

Changes in Morphological Traits and Grain Yield of maize in Response to Salicylic Acid under Drought Stress

Seyyed Amirreza Mousavi¹, Kazem Ghassemi-Golezani^{2*}

Received: 16 May 2022 Accepted: 09 August 2022

1- Dept. of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

2- Prof., of Crop Science in Dept. of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

*Corresponding Author Email: golezani@gmail.com

Abstract

Background and objectives: Due to the water limitation in Iran and the widespread use of maize in human and animal feeding, this research was carried out to evaluate the effects of different salicylic acid levels on some morphological traits and grain yield of this crop under drought stress during reproductive stages.

Materials & Methods: A field experiment was conducted as a split-plot based on a randomized complete block design with three replications in 2020 to investigate the effect of salicylic acid (SA) levels (0, 1, 2 and 3 mM) on morphological traits, grain yield and yield components of maize under normal irrigation and irrigation disruptions at reproductive stages. Irrigation and SA levels were assigned to the main and sub plots, respectively.

Results: The results revealed that irrigation disruptions from initial flowering up to maturity caused a significant decrease in the mean plant height, ear length, grains per ear and plant, 1000-grain weight, grain yield, plant biomass and harvest index. Foliar spray of salicylic acid especially with 3 mM concentration increased most of these traits as well as 1000-grain weight, leading to an improvement in grain yield per unit area. The 1000-grain weight, harvest index, plant biomass, ear length, grains per plant and ear had the highest positive correlation with grain yield of maize.

Conclusion: Water supply during grain filling stage is necessary to obtain a higher yield in maize. Foliar application of 3 mM salicylic acid was the superior treatment for increasing maize yield under normal and limited irrigation conditions.

Keywords: Plant Height, Drought Stress, Growth Regulator, Maize, Grain Yield

تغییرات صفات مورفولوژیکی و محصول دانه ذرت در واکنش به سالیسیلیک اسید تحت تنش خشکی

سید امیررضا موسوی^۱، کاظم قاسمی گلعدانی^{۲*}

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۲/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۵/۱۸

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۲- استاد گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

*مسئول مکاتبه: Email: golezani@gmail.com

چکیده

اهداف: با توجه به محدودیت آب در ایران و استفاده گسترده ذرت در تغذیه انسان و دام، در این پژوهش اثر سطوح سالیسیلیک اسید روی برخی صفات مورفولوژیکی و محصول دانه این گیاه زراعی تحت تنش خشکی در مراحل زایشی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

مواد و روش‌ها: یک آزمایش مزرعه‌ای به صورت اسپلیت پلات بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۹ اجرا گردید تا اثر محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید (۰، ۱، ۲ و ۳ میلی‌مولار) بر صفات مورفولوژیکی، اجزای محصول و محصول دانه ذرت تحت تیمارهای آبیاری معمول و قطع آبیاری در مراحل زایشی مورد بررسی قرار گیرد. سطوح آبیاری و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید به ترتیب در کرت‌های اصلی و فرعی قرار گرفتند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که قطع آبیاری از آغاز گلدهی تا رسیدگی سبب افت میانگین ارتفاع بوته، طول بلال، تعداد دانه در بلال و بوته، وزن هزار دانه، محصول دانه، وزن بوته و شاخص برداشت شده است. محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید به‌ویژه با غلظت ۳ میلی‌مولار موجب افزایش میانگین اغلب این صفات و نیز وزن هزار دانه شد که منجر به بهبود محصول دانه در واحد سطح گردید. وزن هزار دانه، شاخص برداشت، وزن بوته، طول بلال، تعداد دانه در بوته و بلال بیشترین همبستگی مثبت را با محصول دانه ذرت داشتند.

نتیجه‌گیری: تأمین آب در مرحله پر شدن دانه برای دستیابی به محصول بیشتر در ذرت ضروری است. محلول‌پاشی ۳ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید تیمار برتر برای افزایش محصول دانه ذرت در شرایط آبیاری معمول و محدود بود.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع بوته، تنش خشکی، تنظیم‌کننده رشد، ذرت، محصول دانه

مقدمه

کاهش اساسی در عملکرد گیاهان زراعی منجر می‌گردد (شمی و همکاران ۲۰۲۱).

تنش خشکی اثرات گوناگونی بر گیاهان دارد و بسیاری از ویژگی‌های مورفولوژیکی و فرایندهای فیزیولوژیکی مرتبط با رشد و توسعه گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (لیو و کین ۲۰۲۱). تنش خشکی به بسته شدن روزنه‌ها، کاهش شدت تعرق، کاهش پتانسیل آب بافت-های گیاه، کاهش فتوسنتز و مهار رشد، سنتز پروتئین‌ها

از دیاد روزافزون جمعیت جهان، بروز خشکسالی‌های پی در پی و محدودیت منابع آبی بر اهمیت بیش از پیش بررسی واکنش‌های گیاهان زراعی به تنش خشکی می‌افزاید. ایران از لحاظ اقلیمی از مناطق خشک و نیمه‌خشک کره زمین محسوب می‌شود و در اکثر نقاط آن، آب یک منبع محدود می‌باشد. طبیعی است که تحت چنین شرایطی بسته به زمان، میزان و توزیع بارش‌ها، تنش خشکی به

افزایش مقاومت گیاهان به تنش خشکی از راه‌های مختلف مانند به‌نژادی و استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد امکان‌پذیر است. در مقایسه با روش‌های به‌نژادی که اغلب بلندمدت و هزینه‌بر هستند، استفاده از مواد تنظیم‌کننده رشد مانند سالیسیلیک اسید آسان‌تر و ارزان‌تر است (عباس‌پور و رضایی ۲۰۱۴). سالیسیلیک اسید یا اورتو‌هیدروکسی بنزوئیک اسید یک ترکیب فنلی گیاهی است که به‌عنوان یک تنظیم‌کننده هورمونی مورد توجه است و در راهبردهای دفاعی برای مقابله با اثرات منفی تنش‌های زیستی و محیطی نقش دارد. کاربرد سالیسیلیک اسید موجب افزایش مقاومت گیاهان به تنش خشکی و شوری می‌شود (پروین و همکاران ۲۰۲۱). این هورمون اثرات مهمی بر جذب عناصر معدنی، پایداری غشا و روابط آبی، عملکرد روزنه‌ها و بازدارندگی سنتز اتیلن و بهبود رشد گیاهان دارد (قاسمی‌گل‌عزانی و همکاران ۲۰۱۵). سالیسیلیک اسید بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیکی و رشد گیاهان را تنظیم و سبب سازگاری گیاهان به تنش‌های محیطی می‌شود. گزارش شده است که کاربرد سالیسیلیک اسید با افزایش رشد ریشه (شائو و همکاران ۲۰۱۸) و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان (قاسمی‌گل‌عزانی و همکاران ۲۰۱۹) دسترسی به آب و در نتیجه محصول دانه را افزایش می‌دهد (شائو و همکاران ۲۰۱۸). گزارش شده است که کاربرد سالیسیلیک اسید با افزایش وزن هزار دانه، اثرات منفی تنش خشکی بر افت محصول دانه ذرت را تعدیل کرده است (شمی و همکاران ۲۰۲۱).

کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد مانند سالیسیلیک اسید سبب افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌های زیستی و غیر زیستی می‌شود و به‌عنوان یک راهبرد برای جلوگیری از اثرات مخرب تنش‌های محیطی است (کریم و همکاران ۲۰۱۹). با توجه به مشکلات کم‌آبی در کشور و استفاده گسترده ذرت در صنایع غذایی، تغذیه دام و طیور و مصارف صنعتی، در این پژوهش اثر غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید روی برخی صفات مورفولوژیکی و محصول و اجزای محصول دانه این گیاه زراعی مهم تحت تنش خشکی در مراحل زایشی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

و mRNA جدید، تشکیل ترکیبات مهارکننده رادیکال آزاد (آسکوربات، گلوکاتایون و آلفا توکوفرول) و تجمع املاح منجر شده و بیان ژن‌های ویژه تنش را القا می‌کند. تولید بیش از حد گونه‌های فعال اکسیژن اثرات منفی کم-آبی را تشدید می‌کند (لیو و کین ۲۰۲۱). عوامل تنش‌زا مانند خشکی در طول رشد گیاه تخصیص مواد به دانه‌ها را کاهش می‌دهند و در نتیجه منجر به تولید دانه کمتر و اغلب کوچک‌تر می‌شوند. کاهش محصول دانه به‌طور عمده از کاهش شاخص سطح برگ در زمان حداکثر گلدهی، دوره مؤثر پر شدن دانه و کاهش اندازه نهایی دانه ناشی می‌گردد (قاسمی‌گل‌عزانی و همکاران ۲۰۱۹). همچنین، گزارش شده است که تنش خشکی با کاهش شاخص پایداری غشا، هدایت روزنه‌ای و سرعت فتوسنتز خالص سبب افت عملکرد گندم شده است (خالوندی و همکاران ۲۰۲۱).

ذرت (*Zea mays* L.) از غلات مهم و با ارزش مناطق گرمسیر و معتدل جهان است که از نظر تولید اولین غله محسوب می‌شود (سوهاگ و همکاران ۲۰۲۰) و غذای اصلی تعداد زیادی از مردم آمریکای مرکزی و جنوبی، آسیا و آفریقا را تشکیل می‌دهد. در اروپا هم به‌صورت فرآورده‌های متنوع مورد استفاده قرار می‌گیرد (دولتمندشهری و طهماسبی ۱۳۹۶). تنش خشکی مهم‌ترین عامل محدود کننده رشد و عملکرد غلات دانه‌ای مانند ذرت است. در ایران، کشت ذرت در سال‌های اخیر رونق زیادی یافته و استفاده از آن در تغذیه دام و طیور و مصارف صنعتی مورد توجه قرار گرفته است. از طرفی، تأمین آب مورد نیاز در مراحل رویشی و زایشی ذرت اهمیت دارد (رضایی سوخت آبدانی ۲۰۱۸). آثار منفی ناشی از تنش کم‌آبی بر رشد و نمو ذرت بستگی به زمان وقوع، شدت تنش و ژنوتیپ گیاه دارد (نوردخت و فرج‌زاده معماری ۲۰۱۸). به دلیل این‌که در ایران بخش کشاورزی با مصرف بیش از ۹۰ درصد از منابع آب، بزرگ‌ترین مصرف کننده آب به شمار می‌آید، هرگونه صرفه‌جویی در این بخش کمک مؤثری به صرفه‌جویی در منابع آب می‌نماید (کریمی و همکاران ۲۰۲۰).

مواد و روش‌ها

مشخصات محل اجرای آزمایش مزرعه‌ای

۲۰۱۵). میانگین بارش سالیانه (۲۰۲۰) حدود ۲۸۰/۷۵ میلی‌متر و میانگین حداقل و حداکثر دما به ترتیب ۷/۳ و ۱۸/۷ درجه سانتی‌گراد بوده است.

خصوصیات خاک مزرعه

نمونه خاکی از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری قطعه زمین مورد نظر تهیه و در آزمایشگاه دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز تجزیه شد. نتایج حاصل از تجزیه خاک در جدول ۱ درج گردیده است.

این پژوهش در سال ۱۳۹۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز اجرا گردید. این محل با ارتفاع ۱۳۶۰ متر از سطح دریای آزاد، در طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۷ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۳ دقیقه قرار دارد. این منطقه، دارای زمستان‌های سرد و تابستان‌های گرم است (دین‌پژوه و همکاران

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

کلاس بافت خاک	عناصر قابل جذب (mg.kg ⁻¹)									نیترژن کل (%)	کربن آلی (%)	هدایت الکتریکی (dS.m ⁻¹)	pH گل اشباع	عمق (cm)
	اجزای معدنی خاک (%)	رس	سیلت	شن	Zn	Fe	Cu	K	P					
لوم شنی	۷۳	۱۴	۱۳	۰/۹۶	۲/۷	۰/۷۱	۲۵۹	۱۳/۷	۰/۱۴	۱/۴	۱/۶۱	۷/۸	۰-۳۰	

عملیات مزرعه‌ای

در فروردین سال ۱۳۹۹ با مساعد شدن شرایط اقلیمی، آماده‌سازی زمین با انجام یک شخم بهاره و دیسک‌زنی صورت گرفت. در مرحله بعد، پس از ایجاد جوی و پشته نسبت به کرت‌بندی زمین اقدام شد. برای اجرای این تحقیق، بذره‌های ذرت (رقم میان‌رس MV۵۲۴، سینگل‌کراس با طول دوره رشد حدود ۴/۵ ماه) از شرکت ماکسیمیا تهیه شد. هر واحد آزمایشی دارای چهار ردیف کاشت به طول ۵ متر و فاصله ۵۰ سانتی‌متر بود. بذره‌های ذرت با بنومیل به نسبت دو در هزار ضدعفونی شده بودند. این بذرها در ۳۰ اردیبهشت ۱۳۹۹ در عمق ۴-۵ سانتی‌متری با فاصله ۲۰ سانتی‌متر در ردیف‌ها کاشته شدند تا تراکم ۱۰ بوته در مترمربع حاصل گردد. بعد از کاشت، کلیه واحدهای آزمایشی آبیاری شدند. پس از استقرار کامل گیاهچه‌ها، آبیاری‌های بعدی با فاصله ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A انجام شد (قاسمی گل‌دانی و همکاران ۲۰۱۷). قطع آبیاری بر اساس تیمارهای مورد نظر در مراحل زایشی (قطع آبیاری از آغاز گلدهی تا تشکیل دانه و قطع

آبیاری از آغاز گلدهی تا رسیدگی) صورت گرفت. آب‌پاشی و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید در مراحل رویشی و زایشی و قبل از طلوع آفتاب و زمان‌هایی که وزش باد وجود نداشت، با سم‌پاش دستی انجام گرفت. وجین علف‌های هرز به صورت دستی و در ۳ مرحله (پس از استقرار گیاهچه‌ها، ۴ و ۹ برگی گیاه) انجام شد. خاک‌دهی پای بوته‌ها نیز در دو مرحله ۴ و ۹ برگی انجام گرفت. کود اوره به مقدار ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار به صورت سرک (۵۰ درصد در زمان کاشت و ۵۰ درصد در مرحله ۸ برگی ذرت) به خاک اضافه گردید.

