

## Evaluation of the effect of ascorbic acid foliar spraying on sweet corn under water stress

Azizollah Ghassemi<sup>1</sup>, Salim Farzaheh<sup>\*1</sup>, Sajjad Moharramnejad<sup>2</sup>, Seyedeh Yalda Raeisi Sadati<sup>1</sup>, Raouf Seyed Sharifi<sup>1</sup>, Negin Taleschian Tabrizi<sup>2</sup>

1. Department of plant genetics and production, Faculty of agriculture and natural resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
2. Crop and Horticultural Science Research Department, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Moghan, Iran.

\*Corresponding author: [salimfarzaneh@yahoo.com](mailto:salimfarzaneh@yahoo.com)

(Received: 12 December 2022

Revised: 23 May 2024

Accepted: 31 August 2024)

### Extended Abstract

- 1. Introduction:** *Zea mays* var. chase is used as a vegetable because of its unique characteristics. It is affected by abiotic and biotic environmental stress factors. Among these environmental stresses, the drought stress is the most dominant. Drought stress is the main cause of environmental stress conditions in the growth of plants, which has a negative effect on the growth and productivity of plants. Plants that reduce and prevent damage from environmental stresses react by decreasing grain yield, morphophysiological, and even phenological traits. Ascorbic acid (vitamin C) is a small molecule with high antioxidant properties and is soluble in water, which plays a role as a primary substrate in cyclic pathways for detoxification and neutralization of superoxide and singlet oxygen radicals. Therefore, the use of ascorbic acid to increase yield under conditions of minimal water consumption can be a viable alternative to traditional methods that are often lengthy and expensive. The main objective of this research was to investigate the effect of drought stress and its interaction with ascorbic acid foliar application on some plant growth characteristics and economic performance in sweet corn.
- 2. Materials and Methods:** This experiment was carried out in the spring of 2015 as a split-plot in the form of a randomized complete block design with three replications on sweet corn plants (Chase cultivar) at the research station of Islamic Azad University, Tabriz branch. The main factor of dehydration stress at four levels (70 as a control), 100, 130, and 160 mm of evaporation from the surface of the class A pan, and the secondary factor, including spraying with ascorbic acid at four concentrations (zero (control), 150, 200, and 250 mg/liter). The sweet corn seed under experiment (Hybrid no. Chase) was purchased from Seminis Company. Before planting sweet corn in field conditions, a composite soil sample was taken to determine the physical and chemical properties. The experimental area had a silty loam soil. The planting density in the field was 8.3 plants per square meter. The 16 treatment combinations studied in this experiment were in the main and sub-plots. In this research, from the beginning of planting corn seeds until the plants reach the stage of six to eight leaves, irrigation was carried out based on 70 mm of evaporation from the surface of the class A pan in the whole field, and at this stage, after applying the treatment in each experimental unit Ascorbic acid treatment levels were used. Stress treatment was applied after spraying ascorbic acid solution on the leaves in the early morning and general irrigation of the field based on the class A evaporation pan.
- 3. Results and Discussion:** The results of studied traits showed that drought stress caused a significant decrease in cob diameter, cob wood diameter, number of seeds in the main cob, leaf width, plant leaf area, seed weight and seed yield per unit area of corn, but leaf length, a significant increase was observed in the number of fallen leaves, the number of days until flowering, and the days of growth degree until the appearance of tassel flowers. Foliar spraying of ascorbic acid improved the economic performance. Also, a positive and significant correlation was observed between the grain yield and the variables of seed weight in the main cob and the leaf area of the sweet corn plant compared to the control.
- 4. Conclusion:** It was found that increasing the irrigation time, in addition to reducing the growth characteristics of the plant, also causes a decrease in economic performance. It appears that the sweet corn plant is sensitive to water shortages, and irrigation exceeding 70 mm causes a significant decline in the economic performance of the sweet corn plant. The highest yield was related to the treatment of lack of water stress and foliar spraying of 250 mg/L of ascorbic acid, which showed a 19.16% increase in yield compared to the control treatment. In general, it can be stated that the use of ascorbic acid is a suitable

solution to increase the performance of sweet corn plants (Chase cultivar) under the conditions of minimal water consumption and also to increase the tolerance to water deficit stress.

**Keywords:** Growth characteristics, Vitamin C, Water-limited, Yield.

**Citation:** Ghassemi, A., Farzaheh, S., Moharramnejad, S., Raeisi Sadati, S. Y., Seyed Sharifi, R., & Taleschian Tabrizi, N. (2025). Evaluation of the effect of ascorbic acid foliar spraying on sweet corn under water stress. *Journal of Vegetables Sciences*, 17(1), 21-42 .doi:10.22034/iuvs.2024.1978441.1255

**Copyrights:**

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to *Journal of Vegetables Sciences*. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).





## ارزیابی تأثیر محلول پاشی آسکوربیک اسید بر ذرت شیرین تحت تنش کم آبی

عزیزاله قاسمی<sup>۱</sup>، سلیم فرزانه<sup>۱\*</sup>، سجاد محرم‌نژاد<sup>۲</sup>، سیده یلدا رئیسی‌ساداتی<sup>۱</sup>، رئوف سیدشریفی<sup>۱</sup>، نگین تلسچیان تبریزی<sup>۲</sup>

۱- گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.  
۲- بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مغان.

\*نویسنده مسئول: [salimfarzaneh@yahoo.com](mailto:salimfarzaneh@yahoo.com)

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۱۰

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۳/۰۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۲۱

### چکیده

به منظور بررسی اثر تنش کم آبی و برهم کنش آن با محلول پاشی با آسکوربیک اسید بر برخی خصوصیات رشدی گیاه و عملکرد اقتصادی در گیاه ذرت شیرین، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۸ به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار روی گیاه ذرت شیرین (رقم Chase) در ایستگاه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز اجرا شد. فاکتور اصلی تنش کم آبی در چهار سطح (۷۰ (شاهد)، ۱۰۰، ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک کلاس A) و فاکتور فرعی شامل محلول پاشی با آسکوربیک اسید در چهار غلظت (صفر، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر) بود. در این پژوهش تا مرحله‌ی شش الی هشت برگی آبیاری براساس ۷۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک کلاس A در کل مزرعه صورت گرفت و بعد سطوح تیماری آسکوربیک اسید استفاده شد. نتایج صفات مورد مطالعه نشان داد که تنش کم آبی باعث کاهش معنی‌دار قطر بلال، قطر چوب بلال، تعداد دانه در بلال اصلی، عرض برگ، سطح برگ گیاه، وزن دانه و عملکرد دانه در واحد سطح، ذرت شد، اما طول برگ، تعداد برگ‌های افتاده، تعداد روز تا گل‌دهی و روز درجه رشد تا ظهور گل تاسل افزایش معنی‌داری ملاحظه شد. محلول پاشی اسید آسکوربیک باعث بهبود عملکرد اقتصادی گردید. همچنین بین عملکرد دانه و متغیرهای وزن دانه در بلال اصلی و سطح برگ گیاه ذرت شیرین همبستگی مثبت و معنی‌دار نسبت به شاهد ملاحظه شد. بیشترین میزان عملکرد مربوط به تیمار عدم تنش کم آبی و محلول پاشی ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر آسکوربیک اسید بود، که نسبت به شاهد ۱۹/۱۶ درصد افزایش عملکرد نشان داد. به طور کلی، می‌توان بیان نمود که کاربرد آسکوربیک اسید به عنوان راهکاری مناسب برای افزایش عملکرد گیاه ذرت شیرین (رقم Chase) تحت شرایط مصرف حداقل آب بوده و نیز افزایش تحمل به تنش کم آبی باشد.

واژه‌های کلیدی: محدودیت آبی، خصوصیات رشدی، عملکرد، ویتامین C.

استناد: قاسمی، ع.، فرزانه، س.، محرم‌نژاد، س.، رئیسی‌ساداتی، س.ی.، سید شریفی، ر. و تلسچیان تبریزی، ن. (۱۴۰۴). ارزیابی تأثیر محلول پاشی آسکوربیک اسید بر ذرت شیرین تحت تنش کم آبی. علوم سبزی‌ها، ۱۷(۱)، ۲۱-۴۲.

### حق چاپ:



حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این مجله به صورت آزاد در وب سایت مجله برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل دسترس است.

## مقدمه

ذرت شیرین (*Zea mays* var. *Saccharata*) از خانواده غلات و یک گیاه تغییر یافته ژنتیکی از ذرت معمولی بوده و دارای اهمیت اقتصادی ویژه‌ای است، زیرا کلیه بخش‌های آن اعم از بلال، ساقه و برگ، چوب بلال و پوست بلال مورد استفاده قرار می‌گیرد (Asghari et al., 2017; Karmollachab et al., 2016). ذرت شیرین یکی از مردم پسندترین سبزی‌ها در بسیاری از کشورهای جهان از جمله آمریکا، کانادا، فرانسه و استرالیاست و علاقه به آن در سایر نقاط دنیا از جمله آسیا در حال افزایش می‌باشد. با این وجود آشنایی با این گیاه در ایران بسیار محدود است و عمدتاً به منظور میوه آن (بلال) کشت می‌شود (Mokhtarpor et al., 2021; Drikvand et al., 2007). بر اساس آمار فائو، ایران از جمله مناطق مستعد تولید ذرت به‌شمار می‌آید؛ زیرا از تنوع آب و هوایی مناسبی برخوردار است. سطح زیر کشت این محصول ۵۰۲ هزار هکتار و تولید آن معادل ۰/۳۲ میلیون تن می‌باشد که تولید ۶/۷ درصد از کل غلات را به خود اختصاص می‌دهد. در دنیا میزان صادرات ذرت شیرین منجمد شده، ۴۲۰۴۸۶ تن به ارزش ۴۴۱۵۷۴ هزار دلار و ذرت شیرین آماده، ۸۲۱۴۹۶ تن به ارزش ۱۰۰۶۳۹۰ هزار دلار بود، در حالی که در ایران میزان صادرات ذرت شیرین منجمد شده، ۴۲ تن به ارزش هفت هزار دلار و ذرت شیرین آماده، ۱۹ تن به ارزش ۱۳ هزار دلار بود (FAOSTAT, 2021). گیاه ذرت شیرین همانند سایر گیاهان که در شرایط مزرعه‌ای کشت می‌شوند، تحت تأثیر عوامل تنش‌های محیطی قرار می‌گیرند (Stefanelli et al., 2010). با توجه به مزایای بالقوه‌ای که برای کاشت ذرت شیرین وجود دارد، انجام تحقیقات همه‌جانبه اعم از به‌زراعی و به‌نژادی در این گیاه ضروری به‌نظر می‌رسد (Shahim Germi et al., 2021).

