

## اثر سالیسیلیک اسید بر عملکرد و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی هیبریدهای ذرت شیرین در شرایط تنش کمبود آب

سید سالار حبیب‌پور<sup>۱</sup>، احمد نادری<sup>۲\*</sup>، شهرام لک<sup>۳</sup>، هوشنگ فرجی<sup>۴</sup> و مانی مجدم<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی دکتری تخصصی زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات خوزستان

۲- عضو هیأت علمی مرکز آموزش و تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

۳- عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اهواز

۴- عضو هیأت علمی دانشگاه باسوج

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۹/۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۱/۲۸

### چکیده

به منظور بررسی اثر سطوح مختلف سالیسیلیک اسید بر عملکرد و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی هیبریدهای ذرت شیرین در شرایط تنش کمبود آب، این تحقیق در سال ۱۳۹۴ به صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل تنش کمبود آب در سه سطح، سالیسیلیک اسید در سه سطح فرعی و سه هیبرید ذرت شیرین پاشن، بیسین و چلنجر به ترتیب عامل‌های اصلی، فرعی و فرعی - فرعی بودند. نتایج نشان داد که اثر تنش کمبود آب بر کلیه صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود. اثر سالیسیلیک اسید بجز بر میزان کاتالاز، بر سایر صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود. اثر هیبریدها بر عملکرد کنسروی، عملکرد تر و خشک علوفه و میزان کلروفیل a، معنی‌دار ولی بر سایر صفات معنی‌دار نبود. اثرات متقابل تنش کمبود آب، سالیسیلیک اسید و هیبرید بر همه صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود. بیشترین میانگین عملکرد کنسروی، وزن تر علوفه، وزن خشک علوفه و عملکرد تر بلال به ترتیب با ۱۴۵۵، ۴۵۴۱، ۱۱۲۳ و ۲۷۴۹/۳ گرم در متر مربع در ترکیب تیمار آبیاری پس از تخلیه ۵۰٪ آب در دسترس، ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید در هیبرید پاشن حاصل شد. بطورکلی بررسی نتایج این تحقیق بر اساس روند تغییرات میانگین‌ها، نشان داد که کاربرد سالیسیلیک اسید اثر تنش کمبود آب در گیاه را تا حدی کاهش داد.

**واژگان کلیدی:** سالیسیلیک اسید، تنش کمبود آب، ذرت شیرین، عملکرد.

\* نویسنده مسئول: احمد نادری، آدرس پست الکترونیکی: ah\_naderi@yahoo.com

## مقدمه

تنش‌های محیطی مهم‌ترین عوامل کاهش دهنده عملکرد گیاهان زراعی در سطح جهان هستند. در بسیاری از گیاهان زراعی، عملکرد به دلیل تنش‌های محیطی کمتر از ۱۰ تا ۲۰ درصد پتانسیل عملکرد آنان است (علیزاده، ۱۳۸۷). پژوهش‌های مختلفی در ارتباط با تنش خشکی انجام شده است. دانشیان و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که تنش کم آبی در مراحل مختلف نمو هیبریدهای آفتابگردان، شاخص سطح برگ گیاهان را کاهش داد. حاجی حسنی اصل و همکاران (۱۳۸۷) نتیجه گرفتند که تنش خشکی شاخص سطح برگ را در آفتابگردان کاهش داد ولی در تیمار اول آبیاری، به علت افزایش تعداد و حجم بالای سلول و طول شدن سلول‌ها در اثر وجود آب کاهش نشان نداد. نتایج تحقیق رضایی‌زاد (۱۳۸۳) حاکی از آن بود که تنش خشکی سبب کاهش شدید شاخص برگ می‌شود و این امر به سبب کاهش فتوسنتز و کاهش حرکت مواد پرورده جهت افزایش سطح برگ می‌باشد. افکاری باجه‌باج (۲۰۰۹) گزارش کرد که در شرایط غیر تنش، شاخص سطح برگ در آفتابگردان افزایش یافت و همراه با آن سرعت رشد گیاه نیز افزایش یافت.

با توجه به کاهش و کمبود منابع آب کشاورزی، محققین تحقیقات مختلفی جهت یافتن موادی که سبب افزایش کارایی مصرف و نگهداری آب در گیاهان می‌گردد انجام داده‌اند. یکی از این ترکیبات، سالیسیلیک اسید می‌باشد و این ماده در اغلب گیاهان بصورت طبیعی وجود دارد و بر بسیاری از فعالیت‌های فیزیولوژیکی سلول اثر می‌گذارد (حکیمی، ۲۰۰۸). این ماده هورمونی گیاهی است که نقش تنظیم کننده در تعدادی از فعالیت‌های فیزیولوژیک گیاه، نظیر کنترل تنفس، بسته شدن روزنه‌ها، جوانه‌زنی دانه، رسیدن میوه، گلیکولیز، گلدهی و تولید گرما ایفا می‌کند (کن و همکاران، ۲۰۰۲). همچنین این ماده یک مولکول علامت

دهنده مهم در پاسخ‌های گیاهان در برابر تنش‌های محیطی محسوب می‌شود (حکیمی، ۲۰۰۸).

در یک بررسی گزارش شده است که سالیسیلیک اسید باعث افزایش رشد برگ و ریشه می‌شود (خداری، ۲۰۰۴). در یک تحقیق دیگر محلول‌پاشی گیاه سویا و ذرت با سالیسیلیک اسید و استیل سالیسیلیک اسید به میزان ۱۰-۳ مول در لیتر اثری بر ارتفاع گیاه و طول ریشه نداشت، اما باعث افزایش سطح برگ شد (خان و همکاران، ۲۰۰۳). به اعتقاد حامادا و ال‌حکیمی (۲۰۰۱) پرایمینگ بذر قبل از کاشت با فیتوهورمون‌ها یا ویتامین‌ها نقش سودمندی تحت شرایط تنش کم آبی دارد. لیان و همکاران (۲۰۰۰) افزایش سطح برگ سویا در اثر کاربرد ۰/۱ میکرومول سالیسیلیک اسید را معنی‌دار گزارش نمودند. استیونس و سنارتنا (۲۰۰۴) گزارش دادند که گیاهان تحت تنش شوری و کمبود آب تیمار شده با سالیسیلیک اسید در مقایسه با گیاهان شاهد سرعت رشد نسبی زیادتری داشتند کاربرد 125 ppm سالیسیلیک اسید باعث افزایش تعداد برگ در بوته گیاه توت سفید گردید (سینگ و یوشا، ۲۰۰۳). در یک تحقیق دیگر اختلاف معنی‌دار در ارتفاع گیاه و تعداد برگ‌ها بین گیاهان جو تیمار شده با سالیسیلیک اسید و گیاهان تیمار نشده وجود نداشت (سنارتنا، ۲۰۰۰). ساخوبتدینووا و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که کاربرد سالیسیلیک اسید باعث افزایش ماده خشک در گیاهچه‌های گندم گردید. حامادا و ال‌حکیمی (۲۰۰۱) گزارش دادند که پرایمینگ بذر گندم با 100 ppm سالیسیلیک اسید در کاهش اثر تنش شوری و کمبود آب بر سطح برگ سیب‌زمینی مؤثر بود. متوالی و همکاران (۲۰۰۳) بیان نمودند که محلول‌پاشی گیاهچه‌های جو با سالیسیلیک اسید باعث افزایش وزن خشک ریشه‌ها و برگ گردید. گیاهان برنج تیمار شده با 100 ppm سالیسیلیک اسید ماده خشک بیشتری نسبت به گیاهان تیمار نشده داشتند (مایبینگ‌سا و همکاران، ۲۰۰۱). در یک تحقیق دیگر سانا و همکاران (۲۰۰۱) بیان کردند که محلول‌پاشی با ۵-۲

انسان و همچنین بحث تنش کمبود آب در اثر کاهش منابع آب در سال‌های اخیر، بررسی اثر تنش خشکی و نقش سالیسیلیک اسید در تعدیل و کاهش اثرات آن در ذرت شیرین حائز اهمیت بوده که در صورت دستیابی به یافته‌های جدید، در جلوگیری از کاهش عملکرد این گیاه مؤثر بوده که موضوع این بررسی می‌باشد.

#### مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۳۹۴ به صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در یاسوج با مختصات جغرافیائی ۳۰ درجه و ۳۹ دقیقه و ۵۰ ثانیه شمالی و ۵۱ درجه و ۳۵ دقیقه و ۸ ثانیه طول شرقی با ارتفاع ۱۸۳۳ متر از سطح دریا و میانگین بارندگی ۸۵۰ میلی‌متر بر اساس آمار طولانی مدت ۳۰ ساله و میانگین دمای حداکثر و حداقل سالانه به ترتیب ۷/۳ و ۲۷/۲ درجه سانتی‌گراد انجام شد. از نظر اقلیمی بر اساس معیار دومارتن، منطقه معتدل سردسیری به‌شمار می‌رود. تیمارها شامل تنش کمبود آب در سه سطح شامل D<sub>۱</sub> (آبیاری پس از تخلیه ۵۰٪ ظرفیت زراعی)، D<sub>۲</sub> (آبیاری پس از تخلیه ۶۰٪ ظرفیت زراعی) و D<sub>۳</sub> (آبیاری پس از تخلیه ۷۰٪ ظرفیت زراعی)، سالیسیلیک اسید در سه سطح فرعی شامل سطح S<sub>۱</sub> (عدم محلول‌پاشی به عنوان شاهد)، S<sub>۲</sub> (۰/۵ میلی‌مولار) و S<sub>۳</sub> (۱ میلی‌مولار) و سه هیبرید ذرت شیرین شامل پاشن، بیسین و چلنجر به ترتیب عامل‌های اصلی، فرعی و فرعی - فرعی بودند. قبل از انجام تحقیق سه نمونه از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری خاک تهیه و آنالیز خاک با تهیه یک نمونه مرکب انجام شد. نتایج آنالیز خاک در جدول ۱ نشان داده شده است. زمین محل انجام تحقیق که در پائیز و زمستان بصورت آیش بود، در بهار پس از آبیاری و گاورور شدن خاک، عملیات شخم شامل دو دیسک عمود بر هم انجام گردید. پس از آن زمین مورد نظر توسط کارگر کرت‌بندی شد. بر اساس نتایج آزمون خاک، میزان نیتروژن، فسفر و پتاس مورد نیاز محاسبه شد. کل فسفر و پتاس مورد

میکرومول سالیسیلیک اسید وزن تر و خشک لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) افزایش یافت. فریدودین و همکاران (۲۰۰۳) بیان نمودند که محلول‌پاشی گیاه کلزا با حداقل غلظت (۱۰-۵ میکرومول) سالیسیلیک اسید بعد از ۶۰ روز از رشد، ماده خشک بیشتری نسبت به گیاهان شاهد داشتند. لیان و همکاران (۲۰۰۰) گزارش دادند که افزایش پنج میکرومول سالیسیلیک اسید به ریشه در خاک استریل شده باعث کاهش وزن خشک ریشه‌ها و شاخساره گیاه سویا گردید. محلول‌پاشی گیاه گندم با سالیسیلیک اسید، میزان تقسیم سلولی مریستم رأسی ریشه‌های اولیه را که منجر به افزایش رشد طولی می‌شوند، را زیاد کرد (شکیرووا و همکاران، ۲۰۰۳). در یک بررسی دیگر کاربرد سالیسیلیک اسید بر گیاه خربزه، اثر معنی‌دار بر رشد گیاهچه و وزن خشک ریشه داشت و بهترین نتیجه از پرایمینگ بذر با سالیسیلیک اسید غلظت ۱/ میلی‌مولار بدست آمد (احمت کورکماز و همکاران، ۲۰۰۷).

ذرت شیرین با نام علمی *Zea mays L. saccharata* و نام انگلیسی Sweet corn، گیاهی است علفی، یک‌ساله، تک‌لپه، یک‌پایه و دگر گرده‌افشان با مسیر فتوسنتزی C4 و دارای عدد کروموزومی  $2n=2x=20$  که از نظر طبقه‌بندی گیاهی به خانواده *Poaceae* زیر خانواده *Panicoideae*، قبیله *Andropogoneae* و جنس *Zea* تعلق دارد (وایلی و سونز، ۱۹۸۷). ذرت شیرین از ارقام تغییر یافته ذرت معمولی می‌باشد که به صورت مستقیم و غیر مستقیم نقش مهمی در تامین کالری، پروتئین و برخی از ویتامین‌ها و مواد معدنی مورد نیاز انسان ایفا می‌کند. تمامی قسمت‌های این گیاه اعم از دانه، شاخ و برگ، چوب بلال و کاکل مورد استفاده انسان یا دام قرار می‌گیرد (اکتم و همکاران، ۲۰۰۴). ذرت شیرین با انجام جهش ژنتیکی در لوکوس Su از کروموزوم شماره ۴ ذرت معمولی حاصل شده که این تغییر باعث تجمع قند و پلی‌ساکاریدهای محلول در آندوسپرم دانه می‌شود (نارکی، ۱۳۹۲). با عنایت به اهمیت گیاه ذرت شیرین در تغذیه

کنسروی دانه، وزن تر بلال و وزن هزار دانه نیز با استفاده از ترازو اندازه‌گیری گردید. میزان کلروفیل a و b با استفاده از روش آرنون (۱۹۶۷) اندازه‌گیری شد. بدین منظور مقدار نیم گرم از برگ را در هاون چینی ریخته، سپس با استفاده از نیتروژن مایع آن را خرد نموده و به خوبی له گردید. سپس ۲۰ میلی‌لیتر استن ۸۰٪ به نمونه اضافه و در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه قرار داده شد. عصاره جدا شده فوقانی حاصل از سانتریفیوژ به بالن شیشه‌ای منتقل شد. مقداری از نمونه داخل بالن در کووت اسپکتروفتومتر ریخته و در طول موج‌های ۶۶۳ نانومتر برای کلروفیل a و ۶۴۵ نانومتر برای کلروفیل b توسط اسپکتروفتومتر مقدار جذب قرائت شد. در نهایت با استفاده از فرمول‌های زیر، میزان کلروفیل a و b بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه بدست آمد.

$$\text{(میلی گرم بر گرم وزن تازه) کلروفیل a} = \frac{V}{1000 \times W} \times (D663) - 2.69(D645) \times 12.7$$

$$\text{(میلی گرم بر گرم وزن تازه) کلروفیل b} = \frac{V}{1000 \times W} \times (D645) - 4.69(D663) \times 22.9$$

مقدار آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز با استفاده از روش چنس و ماهلی (۱۹۵۵) تعیین گردید.

مقدار آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز با استفاده از روش چنس و ماهلی (۱۹۵۵) تعیین گردید.

برای سنجش میزان کاتالاز ۲/۸ میلی‌لیتر بافر سرد شده ۰/۵ میلی‌مولار فسفات مونوسدیک با Ph برابر ۶/۸ با عصاره آنزیمی تهیه شده و آب اکسیژنه ۱۵ میلی‌مولار اضافه و فعالیت آنزیمی با افزودن آب اکسیژنه شروع شد. بر اساس سنجش میزان کاهش جذب نور در طول موج ۲۴۰ نانومتر در زمان‌های ۱۵ و ۷۵ ثانیه میزان فعالیت این آنزیم تعیین شد. برای تعیین میزان آنزیم پراکسیداز با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتری در طول موج ۴۷۵ نانومتر در مدت ۶۰ ثانیه

نیاز به ترتیب از منابع سوپر فسفات معمولی و سولفات پتاسیم و نیمی از نیتروژن از منبع اوره قبل از کاشت در سطح کرت‌ها پخش و با خاک مخلوط شد. باقی‌مانده کود نیتروژن نیز در دو مرحله به‌صورت سرک، ۱ و ۲ ماه پس از کاشت مصرف شد. هر کرت شامل ۵ خط کاشت به فاصله ۷۰ سانتی‌متر از یکدیگر بود. پس از ضدعفونی بذور با قارچکش ویتاواکس، کپه‌ها روی خطوط کاشت با هدف تراکم ۷ بوته در مترمربع بوته، به فاصله ۷۰ سانتی‌متر تعیین و در هر کپه ۳ بذر به صورت دستی کاشته و بوته‌های اضافی در مرحله ۴ برگی حذف شدند. از آبیاری چهارم به بعد، آبیاری کرت‌ها بر اساس تیمارهای تحقیق در زمان‌های مورد نظر در طول مراحل داشت انجام شد. جهت اعمال تیمار تنش کمبود آب، پتانسیل آب خاک تعیین و پس از آبیاری چهارم، با نمونه‌برداری از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک و بر اساس منحنی رطوبتی خاک، سطوح تنش اعمال گردید. ابتدا درصد وزنی رطوبت نمونه‌های خاک تعیین و پس از آن با استفاده از منحنی مکش رطوبتی خاک، پتانسیل آبی خاک برای همه کرت‌ها، بصورت روزانه تعیین گردید. با توجه به اطلاعات این نمونه‌برداری‌ها، پتانسیل رطوبتی خاک تیمار تنش در عمق ذکر شده بر حسب مگاپاسکال برآورد و بر اساس تیمارهای تنش، آبیاری انجام شد. بر اساس نیاز آبی گیاه و با داشتن فرمول، با تعیین FC، درصد رطوبت وزنی قبل از آبیاری، وزن مخصوص ظاهری خاک، مساحت آبیاری، عمق نفوذ ریشه و راندمان آبیاری حجم آب مورد نیاز برای هر کرت محاسبه و با استفاده از کنتور حجمی، آب لازم وارد کرت‌ها گردید. پس از ظهور چهارمین گره ساقه و قبل از ظهور اندام‌های گل، تیمارهای سالیسیلیک اسید بین ساعت ۱۷ تا ۱۸ به گونه‌ای اسپری شده که تمام سطح گیاه خیس شد. وزن تر علوفه با ترازو اندازه‌گیری و سپس وزن خشک اندام هوایی پس از قرار دادن در آون به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد نیز با استفاده از ترازو تعیین شد. عملکرد