طرح آزمایشی

آزمایش مزرعه‌ای به صورت اسپلیت‌پلات بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل آبیاری در سه سطح (I₁, I₂, I₃): به ترتیب آبیاری معمول با فاصله ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A، قطع آبیاری از آغاز گلدهی تا تشکیل دانه و قطع آبیاری از آغاز گلدهی تا رسیدگی) و محلول‌پاشی

اثر متقابل آبیاری \times محلول‌پاشی ارتفاع بوته را تحت تأثیر قرار ندادند (جدول ۲). قطع آبیاری از گلدهی تا رسیدگی موجب کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته ذرت شد. ارتفاع بوته در تیمار آبیاری معمول (I_1) و قطع آبیاری از آغاز گلدهی تا تشکیل دانه از نظر آماری مشابه بود (جدول ۳). کاهش ارتفاع گیاه در شرایط تنش خشکی ناشی از کاهش فشار آماس و متعاقب آن کاهش تقسیم و رشد سلول می‌باشد (حسین و همکاران ۲۰۱۹). کاهش ارتفاع بوته بر اثر تنش خشکی می‌تواند به دلیل کاهش فاصله میانگره و همچنین کاهش غلظت هورمون‌های محرک رشد (جیبرلین و سیتوکنین) باشد (بتایب و همکاران ۲۰۰۹).

قطر طوقه

در این پژوهش کمبود آب و محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید، قطر طوقه ذرت را تحت تأثیر قرار ندادند (جدول ۲). این نتیجه را می‌توان با وقوع تنش خشکی در مراحل زایشی و عدم وقوع آن در مراحل رویشی ذرت مرتبط دانست.

طول بلال

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به طول بلال نشان داد که اختلاف بین تیمارهای آبیاری و محلول‌پاشی از نظر طول بلال معنی‌دار گردید. اثر متقابل این عوامل بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲). قطع آبیاری از آغاز گلدهی تا تشکیل دانه (I_2) و قطع آبیاری از گلدهی تا رسیدگی (I_3) به ترتیب موجب کاهش ۴/۹ و ۱۵/۵ درصدی طول بلال نسبت به شرایط آبیاری معمول (I_1) شدند (جدول ۳). بیشترین طول بلال مربوط به محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید با غلظت ۳ میلی‌مولار بود که نسبت به آب‌پاشی افزایش ۸/۱ درصدی داشت، ولی بین سطوح ۲ و ۳ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید تفاوت معنی‌داری از این لحاظ وجود نداشت (جدول ۳). به نظر می‌رسد کاهش طول بلال و سایر ویژگی‌های مورفولوژیکی مانند ارتفاع بوته (جدول ۳) تحت شرایط کمبود آب به‌طور عمده از کاهش محتوای کلروفیل و شاخص سطح

سالیسیلیک اسید با غلظت‌های ۱، ۲ و ۳ میلی‌مولار و آب-پاشی (شاهد) در مراحل رویشی (۸ تا ۹ برگه بوته‌های ذرت) و زایشی (۵۰ درصد گلدهی) بودند.

صفات مورد بررسی

صفات مورفولوژیکی

در زمان رسیدگی دانه‌ها (۱۲۵ روز پس از کاشت)، ۱۰ بوته از هر واحد آزمایشی برداشت شده و ارتفاع بوته و طول بلال (توسط خط‌کش) و قطر طوقه (توسط کولیس) اندازه‌گیری گردیدند.

محصول و اجزای محصول دانه

در موقع رسیدگی، بوته‌های موجود در یک مترمربع از هر واحد آزمایشی (۱۰ بوته) برداشت گردید. سپس تعداد بلال در بوته شمارش شد و دانه‌ها از بلال‌ها جدا گردیدند. بر این اساس محصول دانه در مترمربع تعیین شد. از محصول دانه هر واحد آزمایشی هشت نمونه صدتایی شمارش و توزین گردید و سپس میانگین وزن هزار دانه آن‌ها محاسبه شد. با تعیین وزن هر دانه و محصول دانه، تعداد دانه در بلال و بوته نیز برآورد گردید. بخش هوایی بوته‌ها در آونی با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شد و با ترازویی تا دو رقم اعشار بر حسب گرم توزین گردید. در نهایت، از مجموع محصول دانه و اندام هوایی، وزن بوته در واحد سطح محاسبه شد. شاخص برداشت دانه نیز از نسبت محصول دانه به وزن بوته محاسبه گردید.

تجزیه‌های آماری

داده‌ها پس از آزمون نرمال بودن و یکنواختی واریانس‌ها، با نرم‌افزار MSTAT-C تجزیه شدند. میانگین داده‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه گردید.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

بین تیمارهای آبیاری از نظر ارتفاع بوته تفاوت معنی‌داری وجود داشت، اما محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و

محتوای کلروفیل برگ اثرات مثبتی در تقسیم سلولی (عبدالعال و همکاران ۲۰۲۰) و در نتیجه بهبود رشد این گیاه و افزایش طول بلال داشته است.

برگ ناشی شده باشد که بر رشد گیاه و بلال اثر منفی داشته است (پور ابوقداره و همکاران ۲۰۲۰). کاربرد هورمون سالیسیلیک اسید از طریق تأثیر بر صفات مختلف فیزیولوژیکی مانند شاخص پایداری غشا و

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیکی ذرت تحت تیمارهای مختلف آبیاری و محلولپاشی

میانگین مربعات				درجه آزادی	منابع تغییر
تعداد دانه در بلال	تعداد بلال در بوته	طول بلال	قطر طوقه	ارتفاع بوته	
۱۸۵۷/۸۰ *	۰/۰۰۳	۰/۹	۰/۳۷	۱۴۰/۱۸ **	تکرار
۴۳۶۳/۴۲ **	۰/۰۰۱	۲۴/۶۷ **	۳/۳۲	۹۸۵/۷۷ **	آبیاری (I)
۱۶۸/۲۱	۰/۰۰۱	۰/۶۶	۲/۰۲	۴/۳۲	خطای اصلی
۷۵۰/۷۲	۰/۰۰۲	۳/۲۷ *	۳/۳۲	۱۵۳/۲۶	محلولپاشی (F)
۱۰۴/۹۴	۰/۰۰۱	۱/۴۵	۶/۱۸	۶۹/۶۳	F × I
۵۴۶/۷	۰/۰۰۱	۰/۷۹	۴/۶۸	۸۵/۹۷	خطای فرعی
۶/۰۱	۳/۱۹	۵/۳۲	۸/۸۳	۴/۱۴	ضریب تغییرات (%)

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می باشد.

