دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
سال یازدهم، شماره سی و هفتم، ۱۳۹۸

تاثیر رژیم های آبیاری واسیدسالسیلیک برعملکرد دانه و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک ذرت

پرستو آق‌مسجدی[۱]، مهرداد یارنیا[۲]

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 سالسیلیک بر رشد و عملکرد ذرت (*Zea mays* L.) در سه تکرار به صورت آزمایش کرت های دوبارخردشده و با طرح بلوک‌های 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 ازلحاظ اعمال کم آبی (۸ برگی، ظهور گل نر و پر شدن دانه) و عامل سوم تیمار اسید سالیسیلیک در ۲ غلظت [صفر (شاهد)و ۱۰۰۰پی 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، کاهشی ۲۵/٦ 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 سالسیلیک 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 سالسیلیک با تاثیر مثبت بر این صفات از خسارات تنش کم آبی کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: بلال، تشتک تبخیر، رژیم آبیاری، محلول‌پاشی

آق مسجدی، پ. و م. یارنیا. ۱۳۹۸. تاثیر رژیم های آبیاری واسیدسالسیلیک برعملکرد دانه و برخی ویژگی‌های 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، ۲۰۰٦). 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، کارآیی و نیروی تولید گیاهان زراعی را به شدت کاهش دهد (استویلوا و همکاران، ۲۰۱۰؛ پوانگبوت 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 برگ-ها)، کاهش کارآیی 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 آسیب پذیری زیادی دارد (پینگ و همکاران، ۲۰۰٦). 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 فرآیندهای مختلف فیزیولوژیکی نظیر شروع برخی فرآیندها و ممانعت برخی دیگر دارد (اقبال و همکاران، ۲۰۰٦). 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 اسیدسالسیلیک بر رنگیزه‌های فتوسنتزی، لیوسیا و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که متیل سالیسیلات بر مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی اثری ندارد. بسیاری از پروتئین-هایی که تحت تاثیر تنش‌ها در گیاه تولید می‌شود، توسط مواد تنظیم کننده‌ای مانند اسیدهای آبسیزیک 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 سالسیلیک، افزایش قابل ملاحظه ای 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 اسیدسالسیلیک و بدون آن بر واکنش صفات مرتبط با عملکرد دانه ذرت سینگل کراس ۷۰٤ 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 ٤٦ درجه و ۱۷ دقیقه‌ی شرقی و عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۵ دقیقه‌ی شمالی با ارتفاع ۱۳٦۰ 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 ازلحاظ اعمال کم آبی (۸ برگی، ظهور گل نر و پر شدن دانه) و عامل سوم تیمار اسید سالیسیلیک در ۲ غلظت [۰ (شاهد)و ۱۰۰۰پی پی ام] بود. رقم مورد استفاده سینگل کراس ۷۰٤ بود که از سازمان جهاد کشاورزی استان آذربایجان‌شرقی 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	دمای حداکثر مطلق (سانتی گراد)	بارش ماهانه (میلیمتر)	میانگین دما (سانتی گراد)	کمینه میانگین دما) (سانتی گراد	بیشینه (سانتی گراد	دمای مطلق کمینه) (سانتی گراد
فروردین	۱۳	٦۰	۲۱	۵۲	۷٤	۲۹	۲٤۱.۲	۲۳.٤	۲۰.٦	۱۰.۵	٤.۲	۱٦.۸	-٦
اردیبهشت	۱۲	۱۹	۲٦۰	٤۷	٦۹	۲۵	۲۷۱.۹	۲۹.٦	۵۰.۲	۱۷.۹	۲٤.۲	۱۱.٦	۷.٤
خرداد	۸	۳۰۰	۱۵	٤۱	٦۰	۲۲	۳٤۰.۳	۳٦.٦	۱۰.۷	۲۲	۱۵	۲۹	۱۱
تیر	٤	۹۰	۲۰	۳۷	۵٤	۲۰	۳٦٤.۷	۳۹.۸	۱۸	۲۷.۱	۲۰	۳٤.۲	۱۵.٤
مرداد	۱	۲۳۰	۱۵	۲۹	٤۱	۱٦	۳۵۹.۹	۳۸.۸	۱.۳	۲۸.۲	۲۱.٤	۳۵	۱۷.٤
شهریور	۱	۱۳۰	۱۸	۳٤	۵۲	۱۷	۳۲۳.۵	۳٦.٦	TR	۲۵.۵	۱۸.٤	۳۲.۷	۱۰