جدول ۱- نتایج آنالیز خاک محل اجرای آزمایش

| پتاسیم قابل جذب | فسفر قابل جذب | درصد نیتروژن کل | درصد مواد خشتی شونده | درصد کربن آلی | درصد اشباع | EC  | pH |
|-----------------|---------------|-----------------|----------------------|---------------|------------|-----|----|
| 298 ppm         | 11 ppm        | 0.1             | 8                    | 1.9           | 33         | 1.5 | 7  |

(جدول ۲). با توجه به معنی دار شدن اثر سه گانه منابع تنوع در این تحقیق، مقایسات میانگین‌ها و مباحث، روی میانگین‌های اثر سه گانه انجام می‌شود.

میانگین صفات در اثر متقابل سه گانه در جداول ۳ و ۴ درج گردیده است. بررسی این جداول نشان داد که از لحاظ عملکرد دانه کنسروی، حداکثر مقدار آن در تیمار  $D_1S_2H_1$  (آبیاری پس از تخلیه ۵۰٪ ظرفیت زراعی، مصرف ۰/۵ میلی‌مولار SA و هیبرید پاشن) معادل ۱۴۵۵ گرم در متر مربع و حداقل آن در تیمار  $D_2S_3H_3$  (آبیاری پس از تخلیه ۷۰٪ ظرفیت زراعی، مصرف ۰/۵ میلی‌مولار SA و هیبرید چلنجر) معادل ۷۰۷ گرم در متر مربع حاصل گردید. مهم‌ترین بخش اقتصادی گیاه، عملکرد دانه است که برآیند اجزای عملکرد و دیگر صفات آن می‌باشد. (ایوانز و همکاران ۱۹۸۱). تنش کمبود آب از طریق اختلال در روند جذب و انتقال عناصر غذایی، عرضه مواد پرورده را کاهش داده و موجب تغییر در اجزای عملکرد و اختلال در گل‌دهی، گرده‌افشانی و تلقیح دانه‌ها و کاهش عملکرد دانه می‌گردد. نتایج این تحقیق با یافته‌های احمدی (۱۳۷۳) که بیان نمود تنش کمبود آب موجب کاهش تولید مواد فتوسنتزی و انتقال مواد غذایی از برگ‌ها به دانه‌ها و کاهش عملکرد دانه شد، مطابقت داشت. در یک تحقیق دیگر محلول‌پاشی گیاه کلزا با ۵ تا ۱۰ مولار سالیسیلیک اسید بعد از ۶۰ روز از رشد، تعداد کپسول و عملکرد بذر را در حدود ۱۴٪ نسبت به تیمار شاهد افزایش داد (فریدودین و همکاران، ۲۰۰۳). این نتایج با یافته‌های خان و همکاران (۲۰۰۳) که بیان نمودند با محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید در

استفاده گردید. برای این کار به عصاره آنزیمی تهیه شده از برگ، گایاکول، بافر فسفات مونوسدیک، و آب اکسیژنه افزوده شد و با شروع فعالیت مخلوط، میزان افزایش جذب نور در طول موج یاد شده تعیین و بر اساس آن میزان آنزیم پراکسیداز محاسبه گردید. پس از جمع‌بندی داده‌های مورد نیاز، تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

#### نتایج و بحث

خلاصه نتایج تجزیه واریانس در جدول ۲ نشان داده شده است. اثر تنش کمبود آب بر همه صفات مورد مطالعه شامل عملکرد کنسروی، وزن تر علوفه، وزن خشک علوفه، عملکرد تر بلال، وزن هزار دانه، کلروفیل a، کلروفیل b، کاتالاز و پراکسیداز معنی‌دار بود، اثر کاربرد سالیسیلیک اسید بر میزان غلظت آنزیم کاتالاز معنی‌دار نشد ولی بر سایر صفات مذکور معنی‌دار بود، در حالی‌که اثر هیبریدها بر عملکرد کنسروی، وزن تر بلال، وزن هزار دانه و میزان کلروفیل a معنی‌دار بود ولی اثر آن بر وزن تر علوفه، وزن خشک علوفه، کلروفیل b، کاتالاز و پراکسیداز معنی‌دار نبود (جدول ۲). اثر متقابل تنش کمبود آب در سالیسیلیک اسید بر میزان کلروفیل b و غلظت کاتالاز معنی‌دار نبود، اثر متقابل تنش کمبود آب در هیبرید فقط بر عملکرد کنسروی، عملکرد تر بلال، وزن هزار دانه و کلروفیل a معنی‌دار بود و اثر متقابل سه گانه تنش کمبود آب، سالیسیلیک اسید و هیبرید بر همه صفات شامل عملکرد کنسروی، وزن تر علوفه، وزن خشک علوفه، عملکرد تر بلال، وزه هزار دانه، کلروفیل a، کلروفیل b، کاتالاز و پراکسیداز معنی‌دار شد

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر سالیسیلیک اسید بر عملکرد و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی هیبریدهای ذرت شیرین در شرایط تنش کمبود آب

| منابع تغییر        | درجه آزادی | میانگین مربعات         |                       |                       |                        |                       |                       |                        |
|--------------------|------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
|                    |            | عملکرد کنسروی          | وزن تر علفه           | وزن خشک علفه          | عملکرد تر بلال         | وزن هزار دانه         | کلروفیل a             | کلروفیل b              |
| بلوک               | 2          | 230.3 <sup>ns</sup>    | 34799*                | 6585 <sup>ns</sup>    | 4334.9 <sup>ns</sup>   | 67.6 <sup>ns</sup>    | 1.66 <sup>ns</sup>    | 89.65 <sup>ns</sup>    |
| تنش کمبود آب (a)   | 2          | 447061.5 <sup>**</sup> | 1735776 <sup>**</sup> | 1566048 <sup>**</sup> | 429071 <sup>**</sup>   | 18503.2 <sup>**</sup> | 3720.63 <sup>**</sup> | 18818.26 <sup>**</sup> |
| خطای a             | 4          | 30.5                   | 282978                | 6330                  | 510                    | 339.1                 | 11.41                 | 131.17                 |
| سالیسیلیک اسید (b) | 2          | 84694.4 <sup>**</sup>  | 883784 <sup>**</sup>  | 502604 <sup>**</sup>  | 95297 <sup>**</sup>    | *732.6                | 375.08 <sup>**</sup>  | **2348.18              |
| a×b                | 4          | 877565.9 <sup>**</sup> | 208233 <sup>**</sup>  | 2953 <sup>**</sup>    | 902458.6 <sup>**</sup> | 29738.8 <sup>**</sup> | 5121.52 <sup>**</sup> | 171.99 <sup>ns</sup>   |
| خطای b             | 12         | 28320.2                | 197845                | 6503                  | 5981.9                 | 278.6                 | 32.41                 | 144.15                 |
| هیبرید (c)         | 2          | 71085.9 <sup>**</sup>  | 120576 <sup>ns</sup>  | 3314 <sup>ns</sup>    | 66206.4 <sup>**</sup>  | 1143.3 <sup>**</sup>  | 694.3 <sup>**</sup>   | 108.99 <sup>ns</sup>   |
| a×c                | 4          | 26045.2 <sup>**</sup>  | 22882 <sup>ns</sup>   | 792 <sup>ns</sup>     | 27412.2 <sup>**</sup>  | 448.4*                | 168.44 <sup>**</sup>  | 1.81 <sup>ns</sup>     |
| b×c                | 4          | 12181.3 <sup>**</sup>  | 15272 <sup>ns</sup>   | 182 <sup>ns</sup>     | 9845.1 <sup>ns</sup>   | 403.1 <sup>ns</sup>   | 7027 <sup>ns</sup>    | 2.26 <sup>ns</sup>     |
| a×b×c              | 8          | 6281.3 <sup>**</sup>   | 13957 <sup>**</sup>   | 510 <sup>**</sup>     | 4758.2 <sup>**</sup>   | 276.2 <sup>**</sup>   | 48.36 <sup>**</sup>   | 10.66 <sup>**</sup>    |
| خطای کل            | 36         | 160/84                 | 13957                 | 5836                  | 5482                   | 164.4                 | 39.4                  | 101.61                 |
| درصد ضریب تغییرات  |            | 13.5                   | 11                    | 10                    | 14.8                   | 4.6                   | 10                    | 10                     |