جدول ۳- میانگین صفات مورفولوژیکی ذرت تحت تیمارهای مختلف آبیاری و محلولپاشی

تعداد دانه در بلال	طول بلال (cm)	ارتفاع بوته (cm)	آبیاری
۴۰۶/۱ a	۱۸/۰۲ a	۲۳۰/۸ a	I ₁
۳۹۳/۲۳ a	۱۷/۱۲ a	۲۲۷/۱ a	I ₂
۳۶۸/۵۵ b	۱۵/۲۱ b	۲۱۳/۵ b	I ₃
سالیسیلیک اسید (میلی مولار)			
۳۷۸/۹ a	۱۶/۲۱ b	۲۱۸/۵ a	آبپاشی
۳۸۵/۶ a	۱۶/۳۹ b	۲۲۲/۴ a	۱
۳۹۲/۱ a	۱۷ ab	۲۲۶/۸ a	۲
۴۰۰/۳ a	۱۷/۳۵ a	۲۲۷/۳ a	۳

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند. I₁، I₂ و I₃: به ترتیب آبیاری معمول، قطع آبیاری از آغاز گلدهی تا تشکیل دانه و قطع آبیاری از آغاز گلدهی تا رسیدگی

تعداد بلال در بوته

تعداد بلال در بوته ذرت تحت تأثیر آبیاری، محلولپاشی و اثر متقابل آبیاری × محلولپاشی قرار نگرفت (جدول ۲). تعداد بلال در بوته ذرت اغلب تحت کنترل ساختار ژنتیکی است و کمتر تحت تأثیر سایر عوامل قرار می‌گیرد (محمدی بهمدی ۲۰۱۷).

تعداد دانه در بلال

تعداد دانه در بلال ذرت در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر قطع آبیاری در مراحل زایشی قرار گرفت. اثر

محلولپاشی و نیز اثر متقابل قطع آبیاری × محلولپاشی برای این مورد معنی‌دار نگردید (جدول ۲). قطع آبیاری از گلدهی تا رسیدگی موجب کاهش معنی‌دار تعداد دانه در بلال ذرت شد. تعداد دانه در بلال در آبیاری معمول (I₁) و قطع آبیاری از آغاز گلدهی تا تشکیل دانه از نظر آماری مشابه بود (جدول ۳). تنش خشکی موجب پژمردگی کلالة، پسابیدگی دانه‌های گرده و عدم رشد لوله‌های گرده می‌شود که تعداد دانه در بلال را کاهش داده است (وانگ و همکاران ۲۰۱۶). شمی و همکاران

جدول ۴- تجزیه واریانس اجزای محصول و محصول دانه ذرت تحت تیمارهای مختلف آبیاری و محلول پاشی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		تعداد دانه در بوته	وزن هزار دانه	محصول دانه	وزن بوته
تکرار	۲	۱۷۵۲/۷۴	۵۸/۶۷ *	۱۰۱۶۳/۲۹	۳۸۹۲۹/۶۸ *
آبیاری (I)	۲	۵۸۹۱/۹۱ *	۲۱۰۰۷/۵۴ **	۵۱۴۲۲۷/۲۷ **	۴۲۱۹۱۳/۶۹ **
خطای اصلی	۴	۴۲۸/۰۴	۷/۵۳	۲۰۴۳/۱۳	۴۲۰۰/۵۵
محلول پاشی (F)	۳	۱۷۷۱/۶۱	۲۳۶۸/۲۶ **	۷۹۷۹۳/۸۵ **	۳۷۸۸۰/۵۹ **
F × I	۶	۲۱۹/۷۱	۲۵۴/۵۸ *	۴۴۴۴/۶۸	۲۲۸۲/۲۳
خطای فرعی	۱۸	۹۲۴/۵۷	۹۱/۳۳	۵۲۰۴/۲۲	۳۳۴۳/۷۸
ضریب تغییرات (%)	-	۷/۸۱	۴/۱۹	۸/۰۵	۳/۱۱

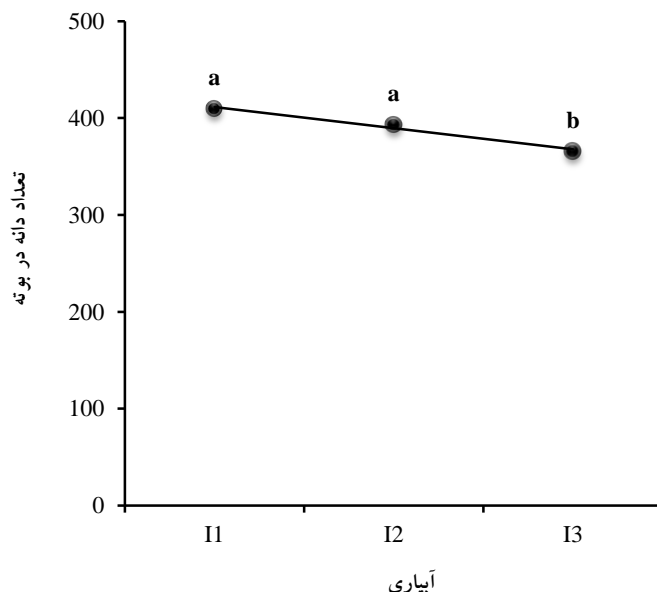
* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می باشد.

(۲۰۲۱) عنوان نمودند که کمبود مواد قابل انتقال در تنش خشکی در مرحله رویشی موجب افت تعداد دانه در اندام زایشی می شود.

تعداد دانه در بوته

تجزیه واریانس داده ها نشان داد که تعداد دانه در بوته ذرت به طور معنی داری تحت تأثیر قطع آبیاری در مراحل زایشی قرار گرفته است. اثر محلول پاشی و اثر متقابل عامل ها برای این صفت معنی دار نشدند (جدول ۴).

بیشترین و کمترین تعداد دانه در بوته به ترتیب مربوط به آبیاری های I_1 و I_3 بود. تعداد دانه در بوته تحت I_1 و I_3 تفاوت معنی داری نداشتند (شکل ۱). کاهش تعداد دانه در بلال (جدول ۳) بر اثر وقوع تنش خشکی در دوره زایشی منجر به کاهش تعداد دانه در بوته گردیده است (شکل ۱). کاهش فتوسنتز و جریان محدود ساکارز از برگ ها به گل ها در تنش کم آبی سبب کاهش تولید دانه بارور شده و به افت تعداد دانه در واحد سطح منجر می گردد (ژانگ و همکاران ۲۰۲۰؛ پروین و همکاران ۲۰۲۱).



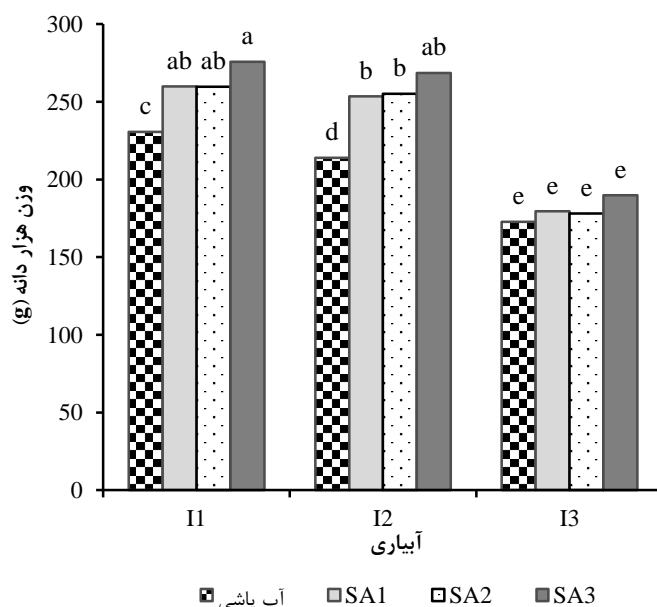
شکل ۱- تعداد دانه در بوته ذرت تحت تیمارهای مختلف آبیاری

I_1 , I_2 و I_3 : به ترتیب آبیاری معمول، قطع آبیاری از آغاز گلدهی تا تشکیل دانه و قطع آبیاری از آغاز گلدهی تا رسیدگی حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد است (آزمون دانکن).