تاریخ کشت در دهم اردیبهشت ۹۲ صورت گرفت، تراکم بوته نه بوته در متر مربع بود. این رقم دیررس بوده و از سال ۱۳٦۳ در سطح استان و کشور توسعه یافت. (بی نام، ۱۳۹٤). تیمارهای تنش کم آبی بر اساس تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A با مقادیر ۷۰، ۱۱۰ و ۱۵۰ میلی متر و با در نظر گرفتن میزان بارندگی در مراحل ۸ برگی، ظهور گل نر و پر شدن دانه اعمال شدند. محلول‌پاشی اسید سالسیلیک در دو مرحله ٦-۸ برگی و آغاز ظهورگل نر انجام شد. پیش از محلول پاشی اسید سالسیلیک در الکل حل گردید و سپس به غلظت ppm۱۰۰۰ رسید. محلول‌پاشی پیش از طلوع آفتاب انجام و جهت افزایش نفوذ بهتر محلول اسید سالسیلیک پاشیده شده به برگ ها، 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 ردیف های دانه در بلال، تعداد دانه ها 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 بروکنر 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 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.

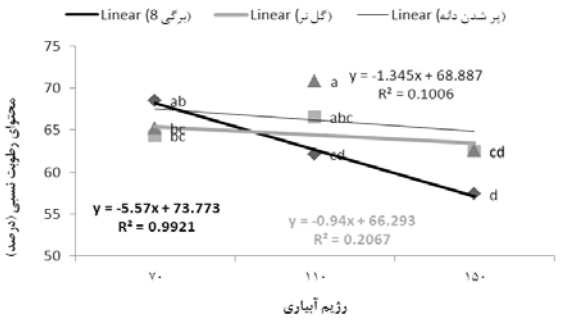
نتایج و بحث

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 (کلوم و همکاران، ۲۰۱۳). به‌خوبی مشخص شده است که تنش آبی محتوای نسبی‌آب، پتانسیل آب برگ و پتانسیل اسمزی سلول‌ها را کاهش می‌دهد (ما و همکاران، ۲۰۱۱).

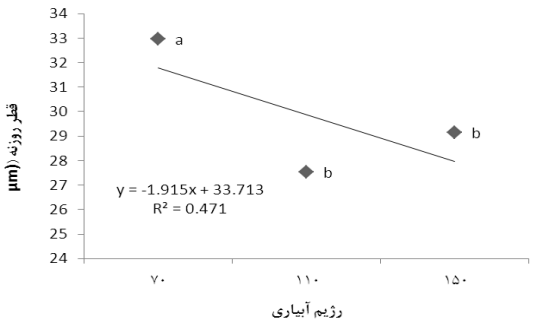
در این مطالعه اعمال کم آبی در مرحله ظهور گل نر و پر شدن دانه تاثیری بر محتوای رطوبت نسبی ذرت نداشت، ولی با اعمال کم آبی در مرحله ۸ برگی کاهش معنی‌داری در محتوای رطوبت نسبی صورت گرفت. در مرحله ۸ برگی با اعمال آبیاری پس از ۱۱۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک، محتوای رطوبت نسبی برگ‌هادر مقایسه با تیمار آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک به ترتیب ۸/۸ و ۱٦/۱ 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 معنی داری 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، ۰/۹٤ و ۱/۳٤ واحدی محتوای رطوبت نسبی گردید. بنابراین اعمال کم آبی در مرحله پر شدن دانه بیشترین کاهش را در محتوای رطوبت نسبی

کیاه باعث شد (شکل۱). 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 معنی‌داری را در قطر روزنه‌های سطح بالایی برگ باعث شد، ولی قطر روزنه‌های سطح پایینی برگ در اثر عوامل آزمایشی تغییر معنی‌داری 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 ۱۵/٦ 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 معنی‌داری 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 (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 (۲۰۱٤) نیزگزارش 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.



