



## تاثیر رژیم های آبیاری واسیدسالیلیک بر عملکرد دانه و برخی ویژگی های فیزیولوژیک ذرت

پرستو آق مسجیدی<sup>۱</sup>، مهرداد یارنیا<sup>۲</sup>

دریافت: ۹۴/۱۰/۹ پذیرش: ۹۵/۳/۳

### چکیده

این بررسی با هدف مطالعه تاثیر تیمارهای گوناگون آبیاری در مراحل مختلف رشدی و محلول پاشی اسید سالیسیلیک بر رشد و عملکرد ذرت (*Zea mays L.*) در سه تکرار به صورت آزمایش کرت های دوبارخردشده و با طرح بلوک های کامل تصادفی در شرایط مزرعه ای و در سال ۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز انجام پذیرفت. در این بررسی عامل نخست شامل سه رژیم آبیاری بر اساس میزان تبخیر از تشتک کلاس A (آبیاری پس از ۷۰، ۱۱۰ و ۱۵۰ میلی متر تبخیر از تشتک کلاس A) به عنوان عامل اصلی، عامل دوم مراحل رشدی گیاه از لحاظ اعمال کم آبی (۸ برگگی، ظهور گل نر و پر شدن دانه) و عامل سوم تیمار اسید سالیسیلیک در ۲ غلظت [صفر (شاهد) و ۱۰۰۰ پی پی ام] بود. نتایج نشان داد که اعمال کم آبی در تمامی مراحل رشدی، کاهش معنی داری در عملکرد دانه ذرت باعث شد. اعمال تیمار آبیاری پس از ۱۱۰ میلی متر تبخیر از تشتک در مرحله پر شدن دانه تاثیری بر عملکرد دانه نداشت، ولی با تشدید کم آبی، کاهش ۲۵/۶ درصد در عملکرد دانه به دست آمد. کاهش مشابهی با اعمال کم آبی در مرحله ظهور گل نر وجود داشت و در مرحله ظهور گل نر با اعمال رژیم های آبیاری پس از ۱۱۰ و ۱۵۰ میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر از عملکرد دانه به ترتیب ۲۳/۳ و ۲۹/۷ درصد کاسته شد. بیشترین کاهش عملکرد با اعمال کم آبی در مرحله رشد رویشی به دست آمد و اعمال رژیم آبیاری پس از ۱۵۰ میلی متر تبخیر از تشتک، ۵۳/۹ درصد از عملکرد دانه ذرت کاست. محلول-پاشی اسید سالیسیلیک افزایش ۱۷/۷ درصدی را در عملکرد دانه ذرت را با میزان ۱۰۱۳ گرم در متر مربع باعث شد. در بین اجزای عملکرد وزن ۱۰۰ دانه تحت تاثیر کم آبی قرار نگرفت، ولی تعداد دانه کاهش معنی داری تحت تاثیر کم آبی نشان داد، در این بررسی کاهش سطح برگ و میزان کلروفیل، از عوامل مهم کاهنده عملکرد و اجزای عملکرد ذرت تحت تاثیر کم آبی بود ولی مصرف اسید سالیسیلیک با تاثیر مثبت بر این صفات از خسارات تنش کم آبی کاهش داد.

واژه های کلیدی: بلال، تشتک تبخیر، رژیم آبیاری، محلول پاشی

آق مسجیدی، پ. و م. یارنیا. ۱۳۹۸. تاثیر رژیم های آبیاری واسیدسالیسیلیک بر عملکرد دانه و برخی ویژگی های فیزیولوژیک ذرت. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۳۷: ۲۵-۱۳.

۱ - دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

۲ - استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران - مسئول مکاتبات. yarnia@iaut.ac.ir

## مقدمه

ذرت گیاهی تک لپه و آلوگام است (پورتا و همکاران، ۲۰۰۸). این گیاه دارای تنوع ژنتیکی بالایی می‌باشد که با تنوع بالای بیولوژیکی همراه است (سوفی و همکاران، ۲۰۰۶). ذرت سومین غله مهم در جهان بعد از گندم (*Triticum aestivum*) و برنج (*Oryza sativa*) است و غذای بسیاری از مردم را در سرتاسر جهان تامین می‌کند (مالیک و همکاران، ۲۰۱۰).

کم آبی یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش دهنده رشد و عملکرد ذرت است (علی و همکاران، ۲۰۱۱؛ کاسیه و همکاران، ۲۰۱۳). تنش خشکی خطرناک‌ترین عامل محیطی است که به صورت محسوسی می‌تواند رشد، کارایی و نیروی تولید گیاهان زراعی را به شدت کاهش دهد (استویلو و همکاران، ۲۰۱۰؛ پوانگیوت و همکاران، ۲۰۰۹). تنش خشکی، عملکرد گیاهان زراعی دانه ای را از طریق سه سازوکار عمده کاهش می‌دهد که شامل کاهش میزان دریافت تابش فعال فتوسنتزی توسط سایه انداز گیاهی (به دلیل کاهش رشد برگ‌ها و پیری زودرس برگ‌ها)، کاهش کارایی مصرف انرژی و کاهش شاخص برداشت (به دلیل تخصیص کمتر مواد پرورده به بخش‌های اقتصادی گیاهان زراعی) می‌باشد (هلاوینکا و همکاران، ۲۰۰۹). در ذرت، آبیاری به دلیل تغییرپذیری بالای عملکرد اقتصادی به زیست توده در پاسخ به کمبود آب، از اهمیت بالایی برخوردار است (آدامتی و همکاران، ۲۰۱۰). پژوهش‌های بسیاری نشان داده است که آبیاری، عملکرد این گیاه را به شدت افزایش می‌دهد. بنابراین، این گیاه به خشکی حساس است (کانگ و همکاران، ۲۰۱۰). بر اساس اظهار نظر فنگ و همکاران (۲۰۰۹)، خشکی اصلی‌ترین عامل محدود کننده تولید ذرت در سرتاسر جهان است. این گیاه به خشکی در طی مراحل رشدی بسیار حساس است و در مقابل خشکی خاک در طی مراحل گل‌دهی و پر شدن دانه آسیب‌پذیری زیادی دارد (پینگ و همکاران، ۲۰۰۶). احمدی و بیکر (۲۰۰۰) نشان دادند در تنش ملایم آبی فتوسنتز به‌طور عمده از طریق عوامل قابل برگشت روزنه‌ای کاهش می‌یابد، اما در شرایط شدیدتر تنش یا تنش‌های طولانی مدت، عوامل غیر روزنه‌ای نیز مزید بر علت می‌گردند. اسید سالیسیلیک یک تنظیم کننده رشد گیاهی فنولیکی است که در تعدادی از فرایندهای فیزیولوژیکی گیاهان نقش مهمی به عهده دارد. نقش این ماده در جوانه‌زنی بذرها، فعالیت‌های آنزیمی، فتوسنتز، جذب و انتقال یون‌ها، نفوذپذیری غشای سلولی، باز و بسته شدن روزنه‌ها و رشد و نمو گیاهان به اثبات رسیده است. این ماده تنظیم کننده، همچنین

تحمل به تنش‌هایی، مانند خشکی و شوری را در گیاه القا می‌کند (رفیق و همکاران، ۲۰۱۱؛ ساجید و همکاران، ۲۰۱۲). همچنین، بسته به غلظت به‌کاررفته، گیاه، گونه، دوره‌ی رشدی و شرایط محیطی، اسید سالیسیلیک اثرات متفاوتی روی فرایندهای مختلف فیزیولوژیکی نظیر شروع برخی فرایندها و ممانعت برخی دیگر دارد (اقبال و همکاران، ۲۰۰۶). گزارش شده است که کاربرد سالیسیلات برون‌زا موجب افزایش مقاومت گیاهان نسبت به تنش خشکی و شوری می‌شود (تاری و همکاران، ۲۰۰۲). در مورد نقش اسیدسالیسیلیک بر رنگیزه‌های فتوسنتزی، لیوسیا و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که متیل سالیسیلات بر مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی اثری ندارد. بسیاری از پروتئین‌هایی که تحت تاثیر تنش‌ها در گیاه تولید می‌شود، توسط مواد تنظیم کننده‌ای مانند اسیدهای آسبیزیک و سالیسیلیک تولید می‌شوند (رحمان و همکاران، ۲۰۱۱). در گزارشی در مورد گیاه سورگوم دانه‌ای (*Sorghum bicolor* L.) بیان شده است که در شرایط تنش خشکی، رشد بخش هوایی و ریشه و ارتفاع گیاه تحت تاثیر اسید سالیسیلیک، افزایش قابل ملاحظه‌ای را نشان داده است (گیل و همکاران، ۲۰۰۳).