وزن هزار دانه

اثر آبیاری و محلول‌پاشی و نیز اثر متقابل عامل‌ها بر وزن هزار دانه ذرت معنی‌دار شدند (جدول ۴). قطع آبیاری از آغاز گلدهی تا تشکیل دانه (I_2) و قطع آبیاری از گلدهی تا رسیدگی (I_3) موجب کاهش معنی‌دار وزن هزار دانه ذرت گردید. بیشترین وزن هزار دانه با محلول‌پاشی ۳ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید تحت آبیاری معمول حاصل شد. به‌طور کلی، محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید در تیمارهای آبیاری I_1 و I_2 منجر به افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه شد. اما این افزایش در تیمار I_3 معنی‌دار نبود (شکل ۲) که نشانگر محدود شدن اثر افزایشی سالیسیلیک اسید روی وزن هزار دانه ذرت در واکنش به قطع آبیاری در مراحل تشکیل و پر شدن دانه‌ها می‌باشد. این امر از کاهش شدید تولید مواد پرورده در این مراحل ناشی شده است. کاهش وزن هزار دانه در شرایط کمبود آب اغلب به دلیل بسته شدن روزنه‌ها، کاهش تعداد برگ و تولید مواد فتوسنتزی

و مصرف ترکیبات آلی در جهت تنظیم اسمزی است. به همین دلیل، عوامل تنش‌زا مانند خشکی در طول رشد گیاه به‌طور معمول تخصیص مواد فتوسنتزی به دانه‌ها را کاهش داده و به تولید دانه کمتر و اغلب کوچک‌تر منجر می‌شوند (وانگ و همکاران ۲۰۱۶). افزون بر این، هم‌زمانی دوره پر شدن دانه ذرت با روزهای گرم اواخر مرداد و اوایل شهریور به تشدید اثرات خشکی و در نتیجه به کوتاه شدن دوره پر شدن دانه و کاهش وزن هزار دانه در این گیاه منجر می‌گردد. کاربرد سالیسیلیک اسید پر شدن دانه‌ها را بهبود بخشیده و منجر به تولید دانه‌های درشت‌تر در گیاهان تیمار شده با این هورمون می‌شود (شکل ۲). اثرات مثبت سالیسیلیک اسید در افزایش وزن هزار دانه ممکن است نتیجه افزایش شاخص کلروفیل برگ و شاخص سطح برگ در دوره پر شدن دانه‌ها باشد (قاسمی‌گلعدانی و حسین‌زاده‌ماهوتچی ۲۰۱۵).

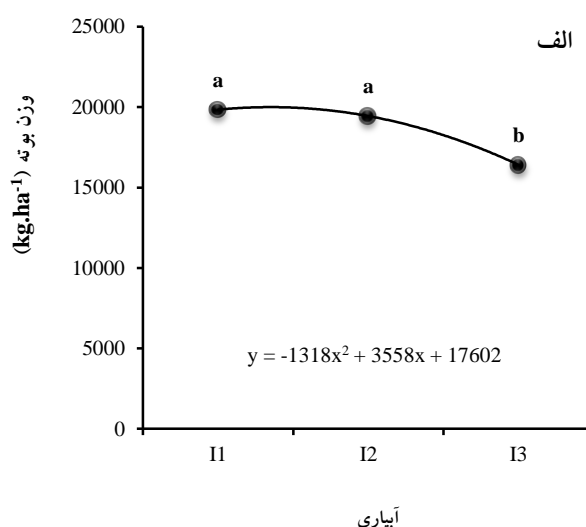
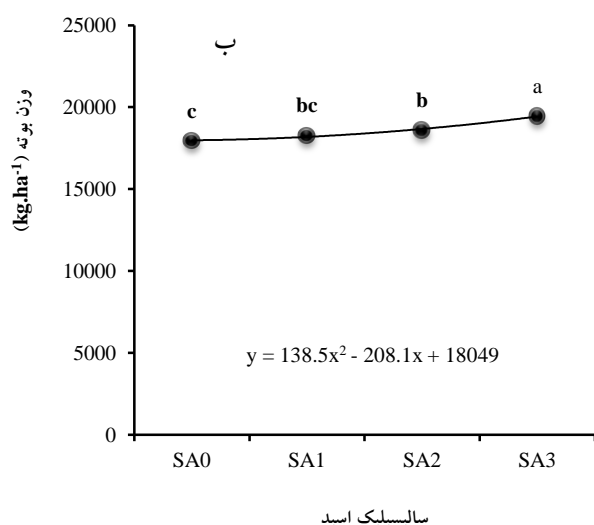


شکل ۲- اثر محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید بر وزن هزار دانه ذرت تحت تیمارهای مختلف آبیاری I_1 ، I_2 و I_3 : به ترتیب آبیاری معمول، قطع آبیاری از آغاز گلدهی تا تشکیل دانه و قطع آبیاری از آغاز گلدهی تا رسیدگی SA_1 ، SA_2 و SA_3 : به ترتیب آب‌پاشی و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید با غلظت‌های ۱، ۲ و ۳ میلی‌مولار حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ است (آزمون دانکن).

وزن بوته

وزن بوته در واحد سطح ذرت به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قطع آبیاری در مراحل زایشی و محلول‌پاشی قرار گرفت، ولی اثر متقابل عامل‌ها برای این صفت غیر معنی‌دار به‌دست آمد (جدول ۴). وزن بوته ذرت با قطع آبیاری در مراحل گلدهی و پر شدن دانه (I_3) افت معنی‌داری پیدا کرد. وزن بوته تحت I_3 ۱۷/۲ درصد کمتر از I_1 بود. بین تیمارهای I_1 و I_3 اختلاف معنی‌داری از این نظر مشاهده نشد (شکل ۳ الف). این نتیجه با روند تغییرات ارتفاع بوته، طول بلال و تعداد دانه در بوته تحت تیمارهای آبیاری (جدول ۳) مطابقت دارد. بیشترین وزن بوته بر اثر محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید با غلظت ۳ میلی‌مولار حاصل شد که نسبت به آب‌پاشی ۸/۳ درصد

افزایش نشان داد. بین سطوح محلول‌پاشی ۱ و ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید تفاوت معنی‌داری از نظر آماری مشاهده نشد (شکل ۳ ب). به دلیل این‌که سنتز املاح سازگار و تجمع آن‌ها به انرژی زیادی نیاز دارد، تجمع املاح تحت تنش کم‌آبی به کاهش یا مهار رشد بخش هوایی منجر می‌شود (قاسمی و همکاران ۲۰۱۹؛ لیو و کین ۲۰۲۱). حسین و همکاران (۲۰۲۰) هم اختصاص مواد پرورده به مکانیزم‌های دفاعی گیاه را از دلایل کاهش وزن بوته در شرایط کمبود آب عنوان نموده‌اند (حسین و همکاران ۲۰۲۰). کاربرد سالیسیلیک اسید در شرایط کم‌آبی می‌تواند از طریق افزایش سرعت فتوسنتز و تولید مواد پرورده، از افت زیاد وزن بوته جلوگیری نماید (عبدالعال و همکاران ۲۰۲۰).