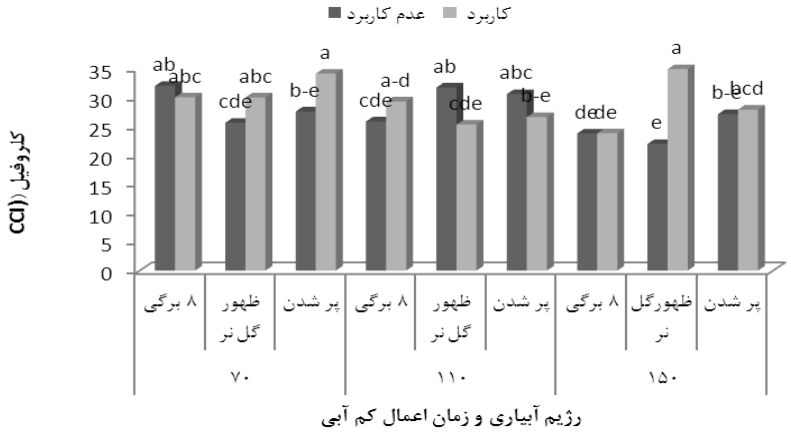
شکل ۱- محتوای رطوبت نسبی ذرت تحت تاثیر رژیم های آبیاری و زمان اعمال



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

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 برگی، ظهور گل نر و پر شدن دانه تفاوت معنی‌داری وجودنداشت. در رژیم آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر نیز در شرایط عدم محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک تفاوت معنی‌داری بین اعمال کم آبی در مراحل ۸ برگی، ظهور گل نر و پر شدن دانه به‌دست نیامد، ولی در شرایط محلول‌پاشی 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 برگی 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 برگی 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

مقایسه با مرحله ۸ برگی و پر شدن دانه به ترتیب ۳٤ و ۲۷ درصد بیشتر بود (شکل ۱). در صورت اعمال کم آبی در مرحله ظهور گل نر نتایج متفاوتی به دست آمد. در مرحله ظهور گل نر در تیمار عدم مصرف اسیدسالیسیلیک آبیاری پس از ۱۱۰ میلی-متر تبخیر از تشتک منجربه افزایش ۲٤ 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 گل نر با محلول پاشی اسیدسالیسیلیک هیچ کدام از آبیاری های 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 آبیاری های پس از ۱۱۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک و در صورت اعمال کم آبی در مرحله ظهور گل نر، کاربرد اسید سالیسیلیک در مقایسه با عدم کاربرد آن افزایشی به ترتیب ۱۹/۳ و ۱٦/۹ درصدی را در 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 برگ های ذرت در مقاسه با عدم کاربرد اسید سالیسیلیک باعث شد. در سایر تیمارهای کم آبی، تیمار اسید سالیسیلیک تاثیر معنی-داری 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 گل نر در شرایط کاربرد اسید سالیسیلیک و کمترین آن با ۲۱ درصد در اعمال آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک از مرحله ظهور گل نر و در شرایط عدم کاربرد اسید سالیسیلیک به دست آمد. تداوم فتوسنتز و حفظ کلروفیل در شرایط تنش یکی از شاخص های 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).



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

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 گل نر و مرحله پر شدن دانه به دست آمد. با اعمال کم آبی در مراحل ۸ برگی، ظهور گل نر و پر شدن دانه، کاهش معنی‌داری در تعداد دانه در ردیف بلال به دست آمد. با اعمال کم آبی در مرحله ۸ برگی تنها آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک از تعداد دانه در ردیف بلال کاست. در صورت اعمال کم آبی در مرحله ۸ برگی تعداد دانه در ردیف بلال ۱٦/٦ عدد به دست آمد که در مقایسه با حالت آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک به میزان ٤۱/۵ درصد کمتر بود. در مرحله ظهور گل نر با اعمال آبیاری کم‌ها پس از ۱۱۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تعداد دانه در ردیف بلال ذرت به ترتیب ۱٦/۵ و ۲٤/٦ درصد کاسته شد (شکل ٤). 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).