بر این اساس هدف از این مطالعه، بررسی تاثیر سطوح آبیاری و زمان اعمال کم آبی در شرایط استفاده از اسیدسالیسیلیک و بدون آن بر واکنش صفات مرتبط با عملکرد دانه ذرت سینگل کراس ۷۰۴ بود.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۳ در مزرعه‌ی تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز واقع در اراضی کرکج در ۱۵ کیلومتری شرق تبریز (طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۷ دقیقه‌ی شرقی و عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۵ دقیقه‌ی شمالی با ارتفاع ۱۳۶۰ متر) اجرا گردید. آزمایش به صورت کرت های دوبارخرد شده بر پایه‌ی طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. عامل نخست شامل سه رژیم آبیاری بر اساس میزان تبخیر از تشتک کلاس A (آبیاری پس از ۷۰، ۱۱۰ و ۱۵۰ میلی متر تبخیر از تشتک کلاس A) به عنوان عامل اصلی، عامل دوم مراحل رشدی گیاه از لحاظ اعمال کم آبی (۸ برگ، ظهور گل نر و پر شدن دانه) و عامل سوم تیمار اسید سالیسیلیک در ۲ غلظت (۰ (شاهد) و ۱۰۰۰ پی پی ام) بود. رقم مورد استفاده سینگل کراس ۷۰۴ بود که از سازمان جهاد کشاورزی استان آذربایجان شرقی تهیه گردید.

جدول ۱- آمار هواشناسی سال ۱۳۹۳ در دوره رشد ذرت

ماه های سال	تعداد روزهای بارانی	سمت باد بیشینه (درجه)	سرعت باد بیشینه (کیلومتر بر ساعت)	رطوبت میانگین (درصد)	رطوبت بیشینه (درصد)	رطوبت کمینه (درصد)	جمع ساعات آفتابی	حداکثر مطلق (سانتی گراد)	دمای بارش ماهانه (میلیمتر)	دمای میانگین دما (سانتی گراد)	کمینه میانگین دما (سانتی گراد)	بیشینه میانگین دما (سانتی گراد)	دمای مطلق کمینه
فروردین	۱۳	۶۰	۲۱	۵۲	۷۴	۲۹	۲۴۱.۲	۲۳.۴	۲۰.۶	۱۰.۵	۴.۲	۱۶.۸	-۶
اردیبهشت	۱۲	۱۹	۲۶۰	۴۷	۶۹	۲۵	۲۷۱.۹	۲۹.۶	۵۰.۲	۱۷.۹	۲۴.۲	۱۱.۶	۷.۴
خرداد	۸	۳۰۰	۱۵	۴۱	۶۰	۲۲	۳۴۰.۳	۳۶.۶	۱۰.۷	۲۲	۱۵	۲۹	۱۱
تیر	۴	۹۰	۲۰	۳۷	۵۴	۲۰	۳۶۴.۷	۳۹.۸	۱۸	۲۷.۱	۲۰	۳۴.۲	۱۵.۴
مرداد	۱	۲۳۰	۱۵	۲۹	۴۱	۱۶	۳۵۹.۹	۳۸.۸	۱.۳	۲۸.۲	۲۱.۴	۳۵	۱۷.۴
شهریور	۱	۱۳۰	۱۸	۳۴	۵۲	۱۷	۳۲۳.۵	۳۶.۶	TR	۲۵.۵	۱۸.۴	۳۲.۷	۱۰

تجزیه آماری، آزمایش نرمال بودن داده‌ها انجام و سپس تجزیه و تحلیل آماری داده‌های به دست آمده از اندازه گیری صفات مورد نظر با استفاده از نرم افزار M stat C انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد و برای ترسیم شکل‌ها از نرم افزار Excel استفاده گردید.

#### نتایج و بحث

**محتوای رطوبت نسبی گیاه:** محتوای نسبی آب یکی از پارامترهای فیزیولوژیکی پاسخ دهنده به تنش آبی است که همبستگی خوبی با تحمل به خشکی نشان می‌دهد (کوم و همکاران، ۲۰۱۳). به‌خوبی مشخص شده است که تنش آبی محتوای نسبی آب، پتانسیل آب برگ و پتانسیل اسمزی سلول‌ها را کاهش می‌دهد (ما و همکاران، ۲۰۱۱).

در این مطالعه اعمال کم آبی در مرحله ظهور گل نر و پر شدن دانه تأثیری بر محتوای رطوبت نسبی ذرت نداشت، ولی با اعمال کم آبی در مرحله ۸ برگی کاهش معنی‌داری در محتوای رطوبت نسبی صورت گرفت. در مرحله ۸ برگی با اعمال آبیاری پس از ۱۱۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک، محتوای رطوبت نسبی برگ‌ها در مقایسه با تیمار آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک به ترتیب ۸/۸ و ۱۶/۱ درصد کاهش یافت. در مرحله ۸ برگی بین آبیاری پس از ۱۱۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک و از نظر محتوای رطوبت نسبی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. بررسی معادله خطی نشان داد که در شرایط اعمال کم آبی در مرحله ۸ برگی، ظهور گل نر و پر شدن دانه افزایش میزان کم آبی به میزان یک میلی‌متر منجر به کاهش ۵/۵، ۰/۹۴ و ۱/۳۴ واحدی محتوای رطوبت نسبی گردید. بنابراین اعمال کم آبی در مرحله پر شدن دانه بیشترین کاهش را در محتوای رطوبت نسبی

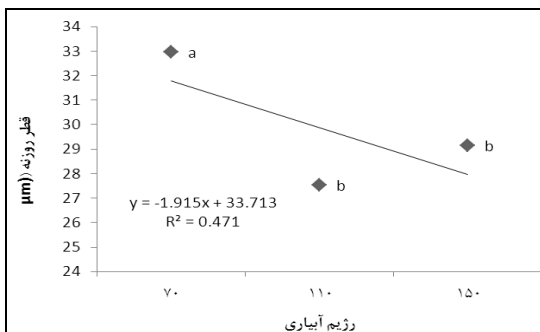
تاریخ کشت در دهم اردیبهشت ۹۲ صورت گرفت، تراکم بوته نه بوته در متر مربع بود. این رقم دیررس بوده و از سال ۱۳۶۳ در سطح استان و کشور توسعه یافت. (بی نام، ۱۳۹۴). تیمارهای تنش کم آبی بر اساس تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A با مقادیر ۷۰، ۱۱۰ و ۱۵۰ میلی‌متر و با در نظر گرفتن میزان بارندگی در مراحل ۸ برگی، ظهور گل نر و پر شدن دانه اعمال شدند. محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در دو مرحله ۶-۸ برگی و آغاز ظهور گل نر انجام شد. پیش از محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در الکل حل گردید و سپس به غلظت ۱۰۰۰ ppm رسید. محلول‌پاشی پیش از طلوع آفتاب انجام و جهت افزایش نفوذ بهتر محلول اسید سالیسیلیک پاشیده شده به برگ‌ها، چند قطره مایع مویان درون محلول ریخته شد. مهار علف‌های هرز نیز در صورت نیاز به روش وجین دستی انجام شد.