کمبود آب مهم‌ترین عامل کاهش عملکرد محصولات کشاورزی در سراسر جهان است و این عامل در مناطق خشک و نیمه‌خشک تأثیرگذارتر است. ایران کشوری

است که متوسط بارندگی آن حدود یک سوم متوسط بارش جهانی است و از نظر منابع آب به‌شدت در تنگنا است، بنابراین ضرورت دارد که با استفاده بهینه، صرفه‌جویی و افزایش کارایی آبیاری به حفظ منابع محدود آب کمک نمود (Ebrahimi et al., 2023; Farhangpour et al., 2023). خشکی به‌عنوان یک تنش چند بعدی، اثرهای متنوعی روی گیاهان دارد و بسیاری از ویژگی‌های مورفولوژیک و فرآیندهای فیزیولوژیک مرتبط با رشد و نمو گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Raesi Sadati et al., 2021; Torabi et al., 2023). تنش خشکی، با تأثیر مستقیم بر مقدار تولیدات فتوسنتزی از طریق بسته شدن روزنه‌ها و تجزیه آنزیم‌ها و سلول‌ها، منجر به کاهش عملکرد دانه می‌شود (Aghdam et al., 2019; Sadeghi et al., 2023). اولین پاسخ گیاهان به تنش خشکی تنظیم اسمزی و بستن روزنه‌ها می‌باشد که از این رو باعث حفظ رطوبت داخل بافت شده و همچنین به‌طور همزمان از آن برای جذب آب از محیط استفاده می‌کند، که در نتیجه آن فعالیت‌های فیزیولوژی و بیوشیمیایی سلول‌ها حفظ می‌گردد (De Oliveira et al., 2020). تنش خشکی با تأثیر منفی بر قطر ساقه، شاخه و برگ در بوته و بیوماس گیاهی عملکرد دانه در بوته را کاهش می‌دهد (Ghassemi et al., 2019). کمبود آب از طریق کاهش دسترسی بلال به مواد پرورده باعث کاهش میزان تشکیل دانه می‌شود. همچنین کمبود آب در طی مرحله ظهور کاکل و اوایل رشد دانه، تعداد دانه در بلال و در نتیجه پتانسیل عملکرد را کاهش می‌دهد. قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد ذرت سبب کاهش معنی‌دار در عملکرد دانه و عملکرد زیست توده (بیوماس) می‌شود. همچنین عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، وزن هزار دانه، ماده خشک، تعداد برگ، قطر ساقه، عمق نفوذ ریشه و فعالیت‌های بیوشیمیایی ذرت در اثر کمبود آب آبیاری به‌شدت کاهش می‌یابد (Ghobadi et al., 2015; Towhidi et al., 2020; Moghaddam et al., 2017; Sah et al., 2020).

اشاره کرد. گیاه در طول زمان رشد با جذب این نهاده می‌تواند در برابر تنش‌های محیطی عملکرد خوبی داشته باشد (Noman *et al.*, 2015). با روش تغذیه برگ می‌توان عناصر را در سریع‌ترین زمان ممکن در اختیار گیاه قرار داد (Raeesi Sadati *et al.*, 2021). از آنجایی که تنش خشکی در متابولیسم گیاه، اکسیداسیون و در سلول اختلال ایجاد می‌کند، به نظر می‌رسد مصرف خارجی مواد آنتی‌اکسیدانی و یا با محلول‌پاشی و در دسترس قرار دادن سوبسترای آنزیم-های آنتی‌اکسیدان (Ghassemi *et al.*, 2020)، موجب کاهش اثر زیان‌بار تنش خشکی و بهبود عملکرد گیاهان در برابر تنش خشکی گردد. آسکوربیک اسید (ویتامین C) یک مولکول کوچک دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی بالا و محلول در آب است که به‌عنوان سوبسترای اولیه در مسیرهای چرخه‌ای، برای سمیت‌زدایی و خنثی کردن رادیکال‌های سوپر اکسید و اکسیژن منفرد نقش دارد. این مولکول آنتی‌اکسیدان همراه دیگر ترکیبات سیستم آنتی‌اکسیدانی، سلول‌های گیاهی را در برابر آسیب‌های اکسیداتیو ناشی از اختلال در متابولیسم‌های هوازی فتوسنتز و تنفس و حتی آلودگی‌ها حفظ می‌نماید (Kheyri, 2006; Barat Zadeh *et al.*, 2019). کاربرد آسکوربیک اسید به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان می‌تواند اثرات مضر تنش‌های غیر زیستی و زیستی را کاهش دهد (Noman *et al.*, 2015). همچنین کاربرد آسکوربیک اسید به‌منظور افزایش عملکرد تحت شرایط مصرف حداقل آب می‌تواند جایگزین خوبی در مقابل روش‌های به‌نژادی که اغلب بلند مدت و هزینه‌بر هستند، باشد (Shahim Germi *et al.*, 2021). محققان دریافتند که محلول‌پاشی آسکوربیک اسید موجب افزایش صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک در گیاه ذرت شیرین می‌گردد (Asghari *et al.*, 2016). مطالعات نشان داده‌اند محلول‌پاشی اسید آسکوربیک موجب کاهش میزان نشت الکترولیت-ها می‌شود و کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی می‌تواند به‌علت اثر خنثی‌سازی مستقیم یون سوپراکسید توسط اسید آسکوربیک بر ذرت شیرین

کاهش در عملکرد و اجزای عملکرد دانه از جمله قطر بلال، طول بلال، تعداد ردیف دانه در بلال، وزن بلال و وزن صدانه تحت تنش کم‌آبی توسط محققان متعددی گزارش شده است (Wang *et al.*, 2019; Sah *et al.*, 2020). پژوهش‌های مختلف و محدودی در رابطه با تأثیر سطوح آبیاری بر پارامترهای رشدی گیاه ذرت شیرین انجام شده است، در این راستا Basaki و همکاران (۲۰۱۶) بیان کردند که در ارقام ذرت شیرین و در شرایط کم‌آبی منطقه میلاجرد استان مرکزی، استفاده از الگوی قطع آبیاری در مرحله دانه‌بندی با کاهش ۲۹ درصدی آب مصرفی و افت ناچیز سه درصدی عملکرد دانه، قابل توصیه است. Naderi Bani و همکاران (۲۰۱۸) به‌منظور ارزیابی اثر کاربرد آبیاری موضعی سطحی و زیرسطحی با مدیریت آبیاری در عملکرد ذرت شیرین نشان دادند که تیمار آبیاری زیرسطحی با عملکرد بیولوژیکی ۲۷/۸ تن در هکتار، عملکرد بلال سبز ۴۲/۷ تن در هکتار، عملکرد بلال خشک ۹/۶ تن در هکتار، دارای بیش‌ترین عملکرد بود. همچنین محققان دریافتند که تنش آبی باعث کاهش معنی‌دار صفات‌های عملکرد تر (بیولوژیک)، ماده خشک، عملکرد بلال، وزن سیصد دانه، تعداد برگ و قطر ساقه در ذرت شیرین و کاهش طول و عرض برگ، ارتفاع بوته، قطر بلال و عملکرد بوته در ذرت فوق شیرین می‌گردد (Ghanbari *et al.*, 2022; Ebrahimi *et al.*, 2023). علاوه بر این، مطالعات دیگر نشان دادند که تنش خشکی باعث کاهش صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی و عملکرد ذرت شیرین می‌گردد (Asghari *et al.*, 2016; Karmollachab *et al.*, 2017).

برای کاهش اثرات زیان‌بار تنش کم‌آبی و بهبود رشد و عملکرد در گیاهان تحت تنش، از روش‌ها و نهاده‌های خارجی مختلف فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و مواد خارجی و عناصر به روش‌های مختلف استفاده می‌شود. به‌عنوان مثال می‌توان به کاربرد مواد شیمیایی به‌صورت محلول‌پاشی در سطح گیاه و یا تیمار بذر قبل از کاشت

و عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۵ دقیقه شمالی اجرا شد. اقلیم منطقه نیمه خشک و سرد با تابستان‌های گرم و زمستان‌های سرد است و میانگین دمای سالیانه ۱۰ درجه سلسیوس، میانگین حداکثر و حداقل دمای سالیانه به ترتیب ۱۶ و ۲/۲ درجه سلسیوس می‌باشد. میانگین بارندگی سالانه این ناحیه ۲۷۱/۳ میلی‌متر است (Khalil Vand, 2006).

فاکتور اصلی تنش کم آبی در چهار سطح (۷۰ (شاهد)، ۱۰۰، ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک کلاس A) و فاکتور فرعی شامل محلول پاشی با آسکوربیک اسید در چهار غلظت (صفر (شاهد)، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر) بود. زمین محل اجرای آزمایش در پاییز سال قبل انتخاب و پس از تهیه نمونه مرکب خاکی از اعماق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری برداشت و برای تجزیه خاک به آزمایشگاه ارسال شد (جدول ۱). در پاییز جهت تهیه بستر کاشت، خاک‌ورزی اولیه با انجام شخم عمیق صورت گرفت. عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم سبک، دیسک‌زنی، تسطیح، خط‌کشی و تهیه خطوط کاشت (جوی و پشته) با استفاده از شیارکن بود. با توجه به تجزیه‌ی خاک و توصیه آزمایشگاه خاکشناسی، از کودهای فسفره و پتاسه در هنگام کاشت استفاده نشد و به غلظت میزان نیتروژن مقداری کود اوره بر مبنای ۷۵ کیلوگرم بر هکتار در روی ردیف‌های کاشت اضافه شد. هر کرت شامل ۴ خط کشت به طول سه متر با فاصله خطوط کاشت ۶۰ سانتی‌متر و فاصله‌ی بذر ذرت روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. فاصله‌ی هر کرت فرعی (سطوح تیمار آسکوربیک اسید) ۶۰ سانتی‌متر و فاصله‌ی هر کرت اصلی (سطوح تنش خشکی) ۱/۸۰ سانتی‌متر و فاصله‌ی بین بلوک‌های آزمایش دو متر اجرا گردید.