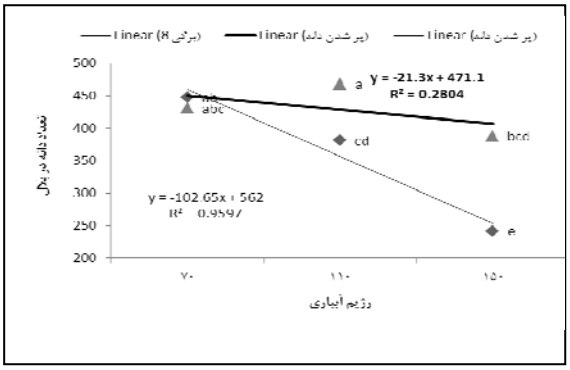
خدارحمپور (۲۰۱۳) نیز در بررسی تاثیر اعمال کم آبی بر رشد و عملکرد ذرت اعلام کرد که کم آبی از تعداد دانه در ردیف بلال می‌کاهد. اسلم و همکاران (۲۰۱۳) نیز گزارش کرد که کم آبی در مرحله رشد رویشی ذرت با کاستن از رشد گیاه، از پتانسیل تولید عملکرد بدلیل کاهش تعداد دانه‌ها، می‌کاهد. بررسی‌ها نشان داده که اعمال 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 تاثیر کم آبی کاهش می‌یابد که این امر منجر به کاهش تعداد دانه در بلال ذرت می‌شود (فوآد 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 عزیزی، ۲۰۱۲). وفا و همکاران (۲۰۱٤) 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 میلی متر منجر به کاهش ۵/۹ ، ۳/٦ و ۱/۰۵ 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 ٤).

رژیم های آبیاری و زمان اعمال کم آبی اثر معنی‌داری بر تعداد دانه در بلال داشت، ولی کاربرد اسیدسالسیلیک تاثیری بر تعداد دانه در بلال نداشت (جدول ۱). بیشترین تعداد دانه در بلال (۱۵۲ و ۱٦۲ عدد) بترتیب در رژیم های 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 ۱٤/۷ و ٤٦ 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 تاثیر 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، ۱۸/۸ و ۲۹ درصد از تعداد دانه در بلال کاسته شد (**شکل ۵**). تولید دانه در بلال وابسته به حضور مواد پرورده 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 روزنه ها، کاهش در تابش فعال فتوسنتزی دریافتی و کاهش سطح برگ همگی ممکن است باعث کاهش کارآیی مصرف انرژی، تولید ماده خشک و در نتیجه نیروی تولید گردد (یی و همکاران، ۲۰۱۰). وفا و همکاران (۲۰۱٤) 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 ٦٦/۱۰۲،۷/٦ و ۲۱/۳ واحدی تعداد دانه در بلال گردید (شکل ۵).

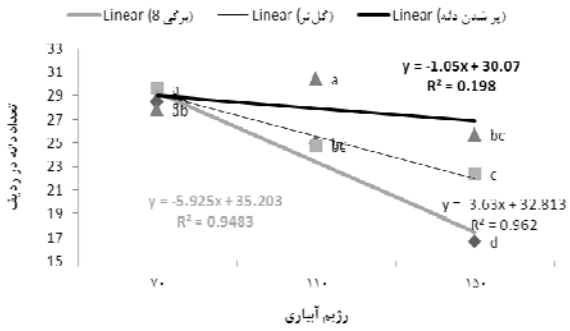
ابعاد دانه: کم آبی تاثیری بر طول دانه ذرت نداشت، ولی محلول‌پاشی اسید سالسیلیک طول دانه‌هارا افزایش داد. در حالت کاربرد اسید سالسیلیک طول دانه ۱/۲۷ سانتی‌متر بود که در مقایسه با شرایط عدم کاربرد اسید سالسیلیک به میزان ۳/۲ درصد بیشتر شد (شکل ۸). رشد دانه‌ها وابسته به تامین موادپرورده از منابع گوناگون است. با افزایش تامین موادپرورده بر رشد و اندازه دانه‌ها افزوده می‌شود (می و همکاران، ۲۰۰۹). هایات و همکاران (۲۰۱۲) اظهار داشتند که کاربرد اسیدسالسیلیک میزان فتوسنتز و تولید کربوهیدرات‌ها را افزایش داد. لذا کاربرد اسیدسالسیلیک با افزایش تامین موادپرورده بر رشد و اندازه دانه‌ها تاثیر 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 رژیم های 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

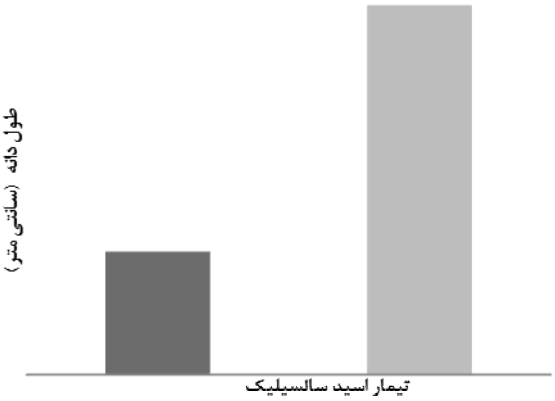
۲/۷ درصد کمتر بود. بررسی معادله رگرسیون خطی نشان داد که شدت میزان کم آبی ابتدا منجر به کاهش و سپس افزایش عرض دانه گردید (شکل ۹). در این بررسی پهنای دانه‌های تولیدی تحت تاثیر عوامل آزمایشی تغییر معنی‌داری نشان نداد (جدول ۱).