بعد از رسیدگی کامل بوته‌ها، اندازه‌گیری صفات انجام پذیرفت. صفات مورد مطالعه شامل تعداد ردیف‌های دانه در بلال، تعداد دانه‌ها در ردیف، تعداد دانه هادر بلال، وزن ۱۰۰ دانه، وزن دانه در بوته، عملکرد دانه، شاخص برداشت، طول دانه، پهنای دانه، عرض دانه، محتوای رطوبت نسبی، تعداد و قطر روزنه در سطوح فوقانی و تحتانی برگ بودند. برای محاسبه محتوای رطوبت نسبی ۵ بوته به صورت تصادفی از هر کرت در مرحله پر شدن دانه انتخاب، و میزان این صفت در بالاترین برگ هر بوته به روش بروکنز و فراهبرگ (۱۹۸۷) تعیین شد. تعداد روزنه در بالاترین برگ همزمان با مرحله پر شدن دانه به روش کپی برداری و در حوزه دید میکروسکوپی، و قطر روزنه‌ها با استفاده از میکرومتر اکولردار تعیین شدند. صفات مرتبط با عملکرد دانه و اجزای آن در ۱۰ بوته تحت رقابت و پس از هواخشک نمودن بلال‌های برداشت شده ارزیابی شدند. پیش از

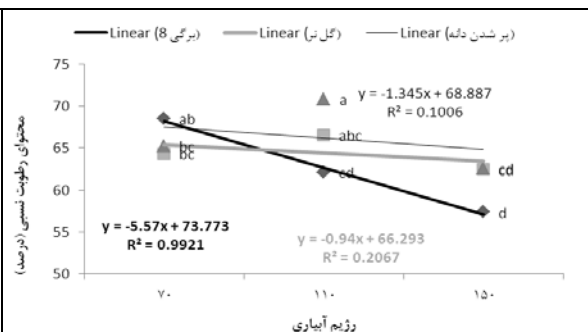
(۲۰۰۹) نیز گزارش کردند که کم آبی قطر روزنه گیاهان را کاهش داده و این کاهش سازوکار دفاعی گیاهان در کاهش میزان از دست روی آب است. خزایی و کافی (۲۰۰۲) نیز نشان دادند که رقم های گندم در شرایط تنش با بستن روزنه‌ها و حفظ آب، محتوی نسبی آب برگ خود را بالا نگه می‌دارند. آنیا و هرزوگ (۲۰۱۴) نیز گزارش کردند که طی تنش آبی در لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) محتوای نسبی آب کاهش می‌یابد و این صفت همبستگی مثبتی با هدایت روزنه‌ای نشان می‌دهد. محتوای نسبی آب بالاتر می‌تواند مسئول ابقای هدایت روزنه‌ای و در نتیجه تعرق و فتوسنتز بالاتر در گیاهان شود (مدرانو و همکاران، ۲۰۱۲). شواهد زیادی نشان می‌دهد کاهش در هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز عمدتاً به کاهش پتانسیل آب برگ گیاهان تنش دیده در نتیجه کاهش محتوای نسبی آب، تحت شرایط کمبود آب مربوط می‌شود. سینگ و اوشا (۲۰۱۳) بیان کردند که گندم تیمار شده با اسید سالیسیلیک محتوای رطوبتی بالاتری را در مقایسه با گیاهچه‌های تیمار نشده در شرایط معمولی و تنش نشان دادند. بر این اساس در پژوهش حاضر تغییرات حاصله در وضعیت روزنه‌ها می‌تواند تا حدود زیادی متاثر از واکنش محتوای رطوبت نسبی به عوامل آزمایشی باشد.

گیاه باعث شد (شکل ۱). گزارش شده است که با افزایش تنش آبی، محتوی نسبی آب برگ‌های گندم کاهش می‌یابد و اندازه گیری محتوی نسبی آب برگ روش مناسبی برای ارزیابی تحمل به تنش خشکی گیاهان می‌باشد (شونفلد و همکاران، ۱۹۸۸). بومسا و وین (۲۰۰۸) نیز ضمن بررسی تاثیر کم آبی در ذرت اعلام کردند که کم آبی محتوای رطوبت نسبی برگ‌های ذرت را به صورت معنی داری کاهش می‌دهد.

**قطر روزنه در سطح های بالا و پایین برگ: کم آبی**  
کاهش معنی داری را در قطر روزنه‌های سطح بالایی برگ باعث شد، ولی قطر روزنه‌های سطح پایینی برگ در اثر عوامل آزمایشی تغییر معنی داری نشان نداد (جدول ۱). هر دو سطح آبیاری پس از ۱۱۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کاهش مشابهی را در قطر روزنه‌های سطح بالایی برگ‌ها باعث شد. اعمال آبیاری پس از ۱۱۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک قطر روزنه‌های سطح بالایی را به ترتیب ۱۵/۶ و ۹/۳ درصد کاهش داد. بین آبیاری های پس از ۱۱۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک از نظر قطر روزنه سطح بالایی تفاوت معنی داری وجود نداشت. بررسی معادله خطی نشان داد که افزایش کم آبی به میزان یک میلی‌متر منجر به کاهش ۱/۹ واحدی قطر روزنه گردید (شکل ۲). سیلوا و همکاران



شکل ۲- قطر روزنه در سطح های بالایی برگ تحت تاثیر رژیم های آبیاری



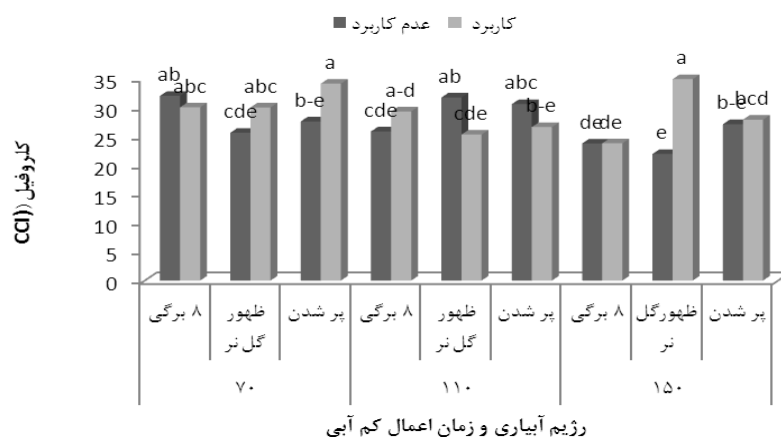
شکل ۱- محتوای رطوبت نسبی ذرت تحت تاثیر رژیم های آبیاری و زمان اعمال

اسیدسالیسیلیک نتایج متفاوتی به دست آمد. در حالت آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک و در شرایط محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک، بین تیمارهای اعمال کم آبی در مرحله پر شدن و ۸ برگگی اختلافی از نظر شاخص محتوای کلروفیل وجود نداشت، ولی در صورت اعمال کم آبی در مرحله ظهور گل نر، شاخص کلروفیل بیشتری در مقایسه با مراحل ۸ برگگی و پر شدن دانه به دست آمد. شاخص کلروفیل در صورت اعمال کم آبی شدید در مرحله ظهور گل نر در مقایسه با شاخص کلروفیل در

**شاخص محتوای کلروفیل:** در شرایط آبیاری پس از ۷۰ و ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک در شرایط محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک و عدم محلول‌پاشی آن بین اعمال کم آبی در مراحل ۸ برگگی، ظهور گل نر و پر شدن دانه تفاوت معنی داری وجود نداشت. در رژیم آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر نیز در شرایط عدم محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک تفاوت معنی داری بین اعمال کم آبی در مراحل ۸ برگگی، ظهور گل نر و پر شدن دانه به دست نیامد، ولی در شرایط محلول‌پاشی

شاخص کلروفیل برگ‌های ذرت باعث شد. در آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک نیز در مرحله پر شدن دانه، کاربرد اسید سالیسیلیک افزایشی ۲۵/۹ درصدی را در شاخص کلروفیل برگ‌های ذرت در مقاسه با عدم کاربرد اسید سالیسیلیک باعث شد. در سایر تیمارهای کم آبی، تیمار اسید سالیسیلیک تاثیر معنی‌داری نداشت. بیشترین شاخص کلروفیل در تیمار کاربرد اسید سالیسیلیک و آبیاری کامل در مرحله پر شدن دانه و آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک در مرحله ظهور گل‌نر در شرایط کاربرد اسید سالیسیلیک و کمترین آن با ۲۱ درصد در اعمال آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک از مرحله ظهور گل‌نر و در شرایط عدم کاربرد اسید سالیسیلیک به دست آمد. تداوم فتوسنتز و حفظ کلروفیل در شرایط تنش یکی از شاخص‌های فیزیولوژیکی مهم است (پسرکلی، ۱۹۹۹) و کاهش غلظت کلروفیل را در شرایط تنش خشکی به عنوان عامل محدود کننده غیرروزنه‌ای در فتوسنتز محسوب می‌کنند (هاشم و همکاران، ۱۹۹۸).