باشد. همچنین آسکوربیک اسید موجب افزایش محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی و تعداد دانه در بلال، وزن بلال و عملکرد می‌گردد و تعدیل اثر منفی تنش کمبود آب در ذرت شیرین می‌شود (Sahim Geremi *et al.*, 2021; Jafari *et al.*, 2018). محققان دیگر گزارش دادند که آسکوربیک اسید به‌طور قابل توجهی باعث بهبود رشد گیاه، ارتفاع بوته، ماده خشک و پارامترهای عملکرد لوبیا و افزایش وزن بلال ذرت شیرین در مقایسه با عدم محلول‌پاشی می‌شود. همچنین نتایج پژوهش‌های متعدد حاکی از آن است که کاربرد آسکوربیک اسید سبب کاهش اثر منفی تنش کمبود آب می‌شود (AL- Amery & Mohammed, 2017; Akbari & Maleki, 2018; Sahim Geremi *et al.*, 2021). محققان اظهار داشتند استفاده از محافظ‌های گیاهی به‌ویژه آسکوربیک اسید در تعدیل تنش‌های آبی برای تولید پایدار موثر هستند (Arjeh *et al.*, 2022). با توجه به اثرات منفی و مخربی که تنش خشکی بر روی رشد و عملکرد گیاه ذرت شیرین دارد و نقش مهم آسکوربیک اسید به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان در سم-زدایی گیاه، از این رو هدف از اجرای این پژوهش ارزیابی تأثیر محلول پاشی آسکوربیک اسید بر برخی خصوصیات رشدی برای درک تحمل و بهبود عملکرد گیاه ذرت شیرین تحت تنش کم آبی در شرایط مزرعه می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۸ به‌منظور بررسی اثر محلول پاشی آسکوربیک اسید بر روی گیاه ذرت شیرین (رقم Chase) برای شرکت زیمنس آلمان بود و از ایستگاه تحقیقات کشاورزی اردبیل تهیه شد. این رقم زودرس با طول دوره رشد حدود ۹۰ روز است و دانه آن زردرنگ و فرم دانه آن دندان اسبی است. تحت تنش کم آبی، به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقاتی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز واقع در ارتفاع از سطح آب‌های آزاد ۱۳۶۰ متر، با طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۷ دقیقه شرقی

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

Table 1- Physical and chemical characteristics of the farm soil

بافت texture	رس Clay	سیلت Silt	شن Sandy	منگنز Mn	آهن Fe	روی Zinc	پتاسیم Potassium (K)	فسفر Phosphorus (P)	اسیدیته pH	کربن آلی Organic carbon (%)	هدایت الکتریکی Ec*10 <sup>3</sup> (ds/m)
لومی سیلتی Silt- loam	13%	50%	37%	5.6	1.27	0.96	1130 mg kg <sup>-1</sup>	47.6	7.96	0.92	1.63

و انتهای ردیف وسطی، از سطحی معادل ۵/۴ متر مربع بوته‌های ذرت به جهت اندازه‌گیری صفات مورد نظر شامل مقیاس طول، عملکرد دانه و خصوصیات بلال انتخاب و برداشت صورت گرفت.

برای یادداشت تعداد روز تا گلدهی، پس از کاشت از طریق شمارش تعداد روز تا ۲۵ درصد ظهور گل تاسل هر واحد آزمایشی، در کرت مورد نظر یادداشت شد.

سنجش نشت الکترولیت: میزان نشت یونی با استفاده از روش Kaya و همکاران (۲۰۰۲) انجام شد. برای این منظور ابتدا ۰/۵ گرم از برگ با دقت توزین و سپس ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه گردید و درب لیوان آب مقطر با نوار پارافیلیم بسته شد و به مدت ۲۴ ساعت در دمای آزمایشگاه نگهداری شد و سپس هدایت الکتریکی محلول حاصل با EC متر اندازه‌گیری شد.

روز درجه رشد (Growth degree day): برای این کار با استفاده از داده‌های حاصل از ایستگاه هواشناسی واقع در نزدیک‌ترین سمت ایستگاه تحقیقاتی زمین آزمایشی دانشکده کشاورزی (جدول ۲) و با روش Giunta و همکاران (۲۰۰۷) طبق فرمول ۱ برای روز درجه‌ی رشد محاسبه شد.

$$(1) \text{GDD} = \sum \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} - T_{\text{base}}$$

$T_{\max}$ : بیشترین دما در طول روز،  $T_{\min}$ : کمترین دما در طول روز و  $T_{\text{base}}$ : دمای پایه گیاه ذرت شیرین جهت رشد است، که در این آزمایش ۱۰ درجه سلسیوس بود (Berti & Johnson, 2008).

در این پژوهش از ابتدای کاشت بذور ذرت تا رسیدن بوته‌ها به مرحله‌ی شش الی هشت برگی آبیاری بر اساس ۷۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک کلاس A در کل مزرعه صورت گرفت و برای سطوح تنش (۷۰، ۱۰۰، ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر) از تشتک تبخیر کلاس A استفاده شد، به طوری که با اندازه‌گیری میزان تبخیر سطح آب با استفاده از خط‌کش مندرج در تشتک کلاس A در میزان‌های ذکر شده تیمار مورد نظر به صورت کامل و غرقابی آبیاری انجام گرفت. در این مرحله پس از اعمال تیمار در هر واحد آزمایشی از چهار غلظت صفر، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر آسکوربیک اسید با نازل پستی دستی اوایل صبح محلول پاشی شدند. لازم به ذکر است که برای جذب بهتر محلول آسکوربیک اسید از طریق برگ و اندام هوایی، از مایع ظرف‌شویی با غلظت ۰/۲ در هزار به‌عنوان مویان در تهیه محلول آسکوربیک اسید استفاده شد، تا با کاهش کشش سطحی آب، سطح برگ به طور یکنواخت خیس و مرطوب گردد. همچنین شاهد با آب مقطر خالص به جهت ایجاد شرایط همسان در بین تیمارها استفاده شد. برای سطوح تنش از تشتک تبخیر کلاس A استفاده شد و تا پایان برداشت اعمال تنش ادامه یافت. پس از رسیدگی فیزیولوژیک، عملیات برداشت از هر کرت با حذف ردیف‌های کناری و ۰/۵ متر از ابتدا و انتهای ردیف وسطی به‌عنوان اثر حاشیه‌ای انجام شد.

پارامترهای مورد سنجش: نمونه‌برداری در کلیه کرت‌ها با حذف دو ردیف کناری و حذف نیم متر از ابتدا

جدول ۲- محاسبه‌ی روز درجه رشد در ماه‌های خرداد، تیر، مرداد و شهریور

Table 2- Calculation of growth degree days in the months of June, July, August and September

روز درجه رشد			C <sup>0</sup> حداکثر دما			C <sup>0</sup> حداقل دما			روز		
G.D.D			Maximum temperature (°C)			Minimum temperature (°C)			Day		
شهریور	مرداد	تیر	خرداد	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	شهریور	مرداد	تیر	خرداد
15.9	16.4	16.6	9.35	33.4	32.8	34.4	26.7	18.4	20.0	18.7	12.0
16.7	17.7	18.6	11.8	32.4	35.0	34.7	27.2	21.0	20.4	22.4	16.4
8.6	18.4	18.9	10.2	21.2	35.2	35.2	26.6	16.0	21.6	22.6	13.8
11.2	17.7	18.4	9.6	27.8	36.6	35.0	26.4	14.6	18.8	21.8	12.8
12.1	20.6	15.8	8.8	28.2	36.4	32.4	27.4	16.0	24.8	19.2	10.2
11.9	17	13.6	9.5	28.4	35.4	29.4	25.8	15.4	18.6	17.8	13.2
11.5	18.1	14.5	9.1	27.0	36.4	32.0	25.2	16.0	19.8	17.0	13.0
10.4	20.6	15.6	11.9	28.2	37.4	34.2	30.4	12.6	23.8	17.0	13.4
12.8	21.2	17.7	8.7	27.8	37.2	37.0	26.8	17.8	25.2	18.4	10.6
12	20.3	19.4	13	26.8	37.0	38.8	28.0	17.2	23.6	20.0	18.0
11.2	22.1	21.1	13.6	27.4	37.6	38.4	31.0	15.0	26.6	23.8	16.2
13.25	20.4	23.8	11.1	30.5	36.8	40.0	30.8	16.0	24.0	27.6	11.4
13.4	20.7	20.8	16.7	31.8	37.8	35.4	34.6	15.0	23.6	26.2	18.8
14.5	22	18.7	15.1	33.6	38.4	36.2	32.2	15.4	25.6	21.2	18.0
16	22	22.3	15.5	32.8	38.6	39.0	34.4	19.2	25.4	25.6	16.6
12	17.9	21.4	18.2	26.2	34.8	36.0	34.6	17.8	21.0	26.8	21.8
12.2	17	18.6	13.6	30.0	33.2	35.2	31.8	14.4	20.8	22.0	15.4
13.5	14.5	20.7	10.1	32.2	31.0	38.2	25.6	14.8	18.0	23.2	14.6
17.2	15.8	22.6	12.7	34.0	33.2	40.0	31.0	20.4	18.4	25.2	14.4
16.4	19.4	20.3	15.1	33.8	36.8	38.8	33.8	19.0	22.0	21.8	16.4
17.4	21.3	20.6	15.5	33.4	38.4	37.6	33.0	21.4	24.2	23.6	18.0
16	22.8	20.8	13.4	32.6	40.2	38.0	31.4	19.4	25.4	23.6	15.4
15.1	23	18.1	12.5	32.8	39.6	35.2	29.8	17.4	26.4	21.0	15.2
14.3	20.6	18.9	12.9	32.0	39.8	36.8	29.0	16.6	21.4	21.0	16.8
15.4	20.1	19.4	13.8	31.6	38.8	35.8	30.4	19.2	21.4	23.0	17.2
12	17.3	18.0	13.9	28.4	35.6	33.6	30.2	15.6	19.0	22.4	17.6
10.4	17.2	12.9	12	25.6	35.2	27.8	30.0	15.2	19.2	18.0	14.0
9.9	19.1	13.5	13	26.0	37.2	29.4	30.2	13.8	21.0	17.6	15.8
9.2	18.5	12.1	13.4	27.6	38.0	28.0	31.6	10.8	19.0	16.2	15.2
8.6	19.2	14.4	15.2	28.4	36.0	32.4	32.6	10.8	22.4	16.4	17.8
11.4	15.7	17.3	15.4	31.6	31.2	34.8	33.8	10.8	20.2	19.8	17.0

که در آن La سطح برگ، Ll طول برگ و Lw عرض برگ می‌باشد.

طول و عرض آخرین برگ ذرت: از هر واحد آزمایشی چهار بوته‌ی ذرت انتخاب و از آخرین برگ (بالا ترین برگ گیاه ذرت) آن با خط کش از قسمت انشعاب برگ از ساقه تا نوک برگ و از قسمت عریض تر برگ اندازه گیری شد و از میانگین آن‌ها جهت ارزیابی استفاده گردید.

قطر بلال و قطر چوب بلال: با استفاده از کولیس با دقت اندازه‌گیری ۰/۰۱ سانتی‌متر از قسمت وسطی بلال بدون پوشش برگی اقدام به اندازه‌گیری قطر بلال شد و قطر چوب بلال با استفاده از کولیس با دقت ۰/۰۲ میلی-متر به دست آمد.

تعداد برگ روی بوته ذرت و تعداد برگ‌های افتاده: با رسیدگی فیزیولوژیک گیاه ذرت شیرین و پس از اقدام به کف بر کردن آن تعداد برگ‌های موجود در روی ساقه گیاه ذرت یادداشت شد. همچنین از طریق یادداشت تعداد گره‌های بدون برگ، تعداد برگ‌های افتاده محاسبه گردید.