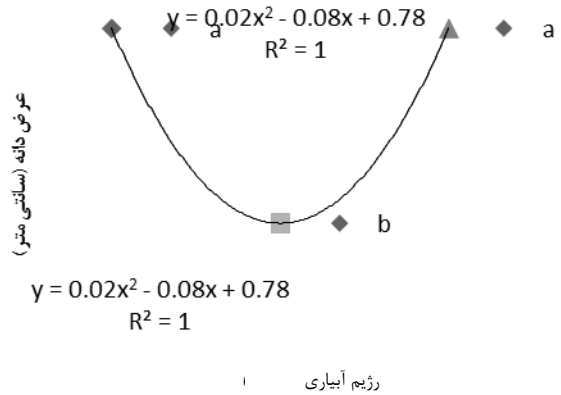
شکل ٤- مقایسه میانگین و رگرسیون خطی تعداد دانه در ردیف بلال تحت تاثیر رژیم های آبیاری و زمان اعمال کم آبی



شکل ٥- مقایسه میانگین و رگرسیون خطی تعداد دانه در ردیف تحت تاثیر رژیم های آبیاری و زمان اعمال کم آبی



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

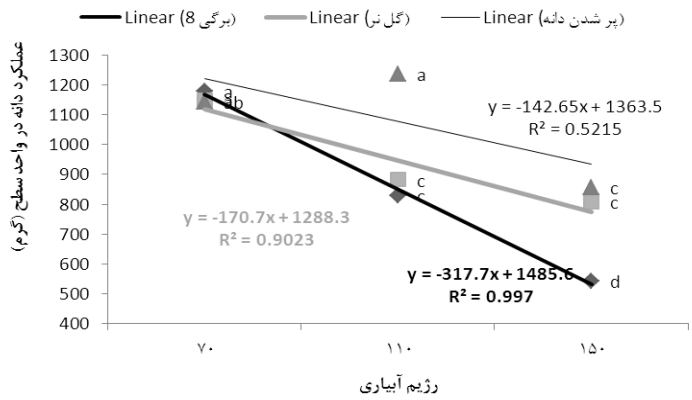


شکل ۹- مقایسه میانگین عرض دانه تحت تاثیر رژیم های آبیاری

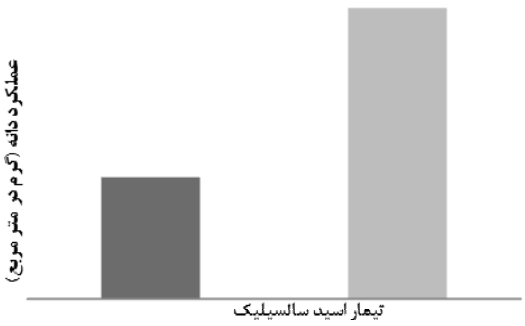
وزن وعملکرد دانه: در این بررسی اثر عوامل آزمایشی بر وزن ۱۰۰ دانه معنی‌دار نبود که احتمالاً به دلیل کاهش قابل توجه تعداد دانه در ردیف و بلال و لذا عدم تاثیر پذیری این صفت از کاهش فتوسنتز می‌باشد (جدول ۱). بالاترین عملکرد دانه (۱۱۷۸، ۱۱۵۰ و ۱۶۲ گرم در متر مربع) بترتیب در رژیم های آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر 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 ٥٤٢ 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 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 ٥٤٢ گرم به دست آمد که در مقایسه با تیمار آبیاری پس از ۷۰ میلی-متر تبخیر از تشتک به ترتیب ۲۹/٦ و ٥۳/٦ 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

رژیم آبیاری پس از ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک در مرحله پر شدن دانه تاثیری 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 ٦).