مقایسه با مرحله ۸ برگگی و پر شدن دانه به ترتیب ۳۴ و ۲۷ درصد بیشتر بود (شکل ۱). در صورت اعمال کم آبی در مرحله ظهور گل‌نر نتایج متفاوتی به دست آمد. در مرحله ظهور گل‌نر در تیمار عدم مصرف اسیدسالیسیلیک آبیاری پس از ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک منجر به افزایش ۲۴ درصدی شاخص کلروفیل برگ‌ها شد. در حالی که آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تاثیری بر این صفت نداشت. در صورت اعمال کم آبی در مرحله ظهور گل‌نر با محلول پاشی اسیدسالیسیلیک هیچ کدام از آبیاری‌های پس از ۱۱۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک با آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک از نظر شاخص کلروفیل تفاوت معنی‌داری نداشت. لی و همکاران (۲۰۱۲) نیز گزارش کردند که در شرایط کم آبی در اواخر دوره رشدی، شاخص کلروفیل برگ‌های گندم افزایش یافت. با توجه به نتایج به دست آمده از این بررسی در آبیاری‌های پس از ۱۱۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک و در صورت اعمال کم آبی در مرحله ظهور گل‌نر، کاربرد اسید سالیسیلیک در مقایسه با عدم کاربرد آن افزایشی به ترتیب ۱۹/۳ و ۱۶/۹ درصدی را در



شکل ۳- مقایسه میانگین‌های شاخص کلروفیل تحت تاثیر رژیم‌های آبیاری و زمان اعمال کم آبی و کاربرد اسید سالیسیلیک

آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک به میزان ۴۱/۵ درصد کمتر بود. در مرحله ظهور گل‌نر با اعمال آبیاری **کها** پس از ۱۱۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تعداد دانه در ردیف بلال ذرت به ترتیب ۱۶/۵ و ۲۴/۶ درصد کاسته شد (شکل ۴). اعمال کم آبی در مرحله رشد رویشی، رشد اندام‌های گوناگون گیاهان را کاهش داده و با کاهش میزان کلروفیل منجر به کاهش فتوسنتز می‌شود که نتیجه آن کاهش در تسهیم مواد پرورده و سهم دانه‌ها و لذا کاهش تعداد دانه‌های بارور می‌گردد، در نتیجه پتانسیل تولید عملکرد نیز کاهش می‌یابد. (بارناباس و همکاران، ۲۰۰۸).

**تعداد دانه در ردیف و بلال:** بیشترین تعداد دانه در ردیف بلال (۳۰ عدد) در شرایط آبیاری پس از ۷۰ و ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک در مرحله ظهور گل‌نر و مرحله پر شدن دانه به دست آمد. با اعمال کم آبی در مراحل ۸ برگگی، ظهور گل‌نر و پر شدن دانه، کاهش معنی‌داری در تعداد دانه در ردیف بلال به دست آمد. با اعمال کم آبی در مرحله ۸ برگگی تنها آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک از تعداد دانه در ردیف بلال کاست. در صورت اعمال کم آبی در مرحله ۸ برگگی تعداد دانه در ردیف بلال ۱۶/۶ عدد به دست آمد که در مقایسه با حالت

است. در صورت کاهش میزان مواد پرورده از تعداد دانه در بلال ذرت کاسته می‌شود (امام و همکاران، ۲۰۱۳). از دلایل کاهش تعداد دانه کاهش میزان مواد پرورده است. (نیهاریکا، ۲۰۱۳). از دلایل کاهش میزان تولید مواد پرورده تحت شرایط خشکی، کاهش میزان فتوسنتز است (طالبی و همکاران، ۲۰۱۳). بر اساس گزارش‌های دیگری تحت شرایط خشکی میزان توسعه سطح برگ و حتی ریزش برگ‌ها، منجر به کاهش سطح برگ‌ها می‌شود. کاهش ظرفیت فتوسنتزی سایه‌انداز گیاهی به دلیل محدود شدن انتشار گازکربنیک به درون برگ‌ها به دنبال بسته شدن روزنه‌ها، کاهش در تابش فعال فتوسنتزی دریافتی و کاهش سطح برگ همگی ممکن است باعث کاهش کارایی مصرف انرژی، تولید ماده خشک و در نتیجه نیروی تولید گردد (یی و همکاران، ۲۰۱۰). وفا و همکاران (۲۰۱۴) در بررسی که در ذرت انجام دادند، کاهش تعداد دانه در بلال ذرت را با اعمال کم آبی در مرحله ظهور گل نر ذرت گزارش کردند. در این مطالعه، بررسی معادله خطی نشان داد که در شرایط اعمال کم آبی در مرحله ۸ برگی، ظهور گل نر و پر شدن دانه افزایش میزان کم آبی به میزان یک میلی‌متر منجر به کاهش  $66/102/7/6$  و  $21/3$  واحدی تعداد دانه در بلال گردید (شکل ۵).

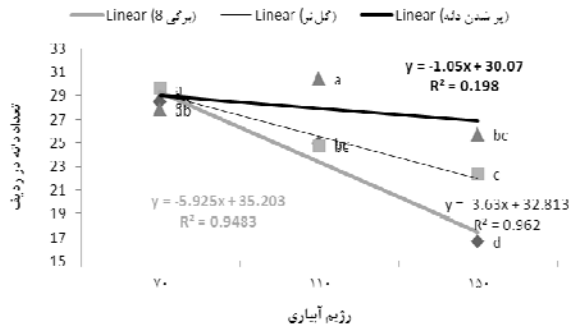
**ابعاد دانه:** کم آبی تأثیری بر طول دانه ذرت نداشت، ولی محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک طول دانه‌ها را افزایش داد. در حالت کاربرد اسید سالیسیلیک طول دانه  $1/27$  سانتی‌متر بود که در مقایسه با شرایط عدم کاربرد اسید سالیسیلیک به میزان  $3/2$  درصد بیشتر شد (شکل ۸). رشد دانه‌ها وابسته به تامین مواد پرورده از منابع گوناگون است. با افزایش تامین مواد پرورده بر رشد و اندازه دانه‌ها افزوده می‌شود (می و همکاران، ۲۰۰۹). هایات و همکاران (۲۰۱۲) اظهار داشتند که کاربرد اسیدسالیسیلیک میزان فتوسنتز و تولید کربوهیدرات‌ها را افزایش داد. لذا کاربرد اسیدسالیسیلیک با افزایش تامین مواد پرورده بر رشد و اندازه دانه‌ها تأثیر مثبتی خواهد داشت.

با توجه به نتایج این بررسی بین تیمارهای آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک و آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک، از نظر عرض دانه اختلاف معنی داری وجود نداشت، ولی آبیاری پس از ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر عرض دانه در مقایسه با رژیم‌های آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک و آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کمتر بود. در تیمار آبیاری پس از ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک عرض دانه در مقایسه با آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک به میزان

خدارحمپور (۲۰۱۳) نیز در بررسی تأثیر اعمال کم آبی بر رشد و عملکرد ذرت اعلام کرد که کم آبی از تعداد دانه در ردیف بلال می‌کاهد. اسلم و همکاران (۲۰۱۳) نیز گزارش کرد که کم آبی در مرحله رشد رویشی ذرت با کاستن از رشد گیاه، از پتانسیل تولید عملکرد بدلیل کاهش تعداد دانه‌ها، می‌کاهد. بررسی‌ها نشان داده که اعمال کم آبی در مرحله ظهور گل نر تاخیر در ظهور گل نر و ابریشم‌دهی از تعداد دانه در ردیف بلال ذرت کاسته می‌شود (نگوگی و همکاران، ۲۰۱۳). رشد ابریشم‌ها نیز تحت تأثیر کم آبی کاهش می‌یابد که این امر منجر به کاهش تعداد دانه در بلال ذرت می‌شود (فواد حسن و همکاران، ۲۰۰۸). علاوه بر آن کم آبی در مرحله ظهور گل نر میزان نازایی گلچه‌های ذرت را افزایش می‌دهد که از دلایل مهم آن خشکی لوله‌های گرده و به هم ریختن موازنه هورمونی است (طریق الاسلامی و همکاران، ۲۰۱۲؛ حاجی بابایی و عزیز، ۲۰۱۲). وفا و همکاران (۲۰۱۴) در بررسی که در ذرت انجام دادند، کاهش تعداد دانه در ردیف بلال ذرت را با اعمال کم آبی در مرحله تولید گل نر ذرت گزارش کردند. بررسی معادله خطی نشان داد که در شرایط اعمال کم آبی در مرحله ۸ برگی، ظهور گل نر و مرحله پر شدن دانه افزایش میزان کم آبی به میزان یک میلی‌متر منجر به کاهش  $5/9$  ،  $3/6$  ، و  $1/05$  واحدی تعداد دانه در ردیف بلال گردید. بنابراین اعمال کم آبی در مرحله پر شدن دانه بیشترین کاهش در تعداد دانه در ردیف را باعث شد (شکل ۴).