سنجش سطح برگ: پس از جدا کردن برگ‌ها از ساقه ذرت، طول برگ و عرض برگ از قسمت عریض-ترین آن اندازه‌گیری شد. سطح برگ ذرت شیرین با استفاده از روش Bollero و همکاران (۱۹۹۶) و طبق فرمول (۲) محاسبه شد.

$$(2) \quad La=Lw \times Ll \times 0.75$$

و ۶۰/۹۴ درصدی ملاحظه گردید (جدول ۲). تنش خشکی به واسطه زرد شدن و ریزش زود هنگام برگ‌های پایین گیاه می‌شود. همچنین تنش آبی موجب کاهش معنی‌دار تعداد برگ و قطر ساقه ذرت شیرین می‌شود (Arab et al., 2013; Ebrahimi et al., 2023). که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. همچنین عوامل محیطی نیز تعیین‌کننده قوی برای تاریخ گلدهی و برداشت هستند که اغلب برای محصول در اقلیم‌های متنوع و سیستم‌های کشاورزی بسیار مهم هستند (Kara, 2011). با افزایش سطوح تنش خشکی، ظهور گل تاسل با تأخیر رو به رو شد، که با یافته‌های Kara (۲۰۱۱) در رابطه با افزایش GDD ذرت شیرین در طول فصل رشد به همراه افزایش دما مطابقت دارد. چنین استنباط می‌گردد که با افزایش میزان روز درجه‌ی دریافتی برای ظهور گل تاسل، عملکرد در دوره تلقیح و پر شدن با کمبود مدت زمان از نظر تولید آسمیلات کاهش خواهد یافت. کمبود آب علاوه بر تأثیر بر توسعه برگ می‌تواند از طریق ریزش برگ‌ها در طول مراحل رشد بر سطح برگ مؤثر باشد. کم شدن سطح برگ در شرایط آب و هوای خشک مکانیسمی است تا گیاه از هدر رفتن آب از طریق تعرق جلوگیری نماید (Arab et al., 2013). از آنجایی که اسید آسکوربیک نقش مهمی در رشد گیاهان مانند تقسیم و بزرگ شدن سلول، توسعه آن و دیگر فرآیندهای نموی دارد، لذا موجب افزایش تعداد برگ‌ها و به دنبال آن ریزش برگ در گیاهان می‌شود (Hosseini et al., 2016)، که نتایج تحقیق حاضر حاکی از این یافته‌ها می‌باشد. با توجه به سطوح غلظت‌های محلول‌پاشی آسکوربیک اسید با افزایش غلظت محلول، ریزش برگ افزایش یافته است و این امر می‌تواند در تحمل به تنش خشکی از طریق به تعادل رساندن سطح تبخیر و تعرق از گیاه ذرت در بهبود تحمل به تنش‌های خشکی باشد. کاربرد آسکوربیک اسید باعث کاهش نشت یونی و افزایش تعداد برگ‌ها و سطح برگ گیاه می‌شود (Narimani et al., 2019)، که این یافته‌ها هم‌سو با نتایج پژوهش حاضر می‌باشند. پایین بودن میزان نشت یونی شاخصی برای استحکام

اندازه‌گیری مقاومت روزنه‌ای: با استفاده از دستگاه پرومتر (مدل AP4 و شرکت AT آلمان) در مزرعه و در اوایل صبح از هر واحد آزمایشی چهار بوته انتخاب و از سه برگ بالایی بوته، از قسمت میانی برگ اقدام به قرائت داده حاصل از دستگاه و میانگین آن‌ها یادداشت گردید (Paseban Eslam, 2011).

وزن دانه در بلال: پس از رسیدگی فیزیولوژیک دانه‌های بلال جدا و با ترازوی دقیق یک هزارم گرم مورد توزین قرار گرفت. عملکرد دانه در متر مربع: جهت اندازه‌گیری عملکرد گیاه ذرت شیرین، پس از جدا کردن دانه‌ها از چهار بوته‌ی ذرت در هر واحد آزمایشی و به دست آوردن میانگین اعداد آن، بر اساس تراکم کاشت که در این آزمایش ۸/۳ بوته در متر مربع تعریف شده است، ضرب شد و بدین ترتیب عملکرد در متر مربع محاسبه گردید.

کلیه تجزیه و تحلیل‌های آماری داده‌های حاصل از این آزمایش، با کمک نرم‌افزار SAS 9.1 و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

## نتایج و بحث

**تعداد برگ‌های افتاده، تعداد روز تا گلدهی، روز درجه رشد تا ظهور گل تاسل و نشت الکتروولت**

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش سطوح تنش کم‌آبی تعداد برگ‌های افتاده، تعداد روز تا گل‌دهی و روز درجه رشد تا ظهور گل تاسل افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد (تیمار ۷۰ میلی‌متر زمان آبیاری) داشت، به طوری که ۱۹/۴۵ درصد تعداد برگ‌های افتاده، ۳۳ درصد تعداد روز تا گل‌دهی و ۳۷/۹۵ درصد روز درجه رشد تا ظهور گل تاسل بیشتری تحت تنش کم‌آبی شدید نسبت به شاهد ملاحظه شد (جدول ۱). همچنین بیشترین تعداد برگ‌های افتاده گیاه ذرت با محلول‌پاشی آسکوربیک اسید (غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) افزایش ۴۳/۹۷ درصدی نسبت به عدم محلول‌پاشی آسکوربیک اسید را نشان داد، در حالی که برای روز درجه رشد تا ظهور گل تاسل و نشت الکتروولت به ترتیب کاهش ۶/۹۷

غشاها می باشد. بنابراین، محلول پاشی آسکوربیک اسید به جهت خاصیت آنتی اکسیدانی بالا و سمیت زدایی و خنثی کردن گونه های فعال اکسیژن، مانع تخریب غشاء و کاهش نشت الکترولیت می گردد ( Barat Zadeh *et al.*, 2019)، که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر تنش کم آبی بر برخی متغیرهای اندازه گیری شده در گیاه ذرت شیرین

Table 3- Comparison of the average effect of water limited stress on some measured variables in sweet corn plant.

تنش کم آبی Water limited stress	تعداد روز تا گل دهی Number of day to flowering	تعداد برگ های افتاده در بوته Number of fallen leaves in herb	روز درجه رشد تا ظهور گل تاسل GDD1 Until the appearance of the tassel
70 mm	53.16 <sup>c</sup>	2 <sup>b</sup>	405.28 <sup>d</sup>
100 mm	59.50 <sup>b</sup>	2.2 <sup>ab</sup>	474.81 <sup>c</sup>
130 mm	61.66 <sup>ab</sup>	2.66 <sup>a</sup>	528.32 <sup>b</sup>
160 mm	63.5 <sup>a</sup>	2.58 <sup>a</sup>	559.11 <sup>a</sup>

در هر ستون میانگین های دارای حروف مشترک، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر تفاوت معنی داری ندارند.

In each column, means followed by the same letters are not significantly different according Duncan test ( $p < 0.05$ )

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر آسکوربیک اسید بر برخی متغیرهای اندازه گیری شده در گیاه ذرت شیرین

Table 4- Comparison of the average effect of Ascorbic Acid on some measured variables in sweet corn plant.

آسکوربیک اسید Ascorbic Acid	تعداد برگ های افتاده در بوته Number of fallen leaves in herb	نشت الکترولیت Electrolyte leakage (%)	روز درجه رشد تا ظهور گل تاسل GDD1 Until the appearance of the tassel
0	1.91 <sup>b</sup>	7.5 <sup>a</sup>	506 <sup>a</sup>
150 (mg/L)	2.33 <sup>b</sup>	5.91 <sup>b</sup>	495 <sup>b</sup>
200 (mg/L)	2.75 <sup>a</sup>	6 <sup>b</sup>	492 <sup>b</sup>
250 (mg/L)	2.5 <sup>a</sup>	4.66 <sup>c</sup>	473 <sup>c</sup>

در هر ستون میانگین های دارای حروف مشترک، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر تفاوت معنی داری ندارند.

In each column, means followed by the same letters are not significantly different according Duncan test ( $p < 0.05$ )

آسکوربیک اسید نسبت به شاهد (عدم اعمال تنش کم آبی و عدم محلول پاشی آسکوربیک اسید) ملاحظه شد، که به ترتیب افزایش ۲۸/۷۴ درصد، ۳/۵۸ درصد و ۱۷/۹۷ درصد را نشان دادند. همچنین کمترین طول برگ (۱۷/۲۳ درصد)، سطح برگ (۵۸/۸۵ درصد) و عرض برگ (۳۶/۳۶ درصد) به ترتیب مربوط به برهم کنش آسکوربیک اسید ۲۰۰ میلی گرم در لیتر و تنش کم آبی ۱۶۰ میلی متر و برهم کنش آسکوربیک اسید ۲۵۰ میلی گرم در لیتر و تنش کم آبی ۱۳۰ میلی متر

خصوصیات رشدی برگ (طول برگ، عرض برگ و سطح برگ)

مطابق شکل ۱ سطوح بالای تنش کم آبی موجب افزایش طول برگ شد، در حالی که عرض برگ کاهش یافت. همچنین با افزایش طول دوره ی آبیاری از ۷۰ میلی متر تبخیر به زمان آبیاری ۱۶۰ میلی متر تبخیر، سطح برگ گیاه ذرت ۱۴/۶۶ درصد کاهش معنی داری نشان داد. بیشترین طول برگ، عرض برگ و سطح برگ در محلول پاشی با غلظت ۲۰۰ میلی گرم در لیتر