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 گل نر و پر شدن دانه افزایش میزان کم آبی به میزان یک میلی‌متر منجر به کاهش ۳۱۷/۷ ، ۱۷۰/۷ و ۱٤۲/٦ واحدی عملکرد دانه گردید (شکل ٦). بررسی‌ها نشان داده که تعداد نهایی دانه‌ها در ذرت با مقدار موادپرورده ذخیره شده پیش از گلدهی همبستگی مثبتی دارد. بنابراین، اعمال کم آبی پیش از گلدهی با کاهش ذخیره مواد پرورده منجربه کاهش تعداد دانه ذرت می‌شود. علاوه بر آن، کم آبی سنتز هورمون‌های درگیر در تولید دانه را کاهش می‌دهد، لذا منجربه تضعیف رابطه بین موادپرورده 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 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 دانه ها، کاهش دوره پر شدن دانه و سطح سبز گیاه می‌باشد (آرائوس و همکاران، ۲۰۱۲). کاربرد اسید سالسیلیک افزایش معنی‌داری در عملکرد دانه ذرت باعث شد. با محلول‌پاشی اسید سالسیلیک، 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 سالسیلیک بر رشد و عملکرد آن تحت شرایط نرمال و کم آبی دریافتند که محلول‌پاشی بوته‌ها با غلظت ۱ میلی‌مولار اسید سالسیلیک عملکرد دانه‌هارا به میزان ٥٤ درصد افزایش داد. داوود و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که کاربرد اسید سالسیلیک افزایش معنی‌داری در پارامترهای رشدی آفتابگردان (*Helianthus annuuss* L.) و رنگدانه‌های فتوسنتزی باعث شد. همچنین، کاربرد اسید سالسیلیک میزان هورمون‌های گیاهی اکسین، سیتوکنین و زآیتین را افزایش و غلظت اسید آبسیزیک را کاهش داد. تحت این شرایط عملکرد نیز تحت تاثیر این تغییرات افزایش یافت.



شکل ٦- مقایسه میانگین و رگرسیون خطی عملکرد دانه تحت تاثیر رژیم های آبیاری و زمان اعمال کم آبی



شکل ۷- مقایسه میانگین‌های عملکرد دانه تحت تاثیر کاربرد اسیدسالسیلیک

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 آن ها اثر منفی داشته که نهایتاً منجر به کاهش عملکرد دانه گردید. بیشترین 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 طویلتر توانست عملکرد ذرت را افزایش دهد.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات در ذرت سینگل کراس ۷۰٤.

منابع تغییر	درجه آزادی	قطر روزنه تحتانی	قطر روزنه	شاخص محتوای کلروفیل	محتوای رطوبت نسبی	پهنای دانه	عرض دانه	طول دانه
تکرار	۲	۳.٥۳٤^{ns}	۷.۸۱٥^{ns}	۱٥.۷۱۱^{ns}	۲٤.۸۳^{ns}	۰.۰۱^{ns}	۰.۰۰۹^{ns}	۰.۰۰۷^{ns}
سطوح آبیاری	۲	٦٤.۲۰٤^{ns}	۱۳۹.۷۹٤*	٤۹.۹^{ns}	۱۸۰.۸۹*	۰.۰۰۱^{ns}	۰.۰۱۸*	۰.۰۰۹^{ns}
خطای اصلی	٤	۹٥.۱٦۷	۱۰.۸۷٥	۱٤.۹۳٦	۱۱.۸۰	۰.۰۱٦	۰.۰۰۲	۰.۰۱٤
زمان اعمال کم آبی	۲	۸.۹۸۳^{ns}	۱٦.۰۰۹^{ns}	۱۰.۳۸^{ns}	٥۷.۱۳^{ns}	۰.۰۰۲^{ns}	۰.۰۰۱^{ns}	۰.۰۱۳^{ns}
سطوح آبیاری × زمان اعمال کم آبی	٤	٦.۱٥۸^{ns}	٤٤.۱٦۷^{ns}	۲۳.٦٤^{ns}	۷۰.۱۰*	۰.۰۰۸^{ns}	۰.۰۰٥^{ns}	۰.۰۱٥^{ns}
خطای فرعی	۱۲	۳۳.۱۹٦	۳۱.۸۹۹	۱۷.۰۷	۱۷.۰٤	۰.۰۰٥	۰.۰۰۷	۰.۰۱۲
اسید سالیسیلیک	۱	٦۷.۰۲۳^{ns}	۷.٦۷٦^{ns}	٤۱.۷٤*	٤۹.۹۳^{ns}	۰.۰۰۰۷^{ns}	۰.۰۰۰۲^{ns}	۰.۰۳۲*
سطوح آبیاری × اسید سالیسیلیک	۲	٦.۳۰٤^{ns}	٥.٦۲۹^{ns}	٥۸.۷۰**	۳۸.۳۰^{ns}	0.002^{ns}	۰.۰۰۸^{ns}	۰.۰۰۷^{ns}
زمان اعمال کم آبی × سطوح اسید سالیسیلیک	۲	۲۹.۷۲٥^{ns}	۸۱.۷٦۳^{ns}	۱۲.٤۳^{ns}	^{ns}۲٦.۹۳	۰.۰۰۸^{ns}	۰.۰۰۱^{ns}	۰.۰۰۱^{ns}
سطوح آبیاری × زمان اعمال کم آبی × اسید سالیسیلیک	٤	۳۲.۱٥۲^{ns}	۱۲.۳۲٤^{ns}	٦۷.۸۳**	٤٤.٤۹^{ns}	۰.۰۱۳^{ns}	۰.۰۰۲^{ns}	۰.۰۰۱^{ns}
خطای فرعی	۱۸	۱۸.٤٦۱	۳٥.۰۱	۸.٤۱	۲۹.٦۹	۰.۰۰٥	۰.۰۰٥	۰.۰۰٤
ضریب تغییرات (درصد)		۱۳.۳	۱۹.۸	۱۰.۲۹	۸.٤٦	۱۱.۰۸	۳.۲۳	٥.۳٤