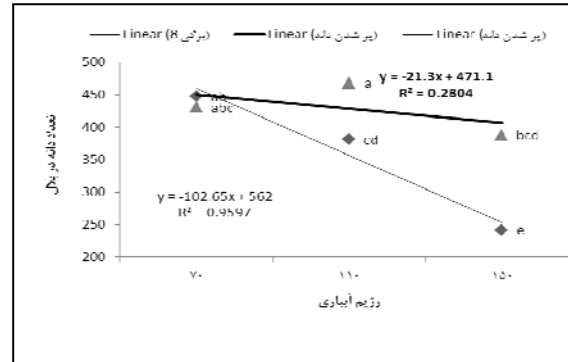
رژیم‌های آبیاری و زمان اعمال کم آبی اثر معنی‌داری بر تعداد دانه در بلال نداشت، ولی کاربرد اسیدسالیسیلیک تأثیری بر تعداد دانه در بلال نداشت (جدول ۱). بیشترین تعداد دانه در بلال (۱۵۲ و ۱۶۲ عدد) بترتیب در رژیم‌های آبیاری پس از ۷۰ و ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک در مرحله ظهور گل نر و مرحله پر شدن دانه به دست آمد. اعمال کم آبی در مراحل ۸ برگی، ظهور گل نر کاهش و پر شدن دانه اثر معنی‌داری در تعداد دانه در بلال ایجاد کرد، در مرحله ۸ برگی با کاهش میزان آب از آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر به ۱۱۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک به میزان  $14/7$  و  $46$  درصد از تعداد دانه در بلال کاسته شد. تشدید کم آبی در مرحله ۸ برگی کاهش شدیدتری در تعداد دانه در بلال ایجاد کرد، در حالی که با اعمال کم آبی در مرحله ظهور گل نر، تشدید کم آبی تأثیر کاهشی ملایم‌تری بر تعداد دانه در بلال ذرت داشت. در مرحله ظهور گل نر با کاهش میزان آب آبیاری از آبیاری پس از ۷۰ به ۱۱۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک،  $18/8$  و  $29$  درصد از تعداد دانه در بلال کاسته شد (شکل ۵). تولید دانه در بلال وابسته به حضور مواد پرورده

تحت تاثیر عوامل آزمایشی تغییر معنی‌داری نشان نداد (جدول ۱).

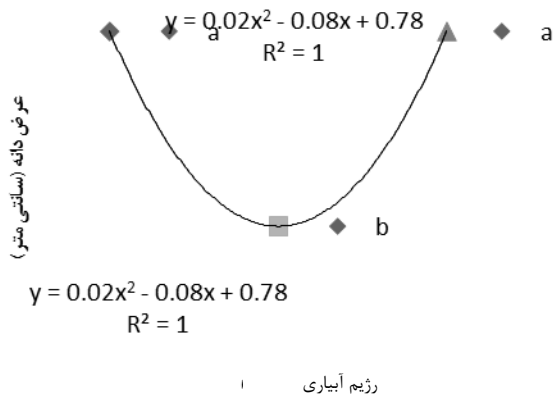


شکل ۵- مقایسه میانگین و رگرسیون خطی تعداد دانه در ردیف تحت تاثیر رژیم های آبیاری و زمان اعمال کم آبی

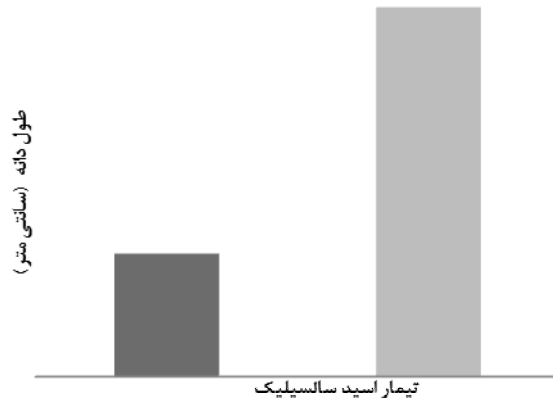
۲/۷ درصد کمتر بود. بررسی معادله رگرسیون خطی نشان داد که شدت میزان کم آبی ابتدا منجر به کاهش و سپس افزایش عرض دانه گردید (شکل ۹). در این بررسی پهنای دانه‌های تولیدی



شکل ۶- مقایسه میانگین و رگرسیون خطی تعداد دانه در ردیف بلال تحت تاثیر رژیم های آبیاری و زمان اعمال کم آبی



شکل ۹- مقایسه میانگین عرض دانه تحت تاثیر رژیم های آبیاری



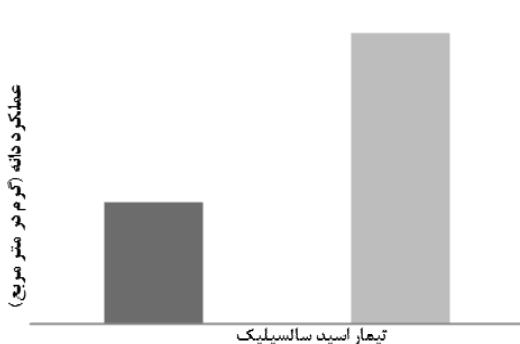
شکل ۸- مقایسه میانگین طول دانه تحت تاثیر کاربرد اسید سالیسیلیک

دانه در واحد سطح باعث شد، ولی میزان کاهش با اعمال کم آبی در مراحل گوناگون رشدی، متفاوت بود. بیشترین کاهش در عملکرد دانه با اعمال کم آبی در مرحله ۸ برگی به دست آمد. در مرحله ۸ برگی با اعمال تیمارهای کم آبی آبیاری پس از ۱۱۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک، عملکرد دانه به ترتیب ۸۲۹ و ۵۴۲ گرم به دست آمد که در مقایسه با تیمار آبیاری پس از ۷۰ میلی-متر تبخیر از تشتک به ترتیب ۲۹/۶ و ۵۳/۶ درصد کمتر بود. در مرحله ظهور گل نر با اعمال تیمارهای آبیاری پس از ۱۱۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک، عملکرد دانه به ترتیب ۸۸۲ و ۸۰۸ گرم به دست آمد که در مقایسه با شرایط آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک به ترتیب ۲۳/۳ و ۲۹/۷ درصد کمتر بود. اعمال

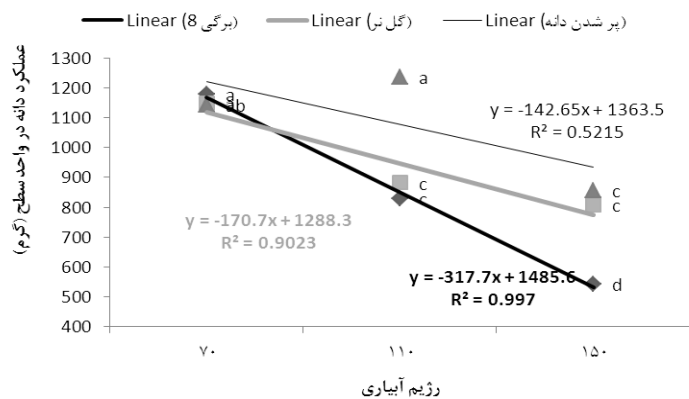
وزن و عملکرد دانه: در این بررسی اثر عوامل آزمایشی بر وزن ۱۰۰ دانه معنی‌دار نبود که احتمالاً به دلیل کاهش قابل توجه تعداد دانه در ردیف و بلال و لذا عدم تاثیر پذیری این صفت از کاهش فتوسنتز می‌باشد (جدول ۱). بالاترین عملکرد دانه (۱۱۷۸، ۱۱۵۰ و ۱۶۲ گرم در متر مربع) بترتیب در رژیم های آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک در مرحله ۸ برگی و ظهور گل نر و آبیاری پس از ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک در مرحله پر شدن دانه به دست آمد. کمترین آن نیز با ۵۴۲ گرم در متر مربع در رژیم آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک در مرحله ۸ برگی حاصل شد. اعمال کم آبی در هر سه مرحله ۸ برگی، ظهور گل نر و پر شدن دانه کاهش معنی‌داری در عملکرد