شکل ۳- وزن بوته ذرت تحت تیمارهای مختلف آبیاری (الف) و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید (ب)

I_1 ، I_2 و I_3 : به ترتیب آبیاری معمول، قطع آبیاری از آغاز گلدهی تا تشکیل دانه و قطع آبیاری از آغاز گلدهی تا رسیدگی SA_0 ، SA_1 ، SA_2 و SA_3 : به ترتیب آب‌پاشی و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید با غلظت‌های ۱، ۲ و ۳ میلی‌مولار حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ است (آزمون دانکن).

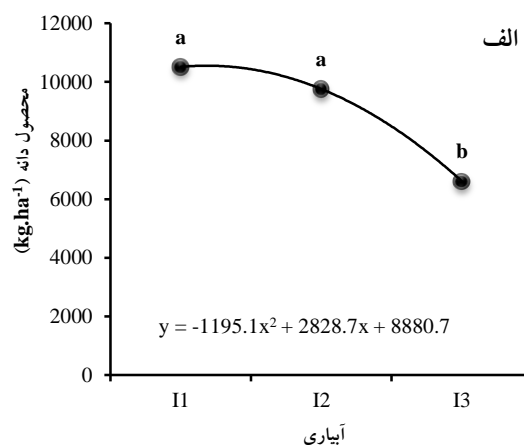
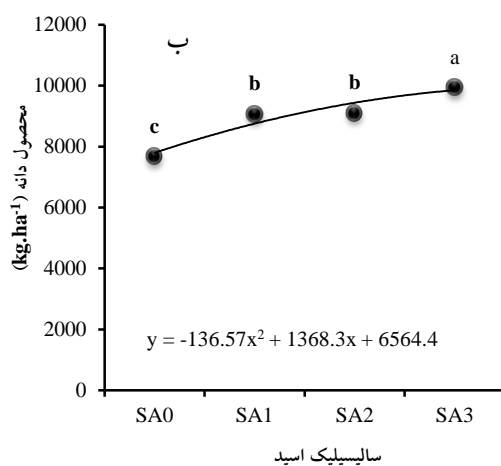
محصول دانه

اثر قطع آبیاری در مراحل زایشی و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید بر محصول دانه ذرت معنی‌دار بود. اثر متقابل این عامل‌ها برای این مورد معنی‌دار نگردید (جدول ۴). محصول دانه در تیمار قطع آبیاری از آغاز گلدهی تا رسیدگی حدود ۳۷ درصد و در قطع آبیاری از آغاز گلدهی تا تشکیل دانه حدود ۷/۲ درصد نسبت به

آبیاری معمول افت داشت (شکل ۴ الف) که نشان می‌دهد دوره پر شدن دانه نسبت به دوره گلدهی ذرت به کمبود آب حساس‌تر است. گیاهان تیمار شده با غلظت ۳ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید بیشترین محصول دانه را تولید کردند که نسبت به آب‌پاشی حدود ۲۹/۵ درصد بیشتر بود. بین محلول‌پاشی‌های ۱ و ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید (شکل ۴ ب). افت

اسید در افزایش محصول دانه نتیجه افزایش وزن هزار دانه (شکل ۲) و تعداد دانه در بوته (شکل ۱) بوده است. خالوندی و همکاران (۲۰۲۱) نیز دریافتند که سالیسیلیک اسید با بهبود روابط منبع و مخزن از طریق افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی و فعالیت کربوکسیلازی روبیسکو، خصوصیات رشدی گندم را بهبود و محصول دانه آن را افزایش داده است.

تعداد دانه در بوته (شکل ۱) و وزن هزار دانه (شکل ۲) تحت تنش شدید کم‌آبی موجب کاهش محصول دانه ذرت شده است. تنش خشکی از طریق اختلال در فتوسنتز، تعرق و فرایندهای متابولیکی گیاه، جذب و انتقال عناصر غذایی، تولید مواد پرورده را کاهش داده و موجب افت محصول دانه می‌گردد (ژانگ و همکاران ۲۰۲۰). کاهش فتوسنتز و جریان محدود مواد پرورده به دانه‌ها تحت تنش کم‌آبی سبب افت وزن دانه‌ها و محصول نهایی می‌شود (سعیدی و همکاران ۲۰۱۷). اثرات مثبت سالیسیلیک



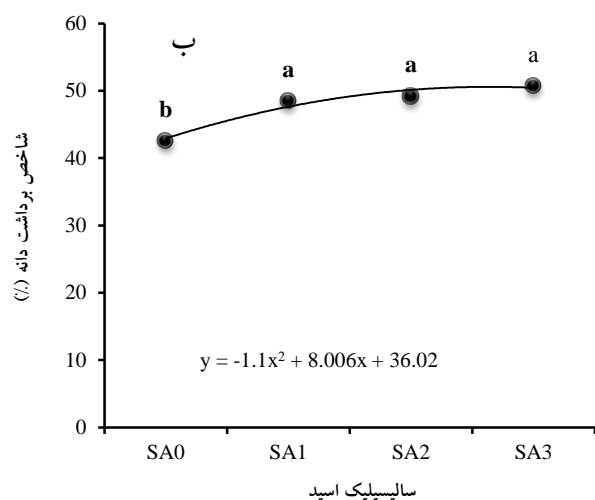
شکل ۴- محصول دانه ذرت تحت تیمارهای مختلف آبیاری (الف) و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید (ب) I₁ و I₂ و I₃: به ترتیب آبیاری معمول، قطع آبیاری از آغاز گلدهی تا تشکیل دانه و قطع آبیاری از آغاز گلدهی تا رسیدگی SA₀، SA₁، SA₂ و SA₃: به ترتیب آب‌پاشی و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید با غلظت‌های ۱، ۲ و ۳ میلی‌مولار حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ است (آزمون دانکن).

