassinolide and its role in salt stress tolerance in plants: A review. *Plant Physiology and Biochemistry*, 130, 69–79.
39. Wu, Y., Jin, X., Liao, W., Hu, L., Dawuda, M.M., Zhao, X., Tang, Z., Gong, T., & Yu, J. (2018). 5-Aminolevulinic acid (ALA) alleviated salinity stress in cucumber seedlings by enhancing chlorophyll synthesis pathway. *Frontiers in Plant Science*, 9, 635-642.
40. Azeem, M., Sultana, R., Mahmood, A., Qasim, M., Siddiqui, Z.S., Mumtaz, S., Javed, T., Umar, M., Adnan, M.Y., & 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- Mahdavi-fard, M., Abdolhossein Rezaeinejad, A.H., & 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., & 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., & 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., & 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., & 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., & Hossain, M.A. (2020). Exogenous salicylic acid and hydrogen peroxide attenuate drought stress in rice. *Plant Soil Environment*, 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., & Mohamed, H.I. (2020). Minimizing adverse effects of pb on maize plants by combined treatment with jasmonic, salicylic acids and proline. *Agronomy*, 10(5), p.699.
- 50- Pawar, K.R., Wagh, S.G., Sonune, P.P., Solunke, S.R., Solanke, S.B., Rathod, S.G., & 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., & 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., & 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., & 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., & 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., & 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, 118808.
- 56- Azarpour, A. (2016). The effect of methanol and vitamin C foliar application on the growth and yield of peanut (*Arachis hypogea*) under rainfed conditions. Ph.D. Thesis. Gilan University. 117 p. [In Persian]