مراحل پس از گلدهی نیز کاهش شدیدی را با کاستن از تعداد و وزن دانه‌ها در عملکرد دانه ذرت باعث می‌شود. از دلایل مهم کاهش در تعداد دانه و وزن دانه‌ها، کاهش دوره پر شدن دانه و سطح سبز گیاه می‌باشد (آراثوس و همکاران، ۲۰۱۲). کاربرد اسید سالیسیلیک افزایش معنی‌داری در عملکرد دانه ذرت باعث شد. با محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک، عملکرد دانه ذرت ۱۰۱۳ گرم در متر مربع به دست آمد که در مقایسه با عدم کاربرد آن ۱۷/۷ درصد بیشتر بود (شکل ۷). زمانی‌نژاد و همکاران (۲۰۱۳) ضمن بررسی تاثیر محلول‌پاشی روی بوته‌های ذرت با اسید سالیسیلیک بر رشد و عملکرد آن تحت شرایط نرمال و کم آبی دریافتند که محلول‌پاشی بوته‌ها با غلظت ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک عملکرد دانه‌ها را به میزان ۵۴ درصد افزایش داد. داوود و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که کاربرد اسید سالیسیلیک افزایش معنی‌داری در پارامترهای رشدی آفتابگردان (*Helianthus annuus L.*) و رنگدانه‌های فتوسنتزی باعث شد. همچنین، کاربرد اسید سالیسیلیک میزان هورمون‌های گیاهی اکسین، سیتوکنین و زایتین را افزایش و غلظت اسید آبسزیک را کاهش داد. تحت این شرایط عملکرد نیز تحت تاثیر این تغییرات افزایش یافت.

رژیم آبیاری پس از ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک در مرحله پر شدن دانه تاثیر بر عملکرد دانه نداشت، ولی کم آبی شدید کاهش معنی‌داری را در عملکرد دانه ذرت باعث شد. در مرحله پر شدن دانه با اعمال رژیم آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک، عملکرد دانه به میزان ۲۵ درصد کاهش یافت (شکل ۶). در این بررسی کم آبی در مرحله رشد رویشی بیشترین کاهش را در عملکرد دانه ذرت باعث شد. بررسی معادله خطی نیز نشان داد که در شرایط اعمال کم آبی در مرحله ۸ برگی، ظهور گل‌نر و پر شدن دانه افزایش میزان کم آبی به میزان یک میلی‌متر منجر به کاهش ۳۱۷/۷، ۱۷۰/۷ و ۱۴۲/۶ واحدی عملکرد دانه گردید (شکل ۶). بررسی‌ها نشان داده که تعداد نهایی دانه‌ها در ذرت با مقدار مواد پرورده ذخیره شده پیش از گلدهی همبستگی مثبتی دارد. بنابراین، اعمال کم آبی پیش از گلدهی با کاهش ذخیره مواد پرورده منجر به کاهش تعداد دانه ذرت می‌شود. علاوه بر آن، کم آبی سنتز هورمون‌های درگیر در تولید دانه را کاهش می‌دهد، لذا منجر به تضعیف رابطه بین مواد پرورده و تعداد دانه و نازایی گلچه‌ها می‌شود (موسوی، ۲۰۱۲). لی پینگ بال و همکاران (۲۰۰۸) نیز گزارش کردند که اعمال کم آبی در مرحله رشد رویشی کاهش شدیدی را با کاهش رشد اندام‌های فتوسنتز کننده در عملکرد دانه ذرت باعث شد. با این وجود کم آبی در



شکل ۷- مقایسه میانگین‌های عملکرد دانه تحت تاثیر کاربرد اسید سالیسیلیک



شکل ۶- مقایسه میانگین و رگرسیون خطی عملکرد دانه تحت تاثیر رژیم‌های آبیاری و زمان اعمال کم آبی

شدت کاهش عملکرد با اعمال تنش کم آبی در مرحله ۸ برگی ایجاد شد که ناشی از مدت دوام تنش بود. مصرف سالیسیلیک اسید با تاثیر بر محتوای کلروفیل و تولید دانه‌های طولی‌تر توانست عملکرد ذرت را افزایش دهد.

### نتیجه‌گیری

در این بررسی اعمال تنش کم آبی و افزایش شدت آن با کاهش محتوای رطوبت نسبی، ابعاد روزنه‌ها و محتوای کلروفیل و در نتیجه در تولید مواد پرورده، دانه و پر شدن آن‌ها اثر منفی داشته که نهایتاً منجر به کاهش عملکرد دانه گردید. بیشترین



جدول ۲- تجزیه واریانس صفات در ذرت سینگل کراس ۷۰۴.

منابع تغییر	درجه آزادی	قطر روزنه تحتانی	قطر روزنه	شاخص محتوای کلروفیل	محتوای رطوبت نسبی	پهنای دانه	عرض دانه	طول دانه
تکرار	۲	۳.۵۳۴ <sup>ns</sup>	۷.۸۱۵ <sup>ns</sup>	۱۵.۷۱۱ <sup>ns</sup>	۲۴.۸۳ <sup>ns</sup>	۰.۰۱ <sup>ns</sup>	۰.۰۰۹ <sup>ns</sup>	۰.۰۰۷ <sup>ns</sup>
سطوح آبیاری	۲	۶۴.۲۰۴ <sup>ns</sup>	۱۳۹.۷۹۴*	۴۹.۹ <sup>ns</sup>	۱۸۰.۸۹*	۰.۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰.۰۱۸*	۰.۰۰۹ <sup>ns</sup>
خطای اصلی	۴	۹۵.۱۶۷	۱۰۸۷۵	۱۴.۹۳۶	۱۱۸۰	۰.۰۱۶	۰.۰۰۲	۰.۰۱۴
زمان اعمال کم آبی	۲	۸.۹۸۳ <sup>ns</sup>	۱۶.۰۰۹ <sup>ns</sup>	۱۰.۳۸ <sup>ns</sup>	۵۷.۱۳ <sup>ns</sup>	۰.۰۰۲ <sup>ns</sup>	۰.۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰.۰۱۳ <sup>ns</sup>
سطوح آبیاری × زمان اعمال کم آبی	۴	۶.۱۵۸ <sup>ns</sup>	۴۴.۱۶۷ <sup>ns</sup>	۲۳.۶۴ <sup>ns</sup>	۷۰.۱۰*	۰.۰۰۸ <sup>ns</sup>	۰.۰۰۵ <sup>ns</sup>	۰.۰۱۵ <sup>ns</sup>
خطای فرعی	۱۲	۳۳.۱۹۶	۳۱۸۹۹	۱۷.۰۷	۱۷.۰۴	۰.۰۰۵	۰.۰۰۷	۰.۰۱۲
اسید سالیسیلیک	۱	۶۷.۰۲۳ <sup>ns</sup>	۷.۶۷۶ <sup>ns</sup>	۴۱.۷۴*	۴۹.۹۳ <sup>ns</sup>	۰.۰۰۰۷ <sup>ns</sup>	۰.۰۰۰۲ <sup>ns</sup>	۰.۰۳۲*
سطوح آبیاری × اسید سالیسیلیک	۲	۶.۳۰۴ <sup>ns</sup>	۵.۶۲۹ <sup>ns</sup>	۵۸.۷۰**	۳۸.۳۰ <sup>ns</sup>	0.002 <sup>ns</sup>	۰.۰۰۸ <sup>ns</sup>	۰.۰۰۷ <sup>ns</sup>
زمان اعمال کم آبی × سطوح اسید سالیسیلیک	۲	۲۹.۷۲۵ <sup>ns</sup>	۸۱.۷۶۳ <sup>ns</sup>	۱۲.۴۳ <sup>ns</sup>	۲۶.۹۳ <sup>ns</sup>	۰.۰۰۸ <sup>ns</sup>	۰.۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰.۰۰۱ <sup>ns</sup>
سطوح آبیاری × زمان اعمال کم آبی × اسید سالیسیلیک	۴	۳۲.۱۵۲ <sup>ns</sup>	۱۲.۳۲۴ <sup>ns</sup>	۶۷.۸۳**	۴۴.۴۹ <sup>ns</sup>	۰.۰۱۳ <sup>ns</sup>	۰.۰۰۲ <sup>ns</sup>	۰.۰۰۱ <sup>ns</sup>
خطای فرعی	۱۸	۱۸.۴۶۱	۳۵.۰۱	۸.۴۱	۲۹.۶۹	۰.۰۰۵	۰.۰۰۵	۰.۰۰۴
ضریب تغییرات (درصد)		۱۳.۳	۱۹.۸	۱۰.۲۹	۸.۴۶	۱۱.۰۸	۳.۲۳	۵.۳۴