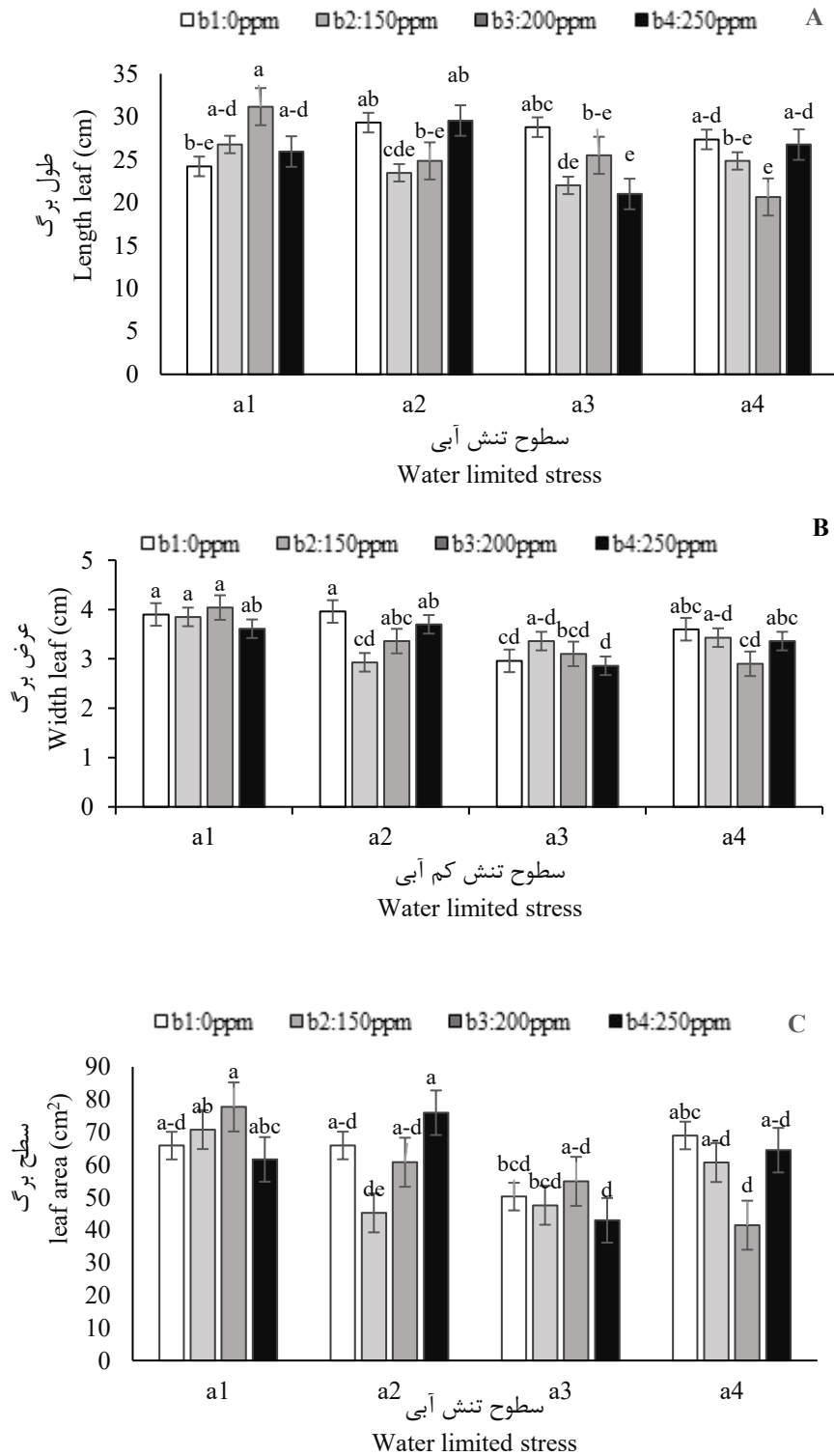
باعث خشک شدن و از بین رفتن برگ‌های پایینی در ساقه می‌شود. بنابراین گیاه با افزایش شدت تنش جهت مقابله با تنش‌های بیرونی با کاهش سطح برگ خود، مکانیسم دفاعی از طریق کاهش سطح تبخیر و تعرق انجام داده است. بررسی‌ها حاکی از آن است که کاهش خصوصیات رشدی در گیاه می‌تواند به این علت باشد که تنش‌های زیستی و غیر زیستی باعث کاهش صفات رشدی و فیزیولوژیکی گیاه از جمله ارتفاع، تعداد برگ، سطح برگ و محتوای نسبی آب برگ می‌شود (Omara *et al.*, 2019; Hafez *et al.*, 2020). باعث افزایش ارتفاع گیاه، طول میان‌گره، قطر ساقه، تعداد برگ و سطح برگ می‌شود (Mahdavi *et al.*, 2020)، که با نتایج حاضر در رابطه با افزایش سطح آخرین برگ با کاربرد آسکوربیک اسید مطابقت دارد. همچنین محلول‌پاشی آسکوربیک اسید باعث تقویت رشدی برگ و مانع از کاهش سطح برگ گیاه ذرت تحت تنش کم‌آبی می‌گردد (Hayati *et al.*, 2020)، که این یافته‌ها هم‌سو با نتایج تحقیق حاضر می‌باشد. افزایش خصوصیات رشدی برگ از جمله طول، عرض و سطح برگ‌ها تحت محلول‌پاشی آسکوربیک اسید را در تحقیق حاضر می‌توان به نقش آسکوربیک اسید در تحریک و رشد برگ و افزایش تقسیم سلولی دانست (Barat *et al.*, 2019).

#### فاصله گره بلال و مقاومت روزنه‌ای

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش سطح تنش کم‌آبی فاصله گره بلال کاهش معنی‌داری یافت، در حالی‌که ترکیب تیماری تنش کم‌آبی با محلول‌پاشی آسکوربیک اسید، باعث افزایش فاصله گره بلال از سطح خاک نسبت به شاهد ملاحظه شد. بیشترین فاصله گره بلال و مقاومت روزنه‌ای در محلول‌پاشی با غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر آسکوربیک اسید و برهم‌کنش آسکوربیک اسید ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر و تنش کم‌آبی ۱۳۰ میلی‌متر نسبت به شاهد ملاحظه شد، که به ترتیب افزایش ۳۴/۲۱ درصد و ۲۶۲/۹۶ درصدی را نشان دادند. همچنین کمترین مقدار این صفات به ترتیب مربوط به تنش کم‌آبی شدید، محلول‌پاشی ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر

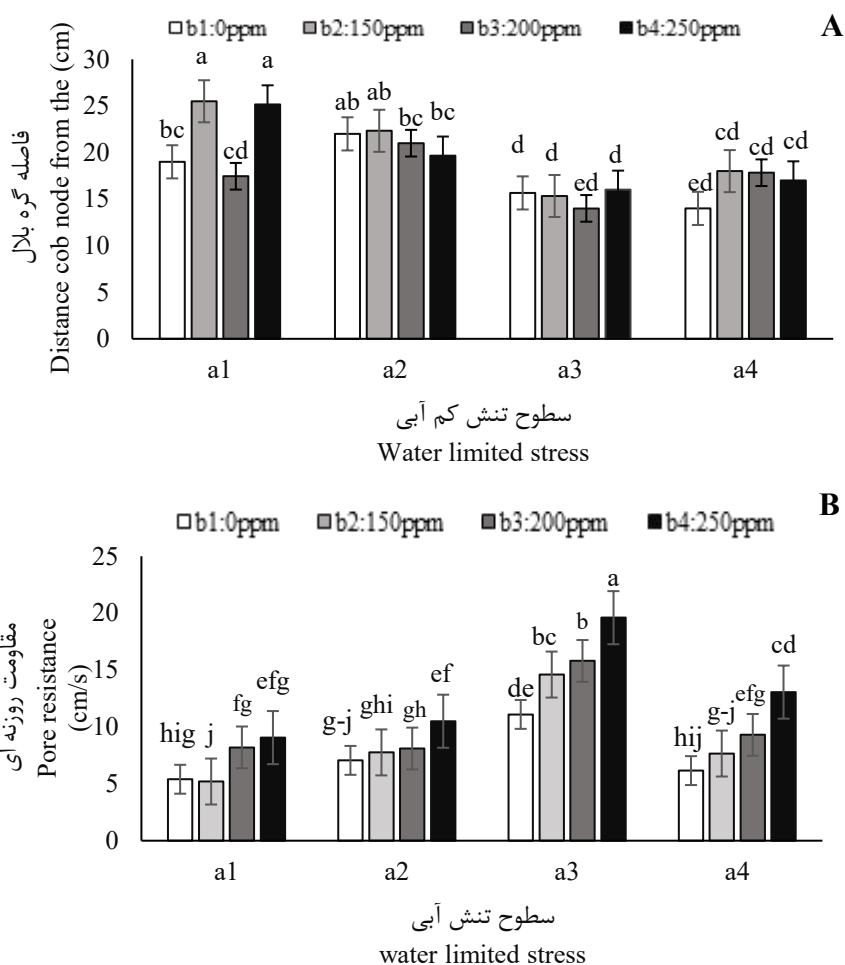
نسبت به شاهد بود. تنش خشکی به‌عنوان یک عامل محدودکننده که جنبه‌های مختلف رشد گیاه را تغییر می‌دهد به‌خوبی شناخته شده است (Fahim *et al.*, 2023). برگ قسمت اصلی گیاه است که بیشتر محصولات فتوسنتزی در آن سنتز می‌شود، در مواجهه با تنش خشکی تعداد برگ‌های گیاه و سطح برگ به‌طور چشم‌گیری کاهش پیدا می‌کند با کاهش سطح برگ، سطح تعرق برگ کاهش می‌یابد و این اولین مکانیسم گیاه برای مقابله با خشکی به حساب می‌آید (Srivastava & Srivastava, 2014; Bhargavi *et al.*, 2017). همین‌طور با کاهش سطح برگ، سطح جذب نور خورشید و به‌دنبال آن سطح فتوسنتزی گیاه کاهش و نهایتاً منجر به کاهش ماده خشک و عملکرد گیاه می‌شود (Banger *et al.*, 2019). تنش کم‌آبی موجب کاهش عرض برگ و نیز موجب کوچک شدن برگ شده و با تأثیر بر مقدار سطح برگ، سطح فعال فتوسنتزی را کاهش می‌دهد و سهم کل گیاه و به‌ویژه بلال از آسمیلات‌های فتوسنتزی کمتر شده و در نتیجه قطر بلال کاهش می‌یابد و با کاهش رشد گیاه، میزان شاخص سطح برگ نیز روندی نزولی به خود می‌گیرد (Ahmadpour *et al.*, 2015; Hafiz Saad *et al.*, 2022). که مطابق با نتایج تحقیق حاضر در رابطه با تأثیر تنش کم‌آبی بر روی خصوصیات رشدی برگ ذرت شیرین است. بیشترین سطح آخرین برگ در اثر محلول‌پاشی آسکوربیک اسید ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود. در زمان آبیاری ۷۰ و ۱۰۰ میلی‌متر، محلول‌پاشی آسکوربیک اسید باعث بهبود سطح آخرین برگ ذرت نسبت به شاهد شد، در حالی‌که با افزایش تنش کم‌آبی کاهش سطح آخرین برگ ذرت نسبت به شاهد ملاحظه گردید (شکل ۱). سطح آخرین برگ نقش مهمی می‌تواند در تأمین و جبران نیاز انرژی گیاه داشته باشد. کاهش سطح برگ گیاه به‌عنوان یکی از اقدامات اولیه در کاهش میزان سطح تعرق از برگ برای کاهش اثر تنش کم‌آبی است (Omara *et al.*, 2019). کاهش سطح برگ گیاه ذرت شیرین در تنش کم‌آبی احتمالاً به این دلیل می‌باشد که تنش کم‌آبی

آسکوربیک اسید تحت تنش ۱۵۰ میلی‌متر (۳۵/۷۱ درصد) و تنش کم آبی ۱۳۰ میلی‌متر (۳/۸۴ درصد) نسبت به شاهد بود (شکل ۲). طبق نتایج پژوهش‌های پیشین بر سایر گیاهان در شرایط تنش رطوبتی فشار تورژسانس سلول‌های ساقه که در حال ازدیاد طول می‌باشند، کاهش می‌یابد و از طرفی تولید مواد اصلی فتوسنتز نیز کم می‌شود، لذا طول میانگره‌های ساقه تحت تأثیر تنش رطوبتی کاهش می‌یابد (Farhadi *et al.*, 2017)، که نتایج تحقیق حاضر هم‌سو با یافته‌های فوق می‌باشد. اسید آسکوربیک نقش مهمی در رشد گیاهان مانند تقسیم و بزرگ شدن سلول، توسعه آن و دیگر فرآیندهای نموی دارد (Hosseini *et al.*, 2016)، بنابراین احتمال می‌رود به این طریق باعث افزایش ارتفاع و فاصله گره بلال در تحقیق حاضر شده است. مقاومت روزنه‌ای به غیر از سطح تنش ۱۶۰ میلی‌متر، در بقیه سطوح تنش کم آبی افزایش یافت، بنابراین عکس‌العمل گیاه در جلوگیری از باز شدن روزنه و مقاومت روزنه‌ای در شرایط تنش‌های محیطی امری حیاتی برای تحمل به هدر رفت آب برگ می‌باشد. پژوهشگران معتقدند بسته شدن روزنه‌ها و کاهش هدایت روزنه‌ای نخستین خط دفاعی گیاهان در برابر محدودیت آبی است و کاهش هدایت روزنه‌ای عمدتاً به دلیل اثرات اسمزی تنش می‌باشد (Narimani *et al.*, 2019; Zahid *et al.*, 2021). با محلول پاشی آسکوربیک اسید در تمام سطوح تنش کم آبی افزایش مقاومت روزنه‌ای گیاه ذرت شیرین ملاحظه شد (شکل ۲). کاربرد آسکوربیک اسید باعث افزایش معنی‌دار هدایت روزنه‌ای گیاه در تمامی سطوح تنشی نسبت به شاهد می‌شود (Narimani *et al.*, 2019)، که با نتایج پژوهش حاضر هم‌سو می‌باشد. کاربرد آسکوربیک اسید از طریق افزایش هدایت روزنه‌ای تأثیر مخرب تنش خشکی را تعدیل کرده و این موضوع می‌تواند ناشی از نقش آنتی‌اکسیدانی آسکوربیک اسید از طریق خنثی کردن اکسیدان‌های مضر باشد (Malik & Ashraf, 2012).



شکل ۱- برهم‌کنش محلول‌پاشی آسکوربیک اسید با تنش کم آبی بر طول برگ (A)، عرض برگ (B) و سطح برگ (C) گیاه ذرت شیرین

Figure 1- Interaction of the ascorbic acid foliar with water-limited stress on leaf length (A), leaf width (B), and the leaf area (C) of sweet corn plants.



شکل ۲- برهم کنش محلول پاشی آسکوربیک اسید با تنش کم آبی بر فاصله گره بلال (A) و مقاومت روزنه ای (B).  
 Figure 2- Interaction of the ascorbic acid foliar with water-limited stress on the distance cob node (A) and stomatal resistance (B).

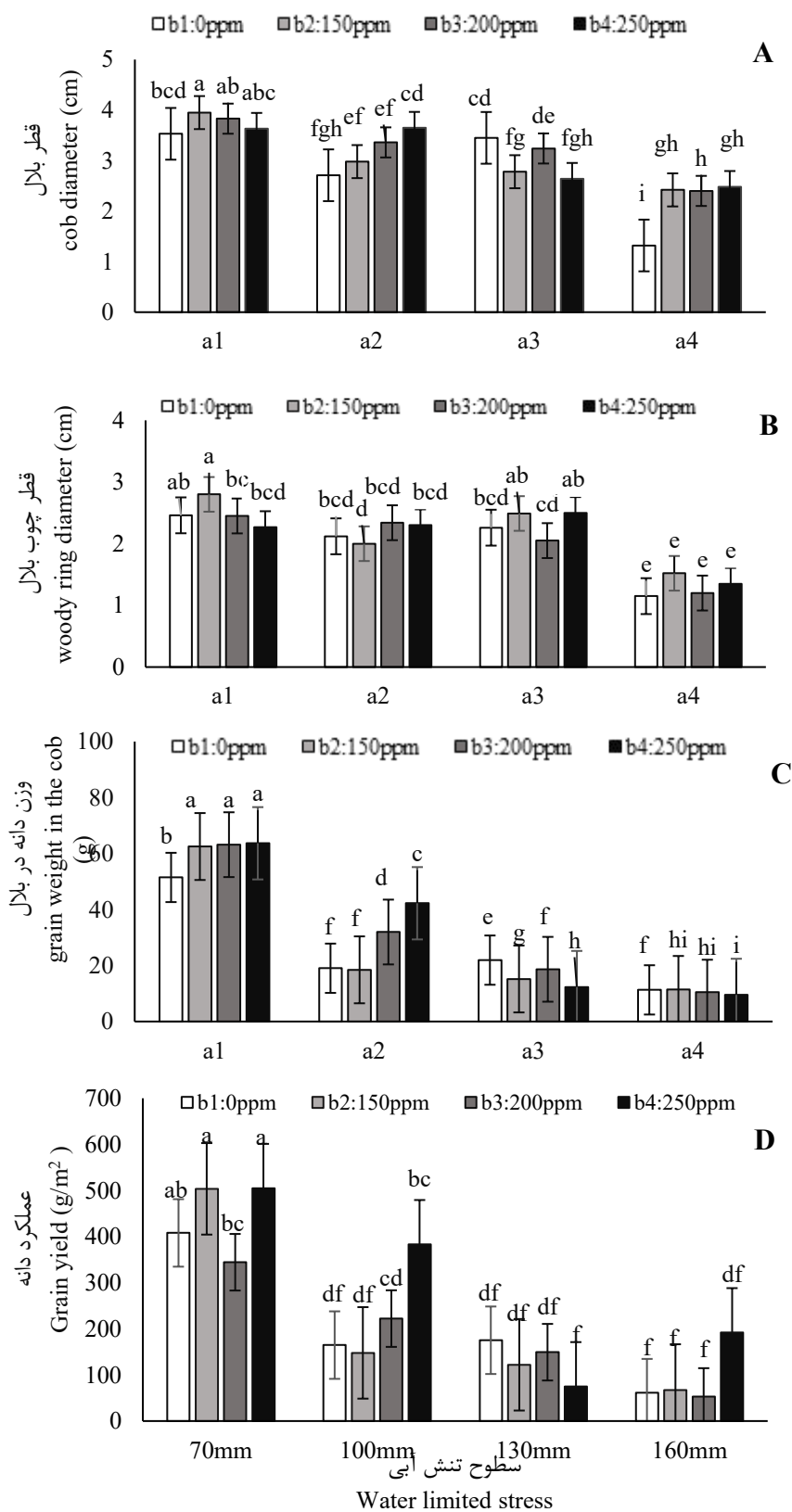
تنش خشکی موجب کاهش تولید و ارسال مواد فتوسنتزی در مرحله ظهور و پرشدن بلال و موجب کاهش تعداد دانه در چوب بلال می شود، در نتیجه قطر چوب بلال کاهش می یابد، که این نتیجه با یافته سایر محققین مطابقت دارد (Farrokhi nia et al., 2011). با ارزیابی محلول پاشی آسکوربیک اسید روی ذرت تحت سطوح مختلف تنش کم آبی Moharramnejad و همکاران (۲۰۱۷) اظهار کردند که تنش کم آبی به طور معنی داری باعث کاهش قطر بلال می شود و با محلول - پاشی آسکوربیک اسید این صفت بهبود می یابد. همچنین آسکوربیک اسید تحت تنش کم آبی باعث تأثیر معنی داری روی قطر بلال هیبرید ذرت می شود

### قطر چوب بلال، قطر بلال با بذر، وزن دانه و عملکرد دانه

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تنش کم آبی باعث کاهش ۱۶۷/۴۲ درصدی قطر چوب بلال و به دنبال آن کاهش ۱۱۳/۹۱ درصدی قطر بلال با بذر نسبت به شاهد شد، در حالی که برهم کنش تنش کم آبی (زمان آبیاری ۷۰ و ۱۰۰ میلی متر) با محلول پاشی آسکوربیک اسید باعث افزایش قطر بلال با بذر و قطر چوب بلال شد. بالاترین مقدار قطر چوب بلال (۱۱/۸۹ درصد) و قطر بلال با بذر (۱۳/۸۲) در برهم کنش آسکوربیک اسید ۱۵۰ میلی گرم در لیتر و تنش کم آبی ۷۰ میلی متر نسبت به شاهد ملاحظه شد (شکل ۳). به نظر می رسد

مطابقت داشت. آسکوربیک اسید به دلیل نقش آن به- عنوان کوفاکتور مهم در بیوسنتز بسیاری از هورمون‌های گیاهی از طریق احیای این هورمون‌ها سبب تعدیل آثار تنش، افزایش تقسیم و گسترش سلولی و افزایش تعداد دانه، وزن دانه و عملکرد دانه می‌شود (Taqi *et al.*, 2011). در یک تحقیقی Kalantar Ahmadi و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که حداکثر عملکرد دانه در شرایط آبیاری مطلوب با محلول‌پاشی ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر آسکوربیک اسید به دست آمد. در مطالعه دیگری Ghassemi و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که محلول‌پاشی آسکوربیک اسید اثر معنی‌داری روی عملکرد و اجزای عملکرد دانه گیاه ذرت داشت. همچنین Shahim Germi و همکاران (۲۰۲۱) دریافتند که آسکوربیک اسید با کاهش اثر منفی تنش کمبود آب می‌تواند وزن بلال را در تمام تیمارهای مورد مطالعه افزایش دهد، که این موضوع نشان از اثر مثبت این ترکیب در گیاه دارد. این یافته‌های فوق، با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد.

(Hayati *et al.*, 2020)، این یافته‌ها با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. تحت تنش کم‌آبی شدید (۱۶۰ میلی‌متر تبخیر) وزن دانه و عملکرد دانه گیاه ذرت شیرین به ترتیب ۳۵۵/۳۹ و ۵۶۳/۴۱ درصد کاهش یافتند. احتمالاً تنش خشکی به دلیل کاهش سطح برگ گیاه، باعث کاهش وزن سبب دانه شده و به دنبال آن موجب کاهش عملکرد خواهد شد (Mohammadkhani *et al.*, 2019; Ebrahimi *et al.*, 2023). همچنین افزایش غلظت محلول‌پاشی آسکوربیک اسید تا سطح ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر، موجب افزایش ۲۳/۷۰ درصدی وزن دانه در بلال شد و با تشدید تنش کم‌آبی (۱۶۰ میلی‌متر تبخیر) در این سطح محلول‌پاشی آسکوربیک اسید کاهش وزن دانه چهار برابری ملاحظه گردید (شکل ۳). نتایج حاصل از مقایسه ذرت شیرین مربوط به ترکیب تیماری آبیاری در زمان ۷۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر و محلول‌پاشی آسکوربیک اسید با غلظت ۱۵۰ و ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر به ترتیب با افزایش ۲۳/۴۳ درصدی و ۲۳/۷۹ درصدی بود، در حالی که کمترین عملکرد دانه با کاهش ۶ برابری (۶۶۵/۴۷ درصدی) در ترکیب تیماری آبیاری در زمان ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر و محلول‌پاشی ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر آسکوربیک اسید نسبت به شاهد ملاحظه شد (شکل ۳). عملکرد دانه در واحد سطح در گیاه ذرت شیرین به وزن دانه در بلال و همچنین اندازه‌ی بلال بستگی دارد. خشکی بر رشد و بهره‌وری گیاهان تأثیر منفی می‌گذارد (Ghassemi *et al.*, 2022). نتایج تحقیق حاضر با یافته پژوهش‌های دیگر محققان مبنی بر این که قطر بلال و عملکرد دانه در بلال تحت تنش خشکی کاهش می‌یابد (Naderi *et al.*, 2018; Ghanbari *et al.*, 2022)،



شکل ۳- نتایج برهم کنش محلول پاشی آسکوربیک اسید و تنش کم آبی بر قطر بلال (A)، قطر چوب بلال (B)، وزن دانه (C) و عملکرد دانه (D).