قسمت‌های مختلف گیاه است. وقوع تنش خشکی در دوره گلدهی و پر شدن دانه‌ها موجب افت شدیدتر محصول دانه (به ترتیب ۷/۲ و ۳۷ درصد) (شکل ۴ الف) در مقایسه با وزن بوته (به ترتیب ۱/۹ و ۱۷/۲ درصد) (شکل ۳ الف) ذرت گردیده و به کاهش شاخص برداشت منجر شده است. این کاهش را می‌توان به کم شدن تولید مواد فتوسنتزی در مراحل زایشی نسبت داد که این امر نشان‌دهنده اهمیت آب در تولید و انتقال مؤثر فرآورده‌های فتوسنتزی به مخزن‌های مهمی مانند دانه‌ها می‌باشد (قاسم و همکاران ۲۰۱۹). کاربرد سالیسیلیک اسید با غلظت ۳ میلی‌مولار از طریق اثر افزایشی بیشتر بر وزن هزار دانه (شکل ۲) و محصول دانه (شکل ۴ ب) و اثر کمتر بر وزن بوته (شکل ۳ ب) موجب بهبود شاخص

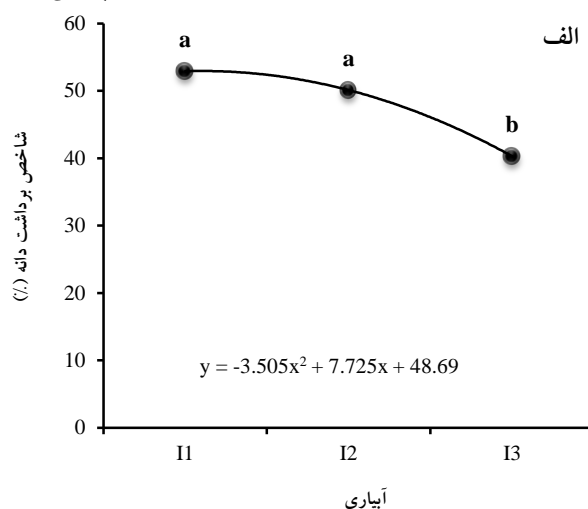
شاخص برداشت دانه

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به شاخص برداشت دانه نشان داد که اثر تیمارهای آبیاری و محلول‌پاشی از این نظر معنی‌دار است. اثر متقابل عامل‌ها برای این صفت معنی‌دار نگردید (جدول ۴). شاخص برداشت دانه در شرایط آبیاری معمول (I₁) و قطع آبیاری از آغاز گلدهی تا تشکیل دانه (I₂) از نظر آماری مشابه بود، ولی قطع آبیاری از گلدهی تا رسیدگی (I₃) موجب کاهش معنی‌دار آن شد (شکل ۵ الف). بیشترین شاخص برداشت دانه بر اثر محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید با غلظت ۳ میلی‌مولار به دست آمد که تفاوت معنی‌داری با سایر سطوح محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید نداشت (شکل ۵ ب). شاخص برداشت نمایانگر درصد تخصیص مواد فتوسنتزی به

سالیسیلیک اسید، شاخص برداشت دانه ذرت را در شرایط محدودیت آب افزایش داده است.



برداشت دانه ذرت (شکل ۵ ب) شده است. شمی و همکاران (۲۰۲۱) نیز گزارش کردند که محلول پاشی



شکل ۵- شاخص برداشت دانه ذرت تحت تیمارهای مختلف آبیاری (الف) و محلول پاشی سالیسیلیک اسید (ب) I₁, I₂ و I₃: به ترتیب آبیاری معمول، قطع آبیاری از آغاز گلدهی تا تشکیل دانه و قطع آبیاری از آغاز گلدهی تا رسیدگی SA₀, SA₁, SA₂ و SA₃: به ترتیب آب پاشی و محلول پاشی سالیسیلیک اسید با غلظت های ۱، ۲، ۳ میلی مولار حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ است (آزمون دانکن).

دانه به وزن بوته در واحد سطح)، وزن بوته، طول بلال، تعداد دانه در بوته و بلال بیشترین همبستگی مثبت را با محصول دانه ذرت داشتند. بنابراین، بهبود این صفات با روش های به نژادی، به زراعی و کاربرد تنظیم کننده های رشد می تواند در افزایش محصول ذرت به ویژه در شرایط محدودیت آب بسیار مؤثر باشد.

همبستگی بین صفات

همبستگی صفات مورد مطالعه در جدول ۵ آورده شده است. وزن هزار دانه در مقایسه با سایر صفات همبستگی بالاتری با محصول دانه داشت که نشان می دهد وزن دانه ها بیش از سایر صفات در بهبود محصول ذرت مؤثر بوده اند (جدول ۵). در مجموع، به ترتیب وزن هزار دانه، شاخص برداشت (متأثر از نسبت محصول

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین صفات مورد بررسی در ذرت

۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱
									۱
								۱	۰/۵۲۳
							۱	۰/۵۴۵	۰/۸۷۳**
						۱	۰/۲۳۱	۰/۶۶۲	۰/۱۷۲
					۱	۰/۲۶۵	۰/۶۷۳*	۰/۴۷۸	۰/۹۱۸**
				۱	۰/۹۵۹**	۰/۵۲۶	۰/۶۵۳	۰/۶۲۳	۰/۸۵۶**
			۱	۰/۷۹۶*	۰/۸۰۲**	۰/۳۲۹	۰/۹۴۲	۰/۵۹۱	۰/۹۳۹**
		۱	۰/۹۸۳**	۰/۸۹۲**	۰/۸۸۳**	۰/۴۰۵	۰/۹۰۱**	۰/۶۴۴	۰/۷۵۶*
	۱	۰/۹۷۴**	۰/۹۵۹**	۰/۸۶۴**	۰/۸۹۸**	۰/۲۶۹	۰/۸۶۹**	۰/۵۴۹	۰/۹۷۵**
۱	۰/۹۱۹**	۰/۹۸۴**	۰/۹۶۹**	۰/۸۷۷**	۰/۸۴۰**	۰/۴۸۱	۰/۸۸۹**	۰/۶۷۰*	۰/۹۰۷**

نتیجه‌گیری کلی

با قطع آبیاری از آغاز گلدهی تا رسیدگی از میانگین ارتفاع بوته، طول بلال، تعداد دانه در بلال، تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه کاسته شد که نتیجه آن کاهش وزن بوته، محصول دانه و شاخص برداشت بوده است. کاربرد ۳ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید موجب کاهش قابل‌توجه اثرات زیانبار تنش خشکی در مراحل زایشی روی اغلب این صفات گردیده و محصول دانه ذرت را حدود ۲۹/۵ درصد بهبود بخشیده است. محلول‌پاشی ۳ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید در اغلب صفات مورد بررسی به‌ویژه محصول دانه مزیت معنی‌داری نسبت به سایر غلظت‌ها نشان داد. بنابراین، این غلظت سالیسیلیک اسید را می‌توان به‌عنوان تیمار مناسب برای بهبود تولید محصول ذرت در شرایط آبیاری معمول و محدود معرفی نمود. عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین آبیاری معمول و

قطع آبیاری از آغاز گلدهی تا تشکیل دانه از لحاظ پارامترهای مورد بررسی و بخصوص محصول دانه حاکی از آن است که کمبود آب بیشترین اثر را بر دوره پر شدن دانه داشته است. بنابراین، تأمین آب در طول این مرحله می‌تواند موجب بهبود محصول دانه ذرت گردد. همبستگی بالای وزن هزار دانه، شاخص برداشت، وزن بوته، طول بلال، تعداد دانه در بلال و بوته با محصول دانه آشکار نمود که بهبود این صفات با روش‌های به‌نژادی، به‌زراعی و تنظیم‌کننده‌های رشد می‌تواند به افزایش محصول ذرت در شرایط محیطی مختلف منجر گردد.