زراعی، عدم مصرف SA و هیبرید چلنجر) معادل ۳۵۴۳ گرم در متر مربع حاصل شد (جدول ۳). کاهش عملکرد فتوسیستم (II) و ماکزیمم عملکرد فتوسیستم (II) در نتیجه یک اثر ساختمانی بر روی فتوسیستم (II) و یکی از فاکتورهای اصلی مسئول برای کاهش تدریجی در سرعت فتوستز از طریق تاثیر بر کاهش در سرعت انتقال الکترون می‌باشد (نوتوندو و همکاران، ۲۰۰۴) که این امر سبب کاهش رشد و ارتفاع گیاه و کاهش وزن علفه خواهد شد.

بیشترین میزان وزن خشک علفه معادل ۱۱۲۳ گرم در متر مربع در تیمار  $D_1S_2H_1$  آبیاری پس از تخلیه ۵۰٪ ظرفیت زراعی، سالیسیلیک اسید ۰/۵ میلی‌مولار و هیبرید چلنجر و کمترین مقدار نیز در تیمار  $D_3S_1H_3$  (آبیاری پس از تخلیه ۷۰٪ ظرفیت زراعی، عدم مصرف SA و هیبرید چلنجر) معادل

سویا تعداد غلاف افزایش یافته و سبب افزایش عملکرد می‌گردد، مطابقت دارد. به نظر می‌رسد بالاتر بودن عملکرد دانه در اثر مصرف SA، به دلیل اینست که کاربرد سالیسیلیک اسید باعث نگهداری آب و شکل‌گیری بهتر اندام‌های زایشی می‌گردد. بنابراین در این بررسی میزان عملکرد دانه کنسروی تحت تأثیر سالیسیلیک اسید قرار گرفت و سالیسیلیک اسید از کاهش عملکرد در شرایط تنش کمبود آب جلوگیری نمود.

حداکثر وزن تر علفه معادل ۴۵۴۱ گرم در متر مربع در تیمار  $D_1S_2H_1$  (آبیاری پس از تخلیه ۵۰٪ ظرفیت زراعی، سالیسیلیک اسید ۰/۵ میلی‌مولار و هیبرید پاشن) و کمترین تعداد در تیمار  $D_3S_1H_3$  (آبیاری پس از تخلیه ۷۰٪ ظرفیت

جدول ۳- اثر سالیسیلیک اسید بر عملکرد و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی هیبریدهای ذرت شیرین در شرایط تنش خشکی

| صفات مورد بررسی        |                                     |                                    |                                   |                                    | تیمارها        |                   |                 |
|------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|----------------|-------------------|-----------------|
| وزن هزار دانه<br>(گرم) | عملکرد تر بلال<br>(گرم در متر مربع) | وزن خشک علوفه<br>(گرم در متر مربع) | وزن تر علوفه<br>(گرم در متر مربع) | عملکرد کنسروی<br>(گرم در متر مربع) | هیبرید         | سالیسیلیک<br>اسید | تنش کمبود<br>آب |
| 285.2 <sup>c</sup>     | 2311.7 <sup>c</sup>                 | 963.2 <sup>c</sup>                 | 3971.4 <sup>bc</sup>              | 1017.5 <sup>c</sup>                | H <sub>1</sub> |                   |                 |
| 275.2 <sup>c</sup>     | 2216.8 <sup>cd</sup>                | 905.8 <sup>c</sup>                 | 3894.5 <sup>c</sup>               | 923 <sup>c</sup>                   | H <sub>2</sub> | S <sub>1</sub>    |                 |
| 275.9 <sup>c</sup>     | 22.18.3 <sup>cd</sup>               | 914.8 <sup>c</sup>                 | 3894 <sup>c</sup>                 | 925.3 <sup>c</sup>                 | H <sub>3</sub> |                   |                 |
| 310.8 <sup>b</sup>     | 2749.3 <sup>a</sup>                 | 1123 <sup>a</sup>                  | 4541 <sup>a</sup>                 | 1455 <sup>a</sup>                  | H <sub>1</sub> |                   |                 |
| 308.9 <sup>b</sup>     | 2513.4 <sup>b</sup>                 | 1061.6 <sup>b</sup>                | 4368.9 <sup>a</sup>               | 1218.4 <sup>b</sup>                | H <sub>2</sub> | S <sub>2</sub>    | D <sub>1</sub>  |
| 345.6 <sup>a</sup>     | 2518.9 <sup>b</sup>                 | 1097.5 <sup>b</sup>                | 4340.3 <sup>a</sup>               | 1231 <sup>b</sup>                  | H <sub>3</sub> |                   |                 |
| 311.5 <sup>b</sup>     | 2745.7 <sup>a</sup>                 | 1036.7 <sup>b</sup>                | 4456.3 <sup>a</sup>               | 1451.5 <sup>a</sup>                | H <sub>1</sub> |                   |                 |
| 309.6 <sup>b</sup>     | 2513.9 <sup>b</sup>                 | 1033.7 <sup>b</sup>                | 4311.2 <sup>a</sup>               | 1221 <sup>b</sup>                  | H <sub>2</sub> | S <sub>3</sub>    |                 |
| 344.7 <sup>a</sup>     | 2509.5 <sup>b</sup>                 | 1037.1 <sup>b</sup>                | 4070 <sup>b</sup>                 | 1216 <sup>b</sup>                  | H <sub>3</sub> |                   |                 |
| 246.4 <sup>d</sup>     | 2107.3 <sup>d</sup>                 | 544.2 <sup>f</sup>                 | 3789.5 <sup>d</sup>               | 813.1 <sup>d</sup>                 | H <sub>1</sub> |                   |                 |
| 244.4 <sup>d</sup>     | 2110.4 <sup>d</sup>                 | 534.8 <sup>f</sup>                 | 3784.2 <sup>d</sup>               | 818.1 <sup>d</sup>                 | H <sub>2</sub> | S <sub>1</sub>    |                 |
| 248.1 <sup>d</sup>     | 2105.6 <sup>d</sup>                 | 538.5 <sup>f</sup>                 | 3793 <sup>d</sup>                 | 816 <sup>d</sup>                   | H <sub>3</sub> |                   |                 |
| 307.8 <sup>b</sup>     | 2738.9 <sup>a</sup>                 | 844.9 <sup>d</sup>                 | 4055.1 <sup>b</sup>               | 1454 <sup>a</sup>                  | H <sub>1</sub> |                   |                 |
| 309 <sup>b</sup>       | 2581.8 <sup>b</sup>                 | 845.4 <sup>d</sup>                 | 3879 <sup>c</sup>                 | 1225.1 <sup>b</sup>                | H <sub>2</sub> | S <sub>2</sub>    | D <sub>2</sub>  |
| 341.9 <sup>a</sup>     | 2509.1 <sup>b</sup>                 | 823.7 <sup>d</sup>                 | 3882 <sup>c</sup>                 | 1210 <sup>b</sup>                  | H <sub>3</sub> |                   |                 |
| 204.3 <sup>f</sup>     | 2019.4 <sup>de</sup>                | 739.5 <sup>e</sup>                 | 3565.4 <sup>e</sup>               | 720.5 <sup>e</sup>                 | H <sub>1</sub> |                   |                 |
| 218 <sup>e</sup>       | 2011.6 <sup>de</sup>                | 718.5 <sup>e</sup>                 | 3569.1 <sup>e</sup>               | 717 <sup>e</sup>                   | H <sub>2</sub> | S <sub>3</sub>    |                 |
| 211.6 <sup>e</sup>     | 2002.3 <sup>e</sup>                 | 722.5 <sup>e</sup>                 | 3560.5 <sup>e</sup>               | 707 <sup>e</sup>                   | H <sub>3</sub> |                   |                 |
| 308.7 <sup>b</sup>     | 2519.9 <sup>b</sup>                 | 385.4 <sup>g</sup>                 | 3569 <sup>e</sup>                 | 1227.3 <sup>b</sup>                | H <sub>1</sub> |                   |                 |
| 311.4 <sup>b</sup>     | 2523.8 <sup>b</sup>                 | 375.4 <sup>g</sup>                 | 3571.4 <sup>e</sup>               | 1229 <sup>b</sup>                  | H <sub>2</sub> | S <sub>1</sub>    |                 |
| 310.2 <sup>b</sup>     | 2520.4 <sup>b</sup>                 | 369.9 <sup>g</sup>                 | 3543 <sup>e</sup>                 | 1228 <sup>b</sup>                  | H <sub>3</sub> |                   |                 |
| 205.7 <sup>f</sup>     | 2003.6 <sup>e</sup>                 | 735.7 <sup>e</sup>                 | 3968 <sup>bc</sup>                | 709.9 <sup>e</sup>                 | H <sub>1</sub> |                   |                 |
| 209.2 <sup>f</sup>     | 1999.5 <sup>e</sup>                 | 728.1 <sup>e</sup>                 | 39.74.3 <sup>bc</sup>             | 708.7 <sup>e</sup>                 | H <sub>2</sub> | S <sub>2</sub>    | D <sub>3</sub>  |
| 201 <sup>f</sup>       | 2001.6 <sup>e</sup>                 | 719.7 <sup>e</sup>                 | 3981 <sup>bc</sup>                | 707.9 <sup>e</sup>                 | H <sub>3</sub> |                   |                 |
| 277.1 <sup>c</sup>     | 2318.8 <sup>c</sup>                 | 544.2 <sup>f</sup>                 | 3879 <sup>c</sup>                 | 1025.4 <sup>c</sup>                | H <sub>1</sub> |                   |                 |
| 284.8 <sup>c</sup>     | 2315.5 <sup>c</sup>                 | 538.7 <sup>f</sup>                 | 3881 <sup>c</sup>                 | 1023.1 <sup>c</sup>                | H <sub>2</sub> | S <sub>3</sub>    |                 |
| 285.9 <sup>c</sup>     | 2321.2 <sup>c</sup>                 | 527.9 <sup>f</sup>                 | 3537.5 <sup>e</sup>               | 1026.5 <sup>c</sup>                | H <sub>3</sub> |                   |                 |
| +20.87                 | +120.5                              | +124.3                             | +192.3                            | +21                                |                | LSD <sub>1%</sub> |                 |

تنش رطوبتی در مرحله گرده افشانی و لقاح، تعداد دانه‌ها را به علت پساآیدگی های دانه‌های گرده کاهش داد و رشد لوله گرده در خامه و بافت تخمدان و تخمک‌ها را به شدت تحت تأثیر قرار داد و مانع رشد لوله‌های گرده شد، بدین ترتیب کاهش رطوبت، سبب کاهش عملکرد دانه و از طرفی باعث کم شدن وزن دانه‌ها نیز شد. در تحقیق دیگری تنش کمبود آب انتقال مواد غذایی را از برگ‌ها به دانه‌ها کاهش داد، همچنین کمبود آب باعث رسیدن سریع دانه‌ها و در نتیجه کاهش وزن دانه گیاه شد (احمدی، ۱۳۷۳). بنابراین همچنانکه ماجادو و همکاران (۱۹۹۳) بیان نمودند تنش خشکی به علت کاهش ظرفیت انتقال مواد فتوسنتزی به دانه، باعث چروکیدگی دانه‌ها و کاهش وزن هزار دانه می‌شود.

بیشترین مقدار کلروفیل a در تیمار  $D_1S_2H_1$  (آبیاری پس از تخلیه ۰/۵٪ ظرفیت زراعی، سالیسیلیک اسید ۰/۵ میلی‌مولار و هیبرید پاشن) به میزان ۹۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و کمترین آن نیز به مقدار ۳۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر در تیمار  $D_3S_2H_2$  (آبیاری پس از تخلیه ۰/۷٪ ظرفیت زراعی، سالیسیلیک اسید ۱ میلی‌مولار و هیبرید چلنجر) حاصل شد (جدول ۳). گزارش شده است که میزان کلروفیل با کاربرد سالیسیلیک اسید افزایش یافت (ال طیب، ۲۰۰۵). مای‌بانگسا و همکاران (۲۰۰۱) و سیواکومار (۲۰۰۱) نشان دادند که گیاهان تیمار شده با ۱۰۰ ppm سالیسیلیک اسید میزان تجمع کلروفیل زیادتری داشتند و همان‌طوری که هیات و همکاران (۲۰۰۹) و هوروات و همکاران (۲۰۰۷b) معتقدند، افزایش پارامترهای رشد و رنگیزه‌های فتوسنتزی در پاسخ به پیش تیمار SA ممکن است مربوط به القای پاسخ‌های آنتی‌اکسیدان که سلول‌ها را از آسیب‌های اکسیداتیو ناشی از تنش محافظت می‌نماید باشد.

بیشترین مقدار کلروفیل b در تیمار  $D_1S_2H_1$  (آبیاری پس از تخلیه ۰/۵٪ ظرفیت زراعی، سالیسیلیک اسید ۰/۵ میلی‌مولار و هیبرید پاشن) معادل ۱۳۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ و کمترین مقدار در تیمار  $D_3S_2H_2$  (آبیاری پس از تخلیه ۰/۷٪

گرم در متر مربع حاصل شد (جدول ۳). متوالی و همکاران (۲۰۰۳) بیان نمودند که محلول پاشی گیاهچه‌های جو با سالیسیلیک اسید باعث افزایش وزن خشک‌ریشه‌ها و برگ گردید. گیاهان برنج تیمار شده با ۱۰۰ ppm سالیسیلیک اسید ماده خشک بیشتری نسبت به گیاهان تیمار نشده داشتند (مایبینگ‌سا و همکاران، ۲۰۰۱). در اثر کاهش میزان رطوبت نسبی (RWC) و کاهش پتانسیل آب برگ، سرعت فتوسنتز برگ گیاهان کاسته می‌شود (لولور و کورنیک، ۲۰۰۲). دیگانگ و همکاران (۲۰۰۱) بیان کردند که محلول‌پاشی گیاه ذرت با ۵۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم استیل سالیسیلیک اسید باعث افزایش تحمل به تنش کمبود آب و افزایش عملکرد گردید.

بیشترین میانگین عملکرد تر بلال با  $2749/3$  گرم در متر مربع در ترکیب تیماری آبیاری پس از تخلیه ۰/۵٪ ظرفیت زراعی، سالیسیلیک اسید با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار و هیبرید پاشن و کمترین مقدار این صفت با  $1999/5$  گرم در متر مربع در تیمار آبیاری پس از تخلیه ۰/۷٪ ظرفیت زراعی، مصرف سالیسیلیک اسید ۰/۵ میلی‌مولار و هیبرید بیسین حاصل شد. به اعتقاد شارپ و داویس (۱۹۸۹) رشد قسمت‌های هوایی گیاه نسبت به کمبود آب حساس‌تر از رشد ریشه می‌باشند. کاهش میزان رشد در شرایط تنش شوری یا خشکی می‌تواند به دلیل دخالت در فرآیندهای دخیل در تولید انرژی مثل فتوسنتز و تنفس باشد. تغییر در تعادل هورمونی نیز یکی دیگر از دلایل کاهش رشد می‌باشد (پندی و همکاران، ۲۰۰۳).

بیشترین مقدار وزن هزار دانه در تیمار  $D_1S_2H_3$  (آبیاری پس از تخلیه ۰/۵٪ ظرفیت زراعی، سالیسیلیک اسید ۰/۵ میلی‌مولار و هیبرید چلنجر) معادل  $345/6$  گرم و کمترین مقدار در تیمار  $D_3S_2H_3$  (آبیاری پس از تخلیه ۰/۷٪ ظرفیت زراعی، مصرف سالیسیلیک اسید ۰/۵ میلی‌مولار و هیبرید چلنجر) معادل ۲۰۱ گرم حاصل شد. بقایی و همکاران (۱۳۸۳) با بررسی تنش کمبود آب بر لوبیا متوجه شدند که



جدول ۴- اثر سالیسیلیک اسید بر عملکرد و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی هیبریدهای ذرت شیرین در شرایط تنش خشکی

| صفات مورد بررسی  |   |  |  |                | تیمارها           |                             |
|--|---|--|--|----------------|-------------------|-----------------------------|
| پراکسیداز<br>( $\mu$ mol H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /min<br>mg) | کاتالاز<br>(m mol H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /min<br>mg) | کلروفیل b<br>(میلی گرم بر گرم<br>وزن تر) | کلروفیل a<br>(میلی گرم بر گرم وزن<br>تر) | هیبرید         | سالیسیلیک<br>اسید | تنش کمبود<br>آب             |
| 144 a  | 47 bcd  | 119.2 abc                                | 67.1 bcde                                | H <sub>1</sub> | S <sub>1</sub>    | D <sub>1</sub> <sup>¥</sup> |
| 141.5 a  | 45.5 cde  | 115 bcd                                  | 55.5 fg                                  | H <sub>2</sub> |                   |                             |
| 138.1 a  | 48 abc  | 113 cde                                  | 55.3 fg                                  | H <sub>3</sub> |                   |                             |
| 101.7 b  | 57 a  | 135 a                                    | 98 a                                     | H <sub>1</sub> | S <sub>2</sub>    | D <sub>1</sub> <sup>¥</sup> |
| 98.6 b   | 55.3 abc  | 131 abc                                  | 78.4 b                                   | H <sub>2</sub> |                   |                             |
| 96.9 b   | 55.2 ab   | 133 ab                                   | 76 bc                                    | H <sub>3</sub> |                   |                             |
| 93.6 b   | 53 abc  | 130 abc                                  | 94 a                                     | H <sub>1</sub> | S <sub>3</sub>    | D <sub>2</sub>              |
| 93.6 b   | 53.3 abc  | 130.4 abc                                | 78 b                                     | H <sub>2</sub> |                   |                             |
| 92 b   | 51.1 abc  | 126 abc                                  | 73.5 bcd                                 | H <sub>3</sub> |                   |                             |
| 57.2 ef  | 35.3 f  | 75.2 ghi                                 | 47.1 g                                   | H <sub>1</sub> | S <sub>1</sub>    | D <sub>3</sub>              |
| 56.1 f   | 36 ef   | 72 hi                                    | 47 g                                     | H <sub>2</sub> |                   |                             |
| 55.9 f   | 35.5 f  | 71 hi                                    | 47 g                                     | H <sub>3</sub> |                   |                             |
| 79.5 cd  | 38.4 def  | 98.1 def                                 | 94 a                                     | H <sub>1</sub> | S <sub>2</sub>    | D <sub>2</sub>              |
| 80.1 c   | 37.5 def  | 96 ef                                    | 73.3 bcd                                 | H <sub>2</sub> |                   |                             |
| 77.2 cd  | 37.1 ef   | 92.4 fg                                  | 73 bcd                                   | H <sub>3</sub> |                   |                             |
| 71.9 cd  | 38.5 def  | 90 fgh                                   | 34 h                                     | H <sub>1</sub> | S <sub>3</sub>    | D <sub>2</sub>              |
| 69.5 cd  | 37.5 def  | 86 fghi                                  | 33.1 h                                   | H <sub>2</sub> |                   |                             |
| 67.7 de  | 37.5 def  | 87.3 fghi                                | 33.1 h                                   | H <sub>3</sub> |                   |                             |
| 41.5 g   | 29.4 f  | 72.1 hi                                  | 74.5 bcd                                 | H <sub>1</sub> | S <sub>1</sub>    | D <sub>3</sub>              |
| 43.02 g  | 31 f  | 70 i                                     | 72.7 bcd                                 | H <sub>2</sub> |                   |                             |
| 43 g   | 30.9 f  | 70.3 hi                                  | 72.1 bcd                                 | H <sub>3</sub> |                   |                             |
| 55 f   | 35.4 f  | 88.7 fghi                                | 34 h                                     | H <sub>1</sub> | S <sub>2</sub>    | D <sub>3</sub>              |
| 68.1 de  | 37 ef   | 87.6 fghi                                | 33.5 h                                   | H <sub>2</sub> |                   |                             |
| 68.3 de  | 35.8 ef   | 83.1 fghi                                | 33 h                                     | H <sub>3</sub> |                   |                             |
| 55.3 f   | 36.2 ef   | 72.3 hi                                  | 64.3 cdef                                | H <sub>1</sub> | S <sub>3</sub>    | D <sub>3</sub>              |
| 48.5 gf  | 33.5 f  | 71 hi                                    | 63 def                                   | H <sub>2</sub> |                   |                             |
| 47.3 gf  | 35.1 f  | 70.2 i                                   | 59 ef                                    | H <sub>3</sub> |                   |                             |
| +10.21   | +8.3  | +16.7                                    | +10.39                                   |                | LSD <sub>1%</sub> |                             |

D<sub>1</sub><sup>¥</sup>، D<sub>2</sub> و D<sub>3</sub> به ترتیب آبیاری پس از تخلیه ۵۰٪ ظرفیت زراعی، آبیاری پس از تخلیه ۶۰٪ ظرفیت زراعی و آبیاری پس از تخلیه ۷۰٪ ظرفیت زراعی، S<sub>1</sub>، S<sub>2</sub> و S<sub>3</sub> به ترتیب عدم محلول پاشی به عنوان شاهد، محلول پاشی با غلظت ۰/۵ میلی مولار و محلول پاشی با غلظت یک میلی مولار و H<sub>1</sub>، H<sub>2</sub> و H<sub>3</sub> به ترتیب هیبریدهای چلنجر، بیسین و پاشن.

همکاران (۱۳۸۷) بیان نمودند میزان این آنزیم با افزایش سطح تنش و افزایش غلظت سالیسیلیک اسید افزایش یافت. چنین به نظر می‌رسد که افزایش غلظت سالیسیلیک اسید خود به صورت یک تنش عمل نموده و سبب افزایش میزان آنزیم پراکسیداز شد. این نتایج با یافته‌های جاندا و همکاران (۲۰۰۰) که بیان نمودند سالیسیلیک اسید باعث افزایش میزان آنزیم پراکسیداز در گیاهان ذرت تحت تنش کم آبی شد، مطابقت داشت. اشرف و همکاران (۱۹۹۴) بیان نمودند که فعالیت پراکسیداز در گندم تحت تنش کم آبی افزایش یافت. در یک بررسی دیگر افزایش شدت شوری باعث افزایش پراکسیداز در برگ و ریشه‌های گیاه جو شد (ال طیب ۲۰۰۵).

آگاروال و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که کاربرد یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید، اثر مؤثری بر افزایش فعالیت سوپراکسید دیسموتاز (SOD)، آسکوربیک پراکسیداز (ASPO) و کاتالاز (CAT) داشت. در یک تحقیق دیگر آنانیوا و همکاران (۲۰۰۴) گزارش دادند که تیمار سالیسیلیک اسید به تنهایی باعث افزایش در فعالیت سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز و کاتالاز به ترتیب ۱۷- ۲۵ و ۲۰ درصد در مقایسه با تیمارهای شاهد گردید. سالیسیلیک اسید باعث کاهش فعالیت کاتالاز در گوجه‌فرنگی (سناراتنا و همکاران، ۲۰۰۰) گردید. آزمایش‌های دیگر نشان داد که کاربرد سالیسیلیک اسید در گیاه گندم هیچ‌گونه تغییری در فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز به وجود نیاورد در صورتی که باعث کاهش در فعالیت کاتالاز و افزایش پراکسیداز بعد از یک روز محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید گردید (کانگ و همکاران، ۲۰۰۳). در یک تحقیق دیگر کاربرد ۰/۲۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید به صورت محلول‌پاشی در گیاه کتاک‌بلوگراس تحت تنش گرما فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز افزایش یافت (هی و همکاران، ۲۰۰۵). در غلظت بالای SA، بسیاری از صفات روند کاهشی داشتند و همان طور که زای و چن

ظرفیت زراعی، عدم مصرف SA و هیبرید بیسین) معادل ۷۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ حاصل شد. کومار و همکاران (۲۰۰۰) گزارش دادند که کاربرد سالیسیلیک اسید سرعت فتوسنتز و تعرق و هدایت روزنه‌ای را در گیاهان تحت تنش در مقایسه با گیاهان شاهد افزایش داد. اثر سالیسیلیک اسید روی فعالیت‌های روزنه، میزان کلروفیل، سرعت تعرق و مسیرهای تنفسی این فرض را پیش می‌آورد که سالیسیلیک اسید ممکن است بر سایر اعمال فیزیولوژیکی گیاه از جمله میزان کلروفیل تاثیر بگذارد.

بیشترین مقدار آنزیم کاتالاز در تیمار  $D_1S_1H_1$  (آبیاری پس از تخلیه ۵۰٪ ظرفیت زراعی، سالیسیلیک اسید ۰/۵ میلی‌مولار و هیبرید پاشن) معادل ۵۷ میلی‌گرم پروتئین در دقیقه و کمترین مقدار در تیمار  $D_3S_1H_1$  (آبیاری پس از تخلیه ۷۰٪ ظرفیت زراعی، عدم مصرف سالیسیلیک اسید و هیبرید پاشن) معادل ۲۹/۴ میلی‌گرم پروتئین در دقیقه حاصل شد. هیات و همکاران (۲۰۰۵) بیان کردند که سالیسیلیک اسید در شرایط تنش، میزان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، مثل کاتالاز و پراکسیداز را زیاد می‌کند و به عنوان یک سوپراکسیداز دهنده الکترون برای کاتالاز و پراکسیداز عمل نموده و باعث کاهش تنش می‌گردد. به نظر می‌رسد همان طور که نتو و همکاران (۲۰۰۵) بیان کردند تنش کمبود آب موجب افزایش میزان آنزیم کاتالاز گردد. این آنزیم از طریق سم‌زدایی فرم‌های اکسیژنی فعال (ROS) مثل پراکسید هیدروژن و کاتالیز آن به آب و اکسیژن در کاهش خسارت اکسیداتیو ناشی از تنش کمبود آب مؤثر است. با افزایش غلظت سالیسیلیک اسید میزان این آنزیم افزایش یافت.

بیشترین مقدار آنزیم پراکسیداز در تیمار  $D_1S_1H_1$  (آبیاری پس از تخلیه ۵۰٪ ظرفیت زراعی، عدم مصرف SA و هیبرید پاشن) معادل ۱۴۴ میلی‌گرم پروتئین در دقیقه و کمترین مقدار در تیمار  $D_3S_1H_1$  (آبیاری پس از تخلیه ۷۰٪ ظرفیت زراعی، عدم مصرف SA و هیبرید پاشن) معادل ۴۱/۵ میلی‌گرم پروتئین در دقیقه حاصل شد. دولت آبادیان و

ترکیبات فنلی، سبب نگهداری آب و کاهش اثر تنش کمبود آب در گیاه می‌گردد و تا حد زیادی می‌تواند از اثرات تنش کمبود آب در گیاه جلوگیری نماید.

#### سپاسگزاری

از اساتید محترم جناب آقایان دکتر شهرام لک، دکتر احمد نادری، دکتر مانی مجدم و دکتر هوشنگ فرجی که در انجام مراحل مختلف این پژوهش همکاری داشتند ضمیمانه تقدیر و تشکر می‌نمایم.

(۱۹۹۹) بیان نمودند غلظت بالای سالیسیلیک اسید با انباشته شدن در سلول خاصیت بازدارندگی خود را به صورت اثر بر تولید برخی بازدارنده‌ها همچون اتیلن و آبسزیک اسید نشان داده و باعث کاهش تنفس سلول و اثر سوء بر بسیاری از صفات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی گیاه و در نتیجه کاهش عملکرد دانه و سایر صفات می‌شود.

با توجه به نتایج این تحقیق و نتایج تحقیقات دیگر محققین می‌توان گفت که تنش کمبود آب از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر فعالیت‌های متابولیکی گیاه بوده و سبب کاهش عملکرد گیاه می‌شود. سالیسیلیک اسید نیز ماده‌ای است که با داشتن

#### منابع

احمدی، م؛ جاویدفر، ر. ۱۳۷۳. تغذیه گیاه روغنی کلزا، شرکت سهامی خاص توسعه کشت دانه‌های روغنی، تهران. ۱۹۴ صفحه.  
برادران فیروزآبادی، م، م. ر. شکیب، ف. رحیم‌زاده خویی، س. ج. طباطبایی و م، تورچی. ۱۳۸۶. تاثیر نیتروژن و تنش خشکی بر انتقال مجدد ذخایر از اندام رویشی جو و سهم آن در پر کردن دانه. مجله علمی پژوهشی دانش کشاورزی. جلد ۱۷. شماره ۲.

۸۱-۶۵

بقایی، ن. ۱۳۸۳. بررسی اثر تنش کمبود آب در مراحل مختلف نمو عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم لوبیا چیتی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج.

حاج حسنی اصل، ن، م. رشدی، م. غفاری، ا. علیزاده و ا. مرادی اقدم. ۱۳۸۷. اثر تنش کمبود آب و برگ‌زنی بر شاخص‌های رشد آفتابگردان روغنی. مجله پژوهش در علوم زراعی. سال اول. شماره ۱.

رضایی‌زاد، ع. ۱۳۸۳. بررسی اثرات تنش خشکی بر روی تغییرات عملکرد و اجزای آن در آفتابگردان. چکیده مقالات هشتمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران ن. دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان.

علیزاده، ا. ۱۳۸۷. رابطه آب و خاک و گیاه. انتشارات آستان قدس. ۴۸۰ صفحه.

دولت‌آبادیان، آ؛ مدرس ثنوی، س، اعتمادی، ف، ۱۳۸۷. اثر پیش تیمار سالیسیلیک اسید بر جوانه زنی بذر گندم در شرایط تنش شوری، زیست‌شناسی ایران، ۲۱: ۷۰۲-۶۹۲

نارکی، ه. فرجی، ه. صالحی، ا. ۱۳۹۲. ارزیابی تولید بهاره ذرت شیرین (*Zea mays var saccharata*) با استفاده از کشت زیر پلاستیک در گچساران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشگاه یاسوج.

Afkari Bajehbaj, A., N. Qasimov and M. Yarnia. 2009. Effects of drought stress and potassium on some of the physiological and morphological traits of sunflower cultivars. J. of food, Agriculture & Environment Vol. 7(3-4): 448-451.

Agarwal, S., K. R. Sairam, G. C. Srivastava, T. Aruna and C. R. Meena. 2005. Role of ABA, Salicylic acid, calcium and hydrogen peroxide on antioxidant enzyme induction in wheat seedlings. Plant Sci: 169: Pp. 559-570.

Ahmet Korkmaz. M. Uzunlu. A. Demirkiran Treatment with acetyl salicylic acid protects muskmelon seedlings Against drought stress. Plant Physiol (2007) 29: 503-508.

- Ananieva, A. E., K. N. Christov and L. P. Popova. 2004. Exogenous treatment with salicylic acid leads to increased antioxidant capacity in leaves of barley plants exposed to paraquat.
- Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiol.* 24;1-10.
- Ashraf, M. Y., A. R. Azmi, A. H. Khan and S. A. Ala. 1994. Effect of water stress on total phenols, Peroxidase activity and chlorophyll content in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Acta Physiologica Plantarum.* 16 (3): Pp. 185-191.
- Ashraf, M. And J. W. Oleary. 1996. Effect of drought stress on growth, water relations and gas exchange of two lines of sunflower differing in degree of salt tolerance. *Int. J. Plant Sci.*, 157: Pp. 729-732.
- Chance, B. and Maehly, A. C. 1955. Assay of catalases and peroxidases. *Methods in Enzymologist*, 11: 764-755.
- Chaves, M. M., J. P. Morocco and J. S. Pereira, 2003. Understanding plant response to drought: from genes to the whole plant. *Funct. Plant Biol.*, 30: Pp. 239-264.
- Chen, H., R. G. Qualls and G. C. Miller. 2002. Adaptive responses of *Lepidium latifolium* to soil flooding: biomass allocation, adventitious rooting, parenchyma formation and ethylene production. *Environmental and Experimental Botany*48: 119-128.
- Daneshian, J., M. R. Ardakani and D. Habibi. 2005. Drought stress effects on yield, quantitative characteristics of new sunflower hybrids. The 2, international conference on integrated approaches to sustain and improve plant production under drought stress. Roma. Italy. P:406.
- Deguang, Y., S. xiuying., Z. TianHong and Y. Wench. 2001. Drought-resistant effect of exogenous oxygen remover on maize. *Beijing Agricultural Sciences.* 19 (5 Pp. 25-27.
- Dogget, H. 1970. *Sorghum. Lougmans.* 403 pp.
- El-Tayeb, M, A. 2005. Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regul* 45 : 215-224.
- Evans, L., T. 1993. *Crop evolution, Adaptation and yield.* Cambridge university press. 500pp.
- Fariduddin, Q., S. Hayat and A. Ahmad. 2003. Salicylic acid influences the net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity and seed yield in *Brassica juncea*. *Photosynthetica.* 41: Pp. 281-284.
- Hakimi, A. 2008. Effect of salicylic acid on biochemical changes in wheat plants under khat leaves residues. *Plant Soil and Environment*54(7): 288-293.
- He, Y., Y. Liu, W. Cao, M. Huai, B. Xu and B. Huang. 2005. Effect of salicylic acid on heat tolerance associated with antioxidant metabolism in the Kentucky Bluegrass. *Crop Sci.*, 45: Pp. 988-995.
- Hamada, A. M. And A. M. A. Al- Hakimi. 2001. Salicylic acid versus salinity drought induced stress on wheat seedlings. *Rostlinna Vyroba.* 47: Pp. 444-450.
- Hayat Q. Hayat S, Irfan M, Ahmad A. 2005. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: a review. *Environ Exp Bot.* 68(1): 14-25.
- Hayat S, Masood A, Yusef M, Fariduddin Q, Ahmad A (2009) Growth of Indian Zea maize in response to salicylic acid under high-temperature stress. *Braz Journal Plant Physiology.* 21(3):187- 195.
- Horvath E, Szalai G, Janda, T. 2007b. Induction of abiotic stress tolerance by salicylic acid signaling. *J Plant Growth Regulation.* 26: 290-300.
- Janda T, G Szala, and, Z, Antunovics, E, E, Hovart Paldi. 2000. Effect of benzoic acid and aspirin on chilling tolerance and photosynthesis in young mice. *Plants. Mydica* 45:29-33.