Figure 3- The results of the interaction of ascorbic acid foliar and water-limited stress on the cob diameter (A), woody ring diameter (B), grain weight (C), and grain yield (D).

## همبستگی صفات مورد مطالعه

نتایج حاصل از همبستگی بین صفات مورد بررسی در گیاه ذرت شیرین نشان داد که عملکرد دانه در واحد سطح با متغیرهای وزن دانه در بلال، طول برگ و سطح برگ دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری است. از طرفی بین عملکرد دانه با تعداد روز تا گلدهی، روز درجه رشد و مقاومت روزنه‌ای همبستگی منفی و معنی‌داری وجود داشت. وجود همبستگی مثبت و قوی بین عملکرد دانه ذرت شیرین در واحد سطح با اندازه سطح برگ بوته و همچنین وزن دانه در بلال نشان از وابستگی عملکرد دانه است (جدول ۴). گزارش‌های متعددی مبنی بر ارتباط بین عملکرد دانه با اجزای عملکرد دانه و صفات مورفو فیزیولوژیک در گیاه ذرت و ذرت شیرین شده است (Ghassemi et al., 2020; Drikvand et al., 2021)، که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد.

## نتیجه‌گیری کلی

گیاه ذرت شیرین به تنش کم‌آبی بسیار حساس است، به‌طوری‌که با افزایش سطوح تنش کم‌آبی عملکرد اقتصادی دانه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. با توجه به اثر فیزیولوژیکی آسکوربیک اسید، محلول‌پاشی آن باعث بهبود معنی‌دار در تحمل تنش و حفظ و حتی افزایش عملکرد دانه در گیاه ذرت شیرین نسبت به عدم کاربرد آن بود. با این وجود در جهت بهبود و حفظ عملکرد گیاه ذرت و در راستای استفاده بهینه از آب، در شرایط تنش کم‌آبی پیشنهاد می‌شود از سایر ترکیبات آنتی‌اکسیدان در سطوح مختلف آبیاری استفاده گردد.

## سپاسگزاری

از تمامی اشخاص حقیقی و حقوقی که امکانات لازم را برای انجام این پژوهش فراهم نمودند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

## References

- Arjeh, J., Pirzad, A., Tajbakhsh, M. & Mohammadzadeh, S. (2022). Improving the water use efficiency of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) by vermicompost and phytoprotectants. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 32(2), 1-18. (In Persian). <https://doi.org/10.22034/SAPS.2021.45156.2659>
- Arab, S., Baradaran Firoozabadi, M., Asghari, H., Gholami, A. & Rahimi, M. (2013). Effect of ascorbic acid and sodium nitroprosside foliar application on the physiological and morphological traits of safflower subjected to water deficit stress. *M. Sc. Thesis, Shahrood University of Technology*.
- Aghdam, A. M., Sayfzadeh, S., Rad, A. S., Valadabadi, S. A. & Zakerin, H. R. (2019). The assessment of water stress and delay cropping on quantitative and qualitative traits of rapeseed genotypes. *Industrial Crops and Products*, 131, 160-165. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.01.051>
- Ahmadpour, A., Farhadi Bansoule, B. & Qobadi, M. (2015). Investigating the effects of low irrigation on the growth process and quantitative and qualitative characteristics of grain corn in Kermanshah. *Abukhak Resources Protection Journal*, 3(6), 111-100. (In Persian). <https://doi.org/10.22126/ATWE.2021.6686.1003>
- Akbari, J. & Maleki, A. (2018). The effect of ascorbic acid and salicylic acid foliar on vegetative properties and yield and yield components of *Vigna unguiculata* L. under drought stress. *Applied Research of Plant Ecophysiology*, 4(2), 159-180. (In Persian).
- 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). <https://doi.org/20.1001.1.22520163.1395.6.2.8.8>

جدول ۵- همبستگی پیرسون بین متغیرهای اندازه گیری شده در گیاه ذرت.

Table 5- Pearson's correlation between the variables measured in the sweet corn plant.

صفات	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13
نشست الکترولیت Electrolyte leakage (X1)	1												
تعداد روز تا گل دهی Number of day to flowering (X2)	0.286*	1											
درجه روز رشد تا ظهور گل تاسل GDD Until the appearance of the tassel (X3)	0.237	0.686**	1										
مقاومت روزنه‌ای pore resistance (X4)	-0.459*	0.218	0.33*	1									
طول برگ The length leaf (cm). (X5)	0.03	-0.282	-0.242	0.319*	1								
آخرین برگ سطح Last leaf area (cm <sup>2</sup> ). (X6)	-0.1	0.368*	-0.347*	0.408**	0.771**	1							
وزن دانه (g) Grain weight (X7)	-0.19	0.717**	0.943*	0.406**	0.348*	0.445*	1						
عرض برگ Width leaf (cm). (X8)	-0.03	0.468**	0.443*	0.476**	0.687**	0.861*	0.514**	1					
عملکرد دانه (m <sup>2</sup> ) Grain yield (m <sup>2</sup> ). (X9)	-0.23	0.651**	0.855*	0.339*	0.334*	0.398*	0.879**	0.467**	1				
فاصله گره بلال (cm) The distance of the cob node (X10)	-0.128	0.317*	0.573*	0.465**	0.138	0.217	0.474**	0.301*	0.539*	1			
تعداد برگ های افتاده Number of fallen leaves (X11)	0.147	0.173	0.318*	0.380**	-0.269	-0.255	0.323*	0.307*	-0.26	-0.153	1		
قطر بلال (cm) Cob diameter. (X12)	0.386**	0.542**	0.774*	0.098	0.244	0.226	0.793**	0.235	0.704*	0.319*	-0.25	1	
قطر چوب بلال woody ring diameter (X13)	0.317*	0.502**	0.675*	0.078	0.094	0.058	0.620**	0.192	0.535*	0.22	-0.172	0.702*	1

\* و \*\* به ترتیب همبستگی پیرسون معنی دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.

\*and\*\*: significantly Pearson's correlation at the ( $p<0.05$ ) and ( $p<0.01$ ) probability level, respectively.

- AL-Amery, N. J. & Mohammed, M. M. (2017). Influence of adding ascorbic acid and yeast on growth and yield and rhizobium of snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under irrigation with saline water. *Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 10(10), 23-28.
- Bangar, P., Chaudhury, A., Tiwari, B., Kumar, S., Kumari, R., & Bhat, K. V. (2019). Morphophysiological and biochemical response of mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) varieties at different developmental stages under drought stress. *Turkish Journal of Biology*, 43(1), 58-69. <https://doi.org/10.3906/biy-1801-64>
- Berti, M. T., & Johnson, B. L. (2008). Growth and development of cuphea. *Industrial Crops and Products*, 27(3), 265-271. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2007.10.02>
- Bhargavi, B., Kalpana, K., & Reddy, J. K. (2017). Influence of water stress on morphological and physiological changes in *Andrographis paniculata*. *International Journal of Pure and Applied Bioscience*, 5, 1550-1556. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2025.01.038>
- Barat Zadeh, S., Saki Nejad, T. & Babaei Nejad, T. (2019). Effect of potassium nano-chelate and ascorbic acid on grain yield and some qualitative characteristics of cowpea (*Vigna unguiculata* L., Kamran cultivar). *Quarterly Journal of Plant Production*, 9(2), 150-159. (In Persian).
- Basaki, T., Pkirstan, B. & Khayyam Nakobi, M. (2016). The effect of irrigation cut-off time on water use efficiency and proline content of six sweet corn cultivars under Milajard climatic conditions. *Scientific-research quarterly of Crop Plant Biotechnology*, 20(7), 23-7. (In Persian).
- Bollero, G. A., Bullock, D. G. & Hollinger, S. E. (1996). Soil temperature and planting date effects on effects on corn yield, leaf area and plan development. *Agronomy Journal*, 88, 385-390. <https://doi.org/10.2134/agronj1996.00021962008800030005x>
- De Oliveira Maia Júnior, S., de Andrade, J. R., dos Santos, C. M., Silva, A. L. J., Endres, L., Silva, J. V. & dos Santos Silva, L. K. (2020). Osmoregulators accumulation minimizes the effects of drought stress in sugarcane and contributes to the recovery of photochemical efficiency in photosystem II after rewatering. *Acta Physiologiae Plantarum*, 42(4), 1-11. <https://doi.org/10.1007/s11738-020-03050-y>
- Drikvand, T., Modares-Sanavy, S. A. M., AghaAlikhani, M. & Heidarzadeh, A. (2021). Effect of potassium silicate, calcium chloride and nanosilicate on yield, yield components, photosynthetic pigments and proline in sweet corn under different irrigation regimes. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 53(1), 39-54. (In Persian). <https://doi.org/10.22059/ijfcs.2021.284502.654624>
- Ebrahimi, M., Behmanesh, J., Rezaverdinejad, V., Varshavian, V., Azad, N. & Bahmani, O. (2023). Dynamic indices and yield of sweet corn in subsurface drip irrigation system. *Journal of Water and Soil Conservation*, 29(4), 115-132. (In Persian). <https://doi.org/10.22069/jwsc.2023.20734.3590>
- EL Sabagh, A., Barutçular, C. & Saneoka, H. (2015). Assessment of drought tolerance maize hybrids at grain growth stage in Mediterranean area. *Agricultural, Food and Biotechnological Engineering*, 9, 962-965.
- FAOSTAT. (2021). Food and Agricultural Organization Statistical Database. Rome, Italy: FAO. <http://faostat.fao.org>
- Fahim, S., Ghanbari, A., Naji, A. M., Shokohian, A. A., & Maleki Lajayer, H. (2023). Impact of drought stress on morphological and physiological traits in some Iranian grape cultivars. *Journal of Plant Process and Function*, 11(47), 249-266. (In Persian). <https://doi.org/20.1001.1.23222050.1399.27.1.3.5>
- Farhadi, H., Azizi, M. & Nemati, S. H. (2017). The effect of water deficit stress on morphological characteristics and yield