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

ادامه جدول۲

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	٦.۸^{ns}	٦۲۹۱.۲۲^{ns}	۱.۲٤^{ns}	٥۷٤٦٤.۸^{ns}	٦.۸^{ns}
سطح های آبیاری	۲	۱٦۸.۱۱*	٥٥۱۹۳.٤٥^{ns}	۷۱.۰۰٤^{ns}	٦۰۲۱۳۹.۹۱*	۱٦۸.۱۱*
خطای اصلی	٤	۱٤.۳۲	۹۳٥۳.٥۹	۲۱.۰۱	٤٦۸۷۷.۲۱	۱٤.۳۲
زمان اعمال کم آبی	۲	۱۱٤.۱۰**	۲۸۳۲۱.۱۷**	۲٦.۹۸^{ns}	۲۷۲٥۱۰.٥۱*	۱۱٤.۱۰**
سطوح آبیاری ×زمان اعمال کم آبی	٤	٤۹.٤۳**	۱۲۹۸۹.۹۷**	۳٦.٤٥^{ns}	۱۳۷۱۰۱.۰٤*	٤۹.٤۳**
خطای فرعی	۱۲	۸.٤۳	۲۲۱٤.۷۱	۱۱.۷۱	۲٥۳۹۰.۹۷	۸.٤۳
اسید سالیسیلیک	۱	۱۱٦.۳۳^{ns}	۲۹٥۹۲.٥۸^{ns}	۱۸.۷۸^{ns}	۳۱۷۷۹۲.٦٦*	۱۱٦.۳۳^{ns}
سطوح آبیاری × اسید سالیسیلیک	۲	۲٦.۱٤^{ns}	۱۲۲۷۸.۷٦^{ns}	۰.۸۹۲^{ns}	٦٥۷۰۱.۲۹^{ns}	۲٦.۱٤^{ns}
زمان اعمال کم آبی × سطوح اسید سالیسیلیک	۲	۱٤.۱٦^{ns}	٦٤۲٤.۲٥^{ns}	۱۲.۰۳^{ns}	٤۷٦٤۷.۱٦^{ns}	۱٤.۱٦^{ns}
سطوح آبیاری × زمان اعمال کم آبی × سالیسیلیک اسید	٤	٥۱.٦۹^{ns}	۱٥۲۰۷.۹۷^{ns}	٤.۲۸^{ns}	۱۰٥۰۱۹.٦^{ns}	٥۱.٦٦^{ns}
خطای فرعی	۱۸	٤۹.۰۱	۱۲۰۹۹.٤٤	۱۹.۳۰	٦٤۹۳۰.۸۳	٤۹.۰۱
ضریب تغییرات (درصد)		۲۷.۹۱	۲۸.۷۳	۱٤.۰٤	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 photosynthis 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 Sience 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 Mochtehidi, 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.

Pessarakli, 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 maizet1. 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 andSocial 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 Siciety 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[1], M. Yarnia[2]

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