سپاسگزاری

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد است که با همکاری دانشگاه تبریز انجام گردیده که بدین‌وسیله تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

منابع مورد استفاده

- Abaspor H and Rezaei H. 2014. Effects of salicylic acid and jasmonic acid on hill reaction and photosynthetic pigments (*Dracocephalum moldavica* L.) in different levels of drought stress. *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 2: 2850-2859.
- Abdelaal KAA, Attia KA, Alamery SF, El-Afry MM, Ghazy A and Tantawy DS. 2020. Exogenous application of proline and salicylic acid can mitigate the injurious impacts of drought stress on barley plants associated with physiological and histological characters. *Sustainability*, 12(5): 1736.
- Bakry BA, El-Hariri D, Mervat SS and El-Bassiouny HMS. 2012. Drought stress mitigation by foliar application of salicylic acid in two linseed varieties grown under newly reclaimed sandy soil. *Journal of Applied Sciences Research*, 7: 3503-3514.
- Bettaieb I, Zakhama N, Aidi-Wannes W, Kchouk ME and Marzouk B. 2009. Water deficit effects on *Salvia officinalis* fatty acids and essential oils composition. *Scientia Horticulturae*, 120: 271-275.
- Dinpazhooh Y, Niazi F and Mofid H. 2015. Trend analysis and considering effect of meteorological parameters in Tabriz. *Journal of Geography and Regional Planning*, 51: 145-169. (In Persian)
- Ghassemi S, Ghassemi-Golezani K and Zehtab-Salmasi S. 2019. Changes in antioxidant enzymes activities and physiological traits of ajowan in response to water stress and hormonal application. *Scientia Horticulturae*, 246: 957-964.
- Ghassemi-Golezani K and Hosseinzadeh-Mahootchi A. 2015. Improving physiological performance of safflower under salt stress by application of salicylic acid and jasmonic acid. *WALIA journal*, 31: 104-109.
- Ghassemi-Golezani k, Heydari S and Dalil B. 2017. Field performance of maize (*Zea mays* L.) cultivars under drought stress. *Acta Agriculturae Slovenica*, 111: 25-32.
- Ghassemi-Golezani K, Mabudi-Bilasvar H and Dabbagh-Mohammadi-Nassab A. 2019. Improving rapeseed (*Brassica napus* L.) plant performance by exogenous salicylic acid and putrescine under gradual water deficit. *Acta Physiologiae Plantarum*, 41: 192.

- Hussain HA, Men S, Hussain S, Chen Y, Ali S and Zhang S. 2019. Interactive effects of drought and heat stresses on morpho-physiological attributes, yield, nutrient uptake and oxidative status in maize hybrids. *Scientific Reports*, 9: 3890.
- Hussain HA, Men S, Hussain S, Zhang Q, Ashraf U, Anjum SA, Ali I and Wang L. 2020. Maize tolerance against drought and chilling stresses varied with root morphology and antioxidative defense system. *Plants (Basel)*, 6: 720.
- Kareem F, Rihan H and Fuller MP. 2019. The effect of exogenous applications of salicylic acid on drought tolerance and up-regulation of the drought response regulon of Iraqi wheat. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 22: 37-45.
- Karimi A, Eghbal Ghobadi M, Ghobadi M and Nosratti I. 2020. Studying the effect of no irrigation on grain yield and physiological characteristics of corn (*Zea mays* L., S.C.704) in summer planting. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 12: 1151-1163. (In Persian)
- Khalvandi M, Siosemardeh A, Roohi E and Keramati S. 2021. Salicylic acid alleviated the effect of drought stress on photosynthetic characteristics and leaf protein pattern in winter wheat. *Heliyon*, 7(1): 5908.
- Liu S and Qin F. 2021. Genetic dissection of maize drought tolerance for trait improvement. *Molecular Breeding*, 41: 8.
- Moohamadi Behmadi M and Armin M. 2017. Effect of drought stress on yield and yield components of different corn cultivars in delayed planting conditions. *Journal of Plant Physiology*, 4(1): 17-34. (In Persian)
- Nordokht M and Farajzadeh Memari Tabrizi E. 2018. Effects of water deficit and mycorrhizae on grain yield, reproductive and physiological traits of corn hybrids. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 11: 227-239. (In Persian)
- Parveen A, Arslan Ashraf M, Hussain I, Perveen S and Rasheed R. 2021. Promotion of growth and physiological characteristics in water-stressed *Triticum aestivum* in relation to foliar-application of salicylic acid. *Water*, 13: 1316.
- Pour-Aboughadareh A, Mohammadi R, Etminan A, Shooshtari L, Maleki-Tabrizi N and Poczai P. 2020. Effects of drought stress on some agronomic and morpho-physiological traits in durum wheat genotypes. *Sustainability*, 12: 5610.
- Qaseem MF, Qureshi R and Shaheen H. 2019. Effects of pre-anthesis drought, heat and their combination on the growth, yield and physiology of diverse wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes varying in sensitivity to heat and drought stress. *Scientific Reports*, 9(1): 6955.
- Rezaei Sokht-Abandani R, Siadat SA, Pazoki A, Lak Sh and Mojaddam M. 2018. Effect of drought stress, different levels of nitrogen and potassium fertilizer on some physiological and agronomical traits of maize hybrid (*Zea mays* L.). *Journal of Plant Ecophysiology*, 12: 40-51. (In Persian)
- Saeidi M, Moradi F and Abdoli M. 2017. Impact of drought stress on yield, photosynthesis rate, and sugar alcohols contents in wheat after anthesis in semiarid region of Iran. *Arid Land Research and Management*, 31: 204-218.
- Shao RX, Xin LF, Guo JM, Zheng HF and Mao J. 2018. Salicylic acid-induced photosynthetic adaptability of *Zea mays* L. to polyethylene glycol-simulated water deficit is associated with nitric oxide signaling. *Photosynthetica*, 56: 1370-1377.
- Shemi R, Wang R and Gheith ES. 2021. Effects of salicylic acid, zinc and glycine betaine on morpho-physiological growth and yield of maize under drought stress. *Scientific Reports*, 11: 3195.
- Sohag AAM, Tahjib-Ul-Arif M, Brestic M and Afrin S. 2020. Exogenous salicylic acid and hydrogen peroxide attenuate drought stress in rice. *Plant, Soil and Environment*, 66: 7-13.
- Tahmasebi I and Dolatmand Shahri N. 2017. The effect of the nitrogen and plant density on Photosynthetic capacity, yield components and yield of corn cultivar 'Mv500' in summer planting. *Journal of Crop Production and Processing*, 7(1): 87-99. (In Persian)

- Wang X, Cai X, Xu C, Wang Q and Dai S. 2016. Drought-responsive mechanisms in plant leaves revealed by proteomics. *International Journal of Molecular Sciences*, 17: 1-30.
- Zhang YB, Yang SL, Dao JM, Deng J and Shahzad AN. 2020. Drought-induced alterations in photosynthetic, ultrastructural and biochemical traits of contrasting sugarcane genotypes. *PLOS ONE*, 15(7): 235845.