- components of landraces (*Trigonella foenum-graecum* L.) fenugreek eight. *Crop Science Research in Arid Regions*, 1(1), 120-132. (In Persian).  
<https://doi.org/10.1001.1.2423611.1396.1.1.10.7>
- Farhangpour, M., Barzegar, T., Nekounam, F. & Nikbakht, J. (2023). Growth, physiological responses and water use efficiency of eggplant to foliar spray of L-cysteine and calcium lactate under deficit irrigation condition. *Journal of Vegetables Sciences*, 13(1), 01-22. (In Persian).  
<https://doi.org/10.22034/IUVS.2022.56114.8.1232>
- Farrokhi nia, M., Roshdi, M., Pasbaneslam, B. & Sasandoost, R. (2011). Effect of drought stress on seed yield and several morphological traits of safflower. *Journal of Agricultur Sciences*, 5(3):545-553.
- Ghassemi, S., Ghassemi-Golezani, K. & Salmasi, S. Z. (2019). Changes in antioxidant enzymes activities and physiological traits of ajowan in response to water stress and hormonal application. *Scientia Horticulturae*, 246: 957-964.  
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.11.086>
- Ghassemi, A., Farzaneh, S. & Moharramnejad, S. (2020). Impact of ascorbic acid on seed yield and its components in sweet corn (*Zea mays* L.) under drought stress. *Journal of Plant Physiology and Breeding*, 10(1), 41-49.  
<https://doi.org/10.22034/jppb.2020.12492>
- Ghanbari, M., Mokhtassi-Bidgoli, A., Ghanaei-Pashaki, K. M. & Talebi-Siah Saran, P. (2022). The effect of urea and solopotass on morpho-physiological and biochemical characteristics of super sweet corn (*Zea mays* var Basin) in in response to different irrigation regimes. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 14(4), 961-975. (In Persian).  
<https://doi.org/10.22077/escs.2020.3209.18.23>
- Ghobadi, R., Shirkhani, A. & Jalilian, A. (2015). Effects of water stress and nitrogen fertilizer on yield, its components, water and nitrogen use efficiency of corn (*Zea mays* L.) cv. SC. 704. *Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazandegi)*, 104, 79-87. (In Persian).
- Hafiz Saad, B. M., Jehanzeb, F., Tahira, B. & Tariq, M. (2015). Cluster and principle component analysis of maize accessions under normal and water stress conditions. *Journal of Agricultural Sciences*, 60(1), 33-48. <https://doi.org/10.2298/JAS1501033M>
- Hosseini, H., Farhamand, H. & Safari, V. R. (2014). The effect of foliar spraying of ascorbic acid, thiamine and benzyl adenine on parameters related to growth, flowering and some biochemical characteristics of parsley flower (*Tagetes erecta* L.). *Journal of plant products*, 38(2), 26-36. (In Persian).
- Hayati, M., Maleki, A., Mozaffari, A. & Babaei, F. (2020). Simultaneous effects of deficit irrigation and transpiration reducer on yield and yield components of corn (*Zea mays* L.) single cross 704. *Journal of Agroecology*, 12(3), 389-411. (In Persian).  
<https://doi.org/10.22067/jag.v12i3.74753>
- Hafez, Y. M., Mourad, R. Y., Nasr, E. B., Attia, K. O. T. B., Abdelaal, K. A., Ghazy, A. I. & Mohammed, A. A. (2020). Biochemical and molecular characterization of non-host resistance keys in food crops. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 27(4), 1091-1099.  
<https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2019.12.041>
- Kaya, C., Kirank, H., Higgs, D. & Satali, K. (2002). Sulementary calcim enhances plant growth fruit in strawberry cultivars growth at high (NaCl) salinity. *Journal of Science Horticulture*, 93, 65-75.  
[https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(01\)00313-2](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(01)00313-2)
- Kheyri, M. (2006). Plant response to environmental stress. *Turkish Journal of Agriculture and Physiology*, 92, 696-717.
- Karmollachaab, A., Siadat, A., Hamdi, H., Monjezi, H. & Kochakzadeh, A. (2017). Effect of filter cake on physiological traits and ear yield of sweet corn under late drought stress condition. *Journal of Agroecology*, 9(2), 421-432. (In Persian).  
<https://doi.org/10.22067/jag.v9i2.43665>
- Khalil Vand, A. (2006). The effect of water stress and crop density on the yield and yield components of Azargol sunflower hybrid.

- Master's thesis, Department of Agriculture, Islamic Azad University, Tabriz branch.
- Kara, B. (2011). Fresh ear yield and growing degree-days of sweet corn in different sowing dates in Southwestern Anatolia Region. *Turkish Journal of Field Crops*, 16(2), 166-171.
- Kalantar Ahmadi, S. A., Ebadi, A., Daneshian, J., Siadat, S. A. & Jahanbakhsh, S. (2017). 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). <https://doi.org/20.1001.1.15625540.1395.18.3.2.5>
- Mahdavi-fard, M., Rezaei Nejad, A. H. & Mousavi-fard, S. (2020). Effect of light intensity and ascorbic acid on some morphological and physiological characteristics of *Zinnia elegans* L. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 32(4), 954-967. (In Persian). <https://doi.org/20.1001.1.23832592.1398.32.4.4.3>
- Mokhtarpor, H., Mosavat, S. A., Bezi, M. T. & Saberi, A. R. (2007). Effect of sowing and plant density on qualitative and quantitative forage yield of Sweet corn KSC 403 in spring sowing. *Seed and Plant Improvement Journal*, 23, 473-487. (In Persian).
- Mohammadkhani, A., Pourgholam Amiji, M., Sohrabi, T. & Liaqat, A. (2019). The effect of different levels of water stress in two surface and subsurface strip drip irrigation systems on corn yield and water efficiency. *Water and Irrigation Management*, 10(2), 247-264. (In Persian). <https://doi.org/10.22059/jwim.2020.298096.767>
- Malik, S., & Ashraf, M. A. (2012). Exogenous application of ascorbic acid stimulates growth and photosynthesis of wheat (*Triticum aestivum* L.) under drought. *Soil and Environment*, 31(1), 72-77.
- Moharramnejad, S., Valizadeh, M., Sofalian, O., Shiri, M. R. & Asghari, A. (2017). Effect of water deficit stress on agronomic traits and superoxide dismutase (Mn-SOD) activity in three maize (*Zea mays* L.) hybrids. *Cereal Research*, 6(4), 521-531. (In Persian). <https://doi.org/20.1001.1.22520163.1395.6.4.9.3>
- Noman, A., Ali, S., Naheed, F., Ali, Q., Farid, M., Rizwan, M. & Irshad, M. K. (2015). Foliar application of ascorbate enhances the physiological and biochemical attributes of maize (*Zea mays* L.) cultivars under drought stress. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 61(12), 1659-1672. <https://doi.org/10.1080/03650340.2015.1028379>
- Naderi Bani, A., Gholami Sefidkahi, M., & Kamali, M. (2018). Investigating the effect of local surface and subsurface irrigation on sweet corn yield. P 123-139. *The 15th National Conference on Irrigation and Evaporation Reduction*, Kerman. (In Persian).
- Narimani, R., Moghaddam, M., Nemati, S. H. & Ghasemi Pirbaluti, A. (2019). Evaluation of salinity adjusted by using humic acid and ascorbic acid in medicinal plant of moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.). *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 31(4), 956-971. (In Persian). <https://doi.org/20.1001.1.23832592.1397.31.4.17.9>
- Nahed, G, A., El-Aziz, A., Fatma, E. Z., & Farhat, M. M. (2007). Response of vegetative growth and some chemical constituents of *synogonium podophyllum* to foliar application of thiamine, Ascorbic acid and kinetin at Nurbaria. *World Journal of Agriculture Sciences*, 3(3): 301-305.
- Omara, R. I., El-Kot, G. A., Fadel, F. M., Abdelaal, K. A. & Saleh, E. M. (2019). Efficacy of certain bioagents on pathophysiological characters of wheat plants under wheat leaf rust stress. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 106, 102-108. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2018.12.010>
- Plett, S. (1992). Comparison of seasonal thermal indices for measurement for measurement of corn maturity in a Prairie environment. *Can Journal of Plant Science*,

- 72, 1157-1162.  
<https://doi.org/10.4141/cjps92-141>
- Paseban Eslam, B. (2011). Investigation of the possibility of delayed cultivation of rapeseed (*Brassica napus* L.) in East Azerbaijan. *Journal of Crop Seedlings and Seeds*, (2): 3-27 (In Persian).
- Raeesi Sadati, S. Y., Godekahriz, S. J., Ebadi, A. & Sedghi, M. (2021). Effect of zinc oxide nanoparticles on some biochemical and morphological characteristics of wheat under drought conditions. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*. 31(2), 233-250. (In Persian).  
<https://doi.org/10.22034/saps.2021.13106>
- Sadeghi Ghahnasir, A., Aboutalebi Jahromi, A., Behrooznam, B., Hassanzadeh Khankahdani, H. & Ejraei, A. (2023). The influence of foliar application of humic acid, amino acid and extract of *Otostegia persica*, *Artemisia abrotanum* and *Teucrium polium* medicinal plants on yield and yield components of tomato (*Solanum lycopersicum*). *Journal of Vegetables Sciences*, 13(1), 113-130. (In Persian).  
<https://doi.org/10.22034/IUVS.2022.1971285.1241>
- Shahim Germi, S., Farahvash, F., Mirshekari, B., Khalilvand Behrouzyar, E. & Yarnia, M. (2021). Effect of foliar application of nano titanium dioxide and ascorbic acid on ear weight and some biochemical traits of sweet corn (*Zea mays* var *saccharata*) under water deficit tension conditions. *Crop Physiology Journal*, 13(51), 59-79. (In Persian).
- Srivastava, S., & Srivastava, M. (2014). Morphological changes and antioxidant activity of *Stevia rebaudiana* under water stress. *American Journal of Plant Sciences*, 5, 3417-3422.  
<https://doi.org/10.4236/ajps.2014.522357>
- Stefanelli, D., Goodwin, I. & Jones, R. (2010) Minimal nitrogen and water use in horticulture: Effects on quality and content of selected nutrients. *Food Research International*, 43, 1833-1843.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.04.022>
- 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), 2944.  
<https://doi.org/10.1038/s41598-020-59689-7>
- Taqi, A. K., Mazid, M. & Firoz, M. (2011). A review of ascorbic acid potentialities against oxidative stress induced in plants. *Journal of Agrobiology*, 28(2), 97-111.
- Torabi Giglou, M., Heydarnajad Giglou, R., Azarmi, R., Salimi, G., Maleki Lajayer, H., Mokhtari, A. M. & Bagherian, M. (2023). Effects of kitoplus and chitosan coated Iron nano-oxide on morphophysiological properties of peppermint under drought stress. *Journal of Vegetables Sciences*, 6 (2), 135-146. (In Persian).  
<https://doi.org/10.22034/iuvs.2022.546896.1196>
- 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 mays* L.) under water deficit stress. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 48(2), 365-375. (In Persian).  
<https://doi.org/10.22059/ijfcs.2017.140380.654018>
- Wang, B., Liu, C., Zhang, D., He, C., Zhang, J. & Li, Z. (2019). Effects of maize organ-specific drought stress response on yields from transcriptome analysis. *BMC Plant Biology*, 19(1): 335.  
<https://doi.org/10.1186/s12870-019-1941-5>
- Zahid, Z., Khan, M. K. R., Hameed, A., Akhtar, M., Ditta, A., Hassan, H. M. & Farid, G. (2021). Dissection of drought tolerance in upland cotton through morphophysiological and biochemical traits at seedling stage. *Frontiers in Plant Science*, 12, 1-20.  
<https://doi.org/10.3389/fpls.2021.627107>