\*\* و \* به ترتیب معنی دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و ns معنی دار نیست

ادامه جدول ۲

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد دانه در ردیف	تعداد دانه در بلال	وزن ۱۰۰ دانه	عملکرد دانه در واحد سطح	تعداد دانه در ردیف
تکرار	۲	۶۸ <sup>ns</sup>	۶۲۹۱.۲۲ <sup>ns</sup>	۱.۲۴ <sup>ns</sup>	۵۷۴۶۴.۸ <sup>ns</sup>	۶۸ <sup>ns</sup>
سطوح آبیاری	۲	۱۶۸.۱۱*	۵۵۱۹۳.۴۵ <sup>ns</sup>	۷۱.۰۰۴ <sup>ns</sup>	۶۰۲۱۳۹.۹۱*	۱۶۸.۱۱*
خطای اصلی	۴	۱۴.۳۲	۹۳۵۳.۵۹	۲۱.۰۱	۴۶۸۷۷.۲۱	۱۴.۳۲
زمان اعمال کم آبی	۲	۱۱۴.۱۰**	۲۸۳۲۱.۱۷**	۲۶.۹۸ <sup>ns</sup>	۲۷۲۵۱۰.۵۱*	۱۱۴.۱۰**
سطوح آبیاری × زمان اعمال کم آبی	۴	۴۹.۴۳**	۱۲۹۸۹.۹۷**	۳۶.۴۵ <sup>ns</sup>	۱۳۷۱۰۱.۰۴*	۴۹.۴۳**
خطای فرعی	۱۲	۸.۴۳	۲۲۱۴.۷۱	۱۱.۷۱	۲۵۳۹۰.۹۷	۸.۴۳
اسید سالیسیلیک	۱	۱۱۶.۳۳ <sup>ns</sup>	۲۹۵۹۲.۵۸ <sup>ns</sup>	۱۸.۷۸ <sup>ns</sup>	۳۱۷۷۹۲.۶۶*	۱۱۶.۳۳ <sup>ns</sup>
سطوح آبیاری × اسید سالیسیلیک	۲	۲۶.۱۴ <sup>ns</sup>	۱۲۲۷۸.۷۶ <sup>ns</sup>	۰.۸۹۲ <sup>ns</sup>	۶۵۷۰۱.۲۹ <sup>ns</sup>	۲۶.۱۴ <sup>ns</sup>
زمان اعمال کم آبی × سطوح اسید سالیسیلیک	۲	۱۴.۱۶ <sup>ns</sup>	۶۴۲۴.۲۵ <sup>ns</sup>	۱۲.۰۳ <sup>ns</sup>	۴۷۶۴۷.۱۶ <sup>ns</sup>	۱۴.۱۶ <sup>ns</sup>
سطوح آبیاری × زمان اعمال کم آبی × اسید سالیسیلیک	۴	۵۱.۶۹ <sup>ns</sup>	۱۵۲۰۷.۹۷ <sup>ns</sup>	۴.۲۸ <sup>ns</sup>	۱۰۵۰۱۹.۶ <sup>ns</sup>	۵۱.۶۹ <sup>ns</sup>
خطای فرعی	۱۸	۴۹.۰۱	۱۲۰۹۹.۴۴	۱۹.۳۰	۶۴۹۳۰.۸۳	۴۹.۰۱
ضریب تغییرات (درصد)		۲۷.۹۱	۲۸.۷۳	۱۴.۰۴	۲۷.۱۹	۲۷.۹۱

\*\* و \* به ترتیب نشان دهنده معنی داری در سطح احتمال یک و پنج درصد و ns معنی دار نیست.

## منابع

- Abdul Majid, S., Asghar, R. and G. Murtaza. 2007. Yield stability analysis conferring adaptation of wheat to pre- and post-anthesis drought conditions. *Pakistan Journal of Botany*. 39: 1623-1637.
- Ahmadi, E. and Baker, A.D. 2000. Stomat and non-stomat photosynthesis limiting factor under drought stress. *Iranian Journal of Agriculture Research*. 31: 813-825. (In Persian).
- Ali, Z., Maqsood, S., Basra, A., Munir, H., Mahmood, A. and Yousef, S. 2011. Mitigation of Drought Stress in Maize by Natural and Synthetic Growth Promoters. *Journal of Agriculture and Social Sciences*. 7: 56-62.
- Araus, J.L., Serret, M.D. and Edmeades, G.O. 2012. Phenotyp in maize for adaptation to drought. *Frontiersin*. 3: 1-8.
- Aslam, M., Zamir, M.S.I., Afzal, I. and Amin, M. 2014. Role of potassium in physiological functions of spring maize (*Zea mays L.*) grown under drought stress. *The Journal of Animal and Plant Sciences*. 24: 1452-1465.
- Bahari, N. 2014. Evaluation of yield and some morphological traits of wheat under drought stress. *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences*. 2: 42-46.
- Li-Ping', B., Fang-Gong, S., Ti-Da, G.E., Zhao-Hui, S., Yin-Yan, L. and Guang-Sheng, ZH. 2006. Effect of Soil Drought Stress on Leaf Water Status, Membrane Permeability and Enzymatic Antioxidant System of Maizet. *Pedosphere*. 16: 326-332.
- Barnabás, B., Jäger, K. and Fehér, A. 2008. The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. *Plant, Cell and Environment*: 31: 11-38.
- Boomsma, C.R. and Vyn, T.J. 2008. Maize drought tolerance: Potential improvements through arbuscular mycorrhizal symbiosis?. *Field Crops Research*. 108 : 14-31.
- Bruckner, P.L. and Frohberg, E.C. 1987. Stress tolerance and adaptation in spring wheat. *Crop Sci*. 27: 31-36.
- Dawood, M.G., Sadak, M.Sh. and Hozayen, M. 2012. Physiological role of salicylic acid in improving performance, yield and some biochemical aspects of sunflower plant grown under newly reclaimed sandy soil. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. 6: 82-89.
- El Tayeb, M.A. and Ahmed, N.L. 2010. Response of wheat cultivars to drought and salicylic acid. *American-Eurasian Journal of Agronomy*. 3: 1-7.
- Emam, Y., Bahrani, H. and Maghsoudi, K. 2013. Effect of Leaf Defoliation on Assimilate Partitioning in Maize (*Zea mays L.*) Hybrid SC. 704. *Scientific Journal of Agronomy and Plant Breeding*. 1: 26-33.
- Fuad-Hassan, A., Tardieu, F. and Turc, O. 2008. Drought-induced changes in anthesis-silking interval are related to silk expansion: a spatio-temporal growth analysis in maize plants subjected to soil water deficit. *Plant, Cell and Environment*. 31: 1349-1360.
- Hajibabaei, M. and Azizi, F. 2012. Evaluation of new maize hybrids based on irrigation efficiency, water use efficiency, kernel and forage yield. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. 4: 652-657.
- Hashem, A., Amin Mujadar, M.N., Hamid, A. and Hossain, M.M. 1998. Drought stress effects on seed yield, yield attributes, growth, cell membrane stability of synthesized *Brassica napus L.* *Journal of Agronomy and crop Science*. 180: 129-136.
- Hayat, Q., Hayat, S., Alyemeni, M.N. and Ahmad, A. 2012. Salicylic acid mediated changes in growth, photosynthesis, nitrogen metabolism and antioxidant defense system in *Cicer arietinum L.* *Plant Soil Environ*. 58: 417-423.
- Hlavinka, P., Trnka, M., Semeradovaa, D., Dubrovsky, M., Zalud, Z. and Mozny, M. 2009. Effect of drought on yield variability of key crops in Czech Republic. *Agricultural and Forest Meteorology*. 149 :431 - 442.
- Kanga, Y., Chena, M. and Wana, S. 2010. Effects of drip irrigation with saline water on waxy maize (*Zea mays L.* var. *ceratina Kulesh*) in North China Plain. *Agricultural Water Management*. 5: 51-65.
- Khazaie, H. and Kafi, M. 2002. Studying the effect of the amount of water and stomatal conductance on wheat resistance to drought and their relationship with the yield under the field and greenhouse conditions. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 16: 115-123. (In Persian).
- Khodarahmpour, Z. 2013. Study of some quantitative traits in maize (*Zea mays L.*) inbred lines under the drought stress using multivariate analysis. *Journal of the American Chemical Society*. 5: 1840-1846.
- Mi, G., Chen, F. and Zhang, F. 2009. Grain filling rate is limited by insufficient sugar supply in the large-grain wheat cultivar. *Journal of Plant Breeding and Crop Science*. 1: 060-064.