- Kang, G., C. Wang, G. Sun and Z. Wang. 2003. Salicylic acid changes activities of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-metabolizing enzymes and increases the chilling tolerance of banana seedlings. *Environ. Exp. Bot.*, 50: Pp. 9-15.
- Khodary, S. E. A. 2004. Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt-stressed maize plants. *Intl. J. Agri. Biol.*, 6: Pp. 5-8.
- Kumar, P., L. N. Jyothi and V. P. Mania. 2000. Interactive effects of salicylic acid and phytohormones on photosynthesis and grain field of soybean (*Glycine max L. Merrill*). *Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 6: Pp. 179-186.
- Khan, W., B. Prithviraj and D. L. Smith. 2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. *J. Plant Physiol.*, 160 (5): Pp. 485-492.
- Lawlor, D.W. And G. . Cornice, 2002. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. *Plant cell Environ.*, 25: Pp.275-295.
- Lian, B., x. Zhou, M. Miransari and D. L. Smith. 2000. Effects of Salicylic acid on the development and root nodulation of soybean seedlings. *J. Agron. And Crop Sci.*, 185 (3): Pp.187-192.
- Mac-Adam, J.W., Nelson, C.J. and Sharp,R.E. 1992. Peroxidase activity in the leaf elongation zone of tall fescue. *Plant Physiol.* 99: 872-878.
- Machado, E.C., Lagoa, A.M.A., and Ticelli, M. 1993. Source-sink relationships in wheat subjected to water stress during three productive stages. *Revista Brasileira de Fisiologia vegetal.* 5 (2) : 145-150.
- Maibangsa, S., M. Thangaraj and Roy. 2001. Alleviation of low irradiance stress in rice (*Oryza sativa L.*) by growth regulators. *Annals of plant Physiol.*, 13 (2): 133-142.
- Maibangsa, S., M. Thangaraj and R. Stephen. 2000. The effect of brassinosteroid and Salicylic acid on rice (*Oryza sativa L.*) grown under low irradiance condition *Indian J. Agric. Res.*, 34 (4) : Pp.258-260.
- Metwally, A., I. Finkemeier, M. George and K. Dietz. 2003. Salicylic acid alleviates the cadmium toxicity in barley seedling. *Plant Physiol.* 132 : Pp. 272-281.
- Neto, A. D., Gomes Filo, E. ( 2005) Effect of salt stress on antioxidant and lipid peroxidation in leaves and roots of salt tolerance and salt sensitive maize genotype, Pal, M., G. Szalai., E. Netondo G.W, Onyango J.C, Beck, E. 2004. Sorghum and Salinity: II. Gas Exchange and Chlorophyll Fluorescence of Sorghum under Salt Stress. *Crop Science.* 44:806–811.
- Oktem, A., A. Gulgunoktem and Y. Coskon. 2004. Determination of sowing dates of sweet corn (*zea mays L. saccharata sturt.*) under sunliurfa conditions. *Turkish. J. Agric.*, 28: 83-91.
- Pandey DM, Goswami, CL, Kumar, B. 2003. Physiological effects of plant hormones in cotton under drought. *Biological Plant.* 47(4): 535-540.
- Passioura, J. B. 1988. Root signals contention in wheat seedling growing in drying soil. *Aus. J. Plant Physiol.*, 15 : Pp. 687-693.
- Sakhabutdinova A.R, D.R, Fatkhutdinova and, M.V, Bezrukova, F.M, Shakirova .2003. Salicylic acid prevents the damaging action of stress factors on wheat plants. *Bulge J Plant Physiol* 29:314-319. Special Issue.
- Sanna, A. M. Z., S. I. Ibrahim and H. A. M. S. Eden. 2001. The effect of naphthalene acetic acid (NAA), salicylic acid (SA) and their combination of growth, fruit setting, yield and some correlated components in dry beans (*Phaseolus vulgaris L.*) *Annals of Agric, Sci., (Cairo).* 46 (2): Pp. 451-463.
- Senaratna, T., Touchell, D.,and E, Bunn., K, Dixon, 2000. Acetylsalicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plant. *Plant Growth Regul.* 30, 157-161.

- Sharp, R. E. and W. J. Davies. 1989. Regulation of growth and development of plants growing with a restricted supply of water. In: Jones HG, Flowers TL, Jones MB, Eds. A plant under stress: Cambridge: Cambridge University Press. Pp. 71-93.
- Singh, B. and Usha, K. 2003. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. *Plant Growth Regul.* 39: Pp. 137-141.
- Wiely, J. and P. Sons. 1987. Sweet corn in vegetable characteristics production and marketing university and New Hampshire. Pp 383-397.
- Xie. Z., and Chen. z. Salicylic Acid Induces Rapid Inhibition Of Mitochondrial Electron Transport and Oxidative Phosphorylation in wheat cells. *Plant Physiol.* 1999.120 (1): 217-226.

## Effects of salicylic acid on yield and some physiological characteristics of sweet corn hybrids under water deficit stress condition

Sayyed Salar Habibpor<sup>1</sup>, Ahmad Naderi<sup>2,\*</sup>, Shahram, Lake<sup>3</sup>, Hoshang, Faraji<sup>4</sup>, Manny, Mojaddam<sup>3</sup>

1- PhD student of Agriculture, Islamic Azad University, Science and Research Branch of Khuzestan

2 - Faculty member of Agricultural and Natural Resources Research and Training Center of Khuzestan

3-Training Center of Khuzestan, Faculty member of Islamic Azad University, Ahvaz

4- Member of the board Yasouj University.

### Abstract

The current study was carried out to determine the effect of different levels of salicylic acid (SA) on yield and some physiological characteristics of sweet corn hybrids under water stress, using split plots in the base of randomized complete block design with three replications. Treatments were included water stress and salicylic acid both at three levels and three hybrids of sweet corn (pashen, basin and chalenjer) respectively as main plot, sub plot and sub sub plots. The results showed that the effects of water stress were significant on all traits. The effect of SA was significant on most traits except catalase including canned yield, fresh forage weight, dry forage weight, wet ear yield, 1000 seeds weight, a chlorophyll, b chlorophyll and peroxidase. The effect of hybrids were significant on canned yield, wet and dry forage yield and "a" chlorophyll content of leaf, but were not significant on other traits. The interaction between water stress, salicylic acid and hybrids were significant on all traits. The maximum amount of canned yield, wet forage weight, dry forage weight, fresh ear yield, were obtained respectively 1455, 4541, 1123 and 2749.3 gr/m<sup>2</sup> when the three following treatments, irrigation after drainage 50% available soil water, SA 0.5 ml molar and pashen hybrid were combined. In general the results showed that application of SA relatively reduced the negative effects of water deficit stress.

**Key words:** Salicylic acid, Water stress, Sweet corn, Yield

\* Corresponding Author: Ahmad Naderi, E-mail: ah\_naderi@yahoo.com