- Moaddabe-shabstari, M. and Mochtehid, M. 1990. Physiology of field crops. Tehran University Press. 715 pp. (In Persian).
- Moosavi, S.G. 2012. The effect of water deficit stress and nitrogen fertilizer levels on morphology traits, yield and leaf area index in maize. *Pakistan Journal of Botany*. 44: 1351-1355.
- Moser, S. B., Feil, B., Jampatong, S. and Stamp, P. 2006. Effects of pre-anthesis drought, nitrogen fertilizer rate, and variety on grain yield, yield components, and harvest index of tropical maize. *Agricultural Water Management*. 81: 41–58.
- Ngugi, K., Ogeto Collins, J. and Muchira, S. 2013. Combining, earliness, short anthesis to silking interval and yield based selection indices under intermittent water stress to select for drought tolerant maize. *Australian Journal of Crop Science*. 7: 2014-2020.
- Niharika, S. 2013. Flower numbers, Pod production, Pollen viability are Reduced with Flower and Pod abortion increased in Chickpea (*Cicer arietinum* L.) under heat stress. *Research Journal of Recent Sciences*. 2: 116-119.
- Osman, H.A., Youssef, M.M.A., El-Gindi, A.Y., Ameen, H.H., Abd-Elbary, N.A. and Lashein, A.M.S. 2012. Effect of salicylic acid and pseudomonas fluorescens against meloidogyne incognita in eggplant using split-root technique. *Pakistan journal of nematology*. 30: 101-113.
- Pessaraki, M. 1999. Handbook of plant and crop stress. Marcel Dekkor Inc. 697 pp.
- Ping, B., Fang-Gong, S., Ti-Da, G., Zhao-Hui, S., Yin-Yan, L. and Guang-Sheng, Z. 2006. Effect of soil drought stress on leaf water status, membrane permeability and enzymatic antioxidant system of maize. *Pedosphere*. 16: 326-332.
- Porta, G.D., Ederle, D., Bucchini, L., Prandi, M., Verderio, A. and Pozzi, C. 2008. Maize pollen mediated gene flow in the Po valley (Italy): Source–recipient distance and effect of flowering time. *European Journal of Agronomy*. 28: 255–265.
- Puangbut, D., Jogloy, S., Vorasoot, N., Akkasaeng, C., Kesmala, T., Rachaputi, R.C.N., Wright, G.C. and Patanothai, A. 2009. Association of root dry weight and transpiration efficiency of peanut genotypes under early season drought. *Agricultural Water Management*. 96:1460–1466.
- Rafique, N., Raza, S.H., Qasim, M. and Iqbal, N. 2011. Pre-sowing application of ascorbic acid and salicylic acid to seed of pumpkin and seedling response to salt. *Pakistan Journal of Botany*. 43: 2677-2682.
- Rehman, H., Farooq, M., Basra, S.M.A. and Afzal, I. 2011. Hormonal priming with salicylic acid improves the emergence and early seedling growth in cucumber. *Journal of Agriculture and Social Sciences*. 7: 109–113.
- Sanjari Pireivatlou, A.G., Aliyev, R.T. and Sorkhi Lalehloo, B. 2011. Grain filling rate and duration in bread wheat under irrigated and drought stressed conditions. *Journal of Plant Physiology and Breeding*. 1: 69-86.
- Schonfeld, M.A., Johnson, R.C., Carver, B.F. and Mornhinwag, D.W. 1988. Water relations in winter wheat as drought resistance indicators. *Crop Science*. 28: 526-531.
- Shahmoradzadeh Fahraji, S., Amin Kheradmand, M., Mahdi Raoofi, M. and Fatahi, E. 2014. Effect of Salicylic acid on germination, leaf area, Shoot and root growth in crop plants. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*. 8: 1454-1458.
- Silva, E., Noqueira, R. J., Vale, F.H. A., Arauje, F.P. and Pimenta, M.A. 2009. Stomatal changes induced by intermittent drought in four umbu tree genotypes. *Brazilian Society of Plant Physiology*. 21: 33-42.
- Sofi, P., Rather, A.G. and Venkatesh, S. 2006. Triple test cross analysis in maize (*Zea mays* L.). *Indian J Crop Science*. 1:191-193.
- Talebi, R., Hossien Ensafi, M., Baghebani, N., Karami, E. and Mohammadi, K. 2013. Physiological responses of chickpea (*Cicer arietinum*) genotypes to drought stress. *Environmental and Experimental Biology*. 11: 9–15.
- Tarighaleslami, M., Zarghami, R., Mashhadi, M., Boojar, A. and Oveysi, M. 2012. Effects of drought stress and different nitrogen levels on morphological traits of proline in leaf and protein of corn seed (*Zea mays* L.). *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*. 12: 49-56.
- Vafa, P., Naseri, R., Moradi, M. and Jafarian, T. 2014. Evaluation of qualitative and quantitative traits of maize (cv. 604) under drought stress and plant density. *Journal of Stress Physiology and Biochemistry*. 10: 144-154.
- Yi, L., Shenjiao, Y., Shiqing, L., Xinping, C. and Fang, C. 2010. Growth and development of maize (*Zea mays* L.) in response to different field water management practices: Resource capture and use efficiency. *Agricultural and Forest Meteorology*. 150: 606–613.

---

Zamaninejad, M., Khavari Khorasani, S., Jami Moeini, M. and Reza Heidarian, A. 2013. Effect of salicylic acid on morphological characteristics, yield and yield components of corn (*Zea mays* L.) under drought condition. *European Journal of Experimental Biology*. 3: 153-161.

## Effect of salicylic acid on some physiological characteristics and related traits on grain and yield of corn at different irrigation regimes

P. Ag Masjedi<sup>1</sup>, M. Yarnia<sup>2</sup>

Received: 2015-12-30 Accepted: 2016-6-16

### Abstract

This study was conducted to evaluate the effect of irrigation treatments at different growth stages and foliar spray of salicylic acid on growth and yield of corn (CV SC704). The field experiment was carried out as split split plots arranged in randomized complete blocks design with three replications in 2014. Results showed that water stress at all growth stages significantly reduced seed yield. Irrigating after 110 mm of evaporation from pan at kernel filling stage had no effect on grain yield, but further water stress reduced 25.6 % of seed yield. Similar decrease was obtained with water stress at tassel emergence stage. Grain yield reduced up to 23.3 and 29.7% with irrigation after 110 and 150 mm evaporation from pan at tassel emergence stage, respectively. The highest decline of grain yield was achieved with water stress at vegetative stage and irrigation after 150 mm evaporation from pan which decreased grain yield up to 53.9%. Foliar spray of salicylic acid increased 17.7% in grain yield. Among the yield components, 100-grain weight was not affected by water stress, but grains per ear showed significant reduction by water stress. In this study, leaf area and chlorophyll contents were important reducer factors in corn yield and yield components under water stress but salicylic acid consumption with a positive impact on these traits reduced drought stress losses.

**Keywords:** Ear, irrigation regim, evaporation pan, foliar application

1- M. Sc. student of Agronomy, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran

2- Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Tabriz branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran