Arshive of SID

نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال سیزدهم، شماره ۵۰، تابستان ۱۳۹۷ / صفحات: ۱۰۱-۸۷

تاثیر تنش کم‌آبی و کاربرد هیومیک و سالیسیلیک اسید بر صفات فیزیولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت (*Zea mays* L.)

حسین راغ‌آرا، سیدغلامرضا موسوی*

گروه زراعت، واحد بیرجند، دانشگاه آزاد اسلامی، بیرجند، ایران

تاریخ دریافت: ۹۶/۹/۲۳ تاریخ پذیرش:۹۷/۲/۲۳

چکیده

به‌منظور بررسی تاثیر کم‌آبی و کاربرد هیومیک اسید و سالیسیلیک اسید بر صفات فیزیولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیرجند انجام شد. فاکتور اصلی آبیاری در سه سطح (۳۳، ٦٧ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی) و فاکتور فرعی نیز کاربرد هیومیک و سالیسیلیک اسید در ٤ سطح (کاربرد هیومیک اسید، کاربرد سالیسیلیک اسید، کاربرد توام هیومیک و سالیسیلیک اسید و عدم کاربرد) بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر آبیاری بر صفات فیزیولوژیکی، اجزای عملکرد و عملکرد معنی‌دار شد، اما اثر هیومیک اسید و سالیسیلیک اسید بر شاخص کلروفیل، هدایت روزنه‌ای، وزن هزار دانه و عملکرد دانه معنی‌دار گردید. اثر متقابل فاکتورها نیز بر هیچ یک از صفات معنی‌دار نشد. با کاهش تامین نیاز آبی ذرت از ۱۰۰ به ۳۳ درصد، شاخص کلروفیل، هدایت روزنه‌ای، تعداد بلال در متر مربع، تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف، تعداد دانه در بلال و وزن هزار دانه به‌ترتیب ۱۵/٦، ۳۵/٦، ٤۱/۲، ۱٤/۱، ۳۳/۹، ٦۱/۸ و ٤۰ درصد و به طور معنی‌داری کاهش یافت. عملکرد دانه و بیولوژیک در شرایط تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی از برتری معنی‌دار به‌ترتیب ۳/۹ و ۲/٤ برابری در مقایسه با تیمار تامین ۳۳ درصد نیاز آبی برخوردار بود. کاربرد هیومیک اسید، سالیسیلیک اسید و مصرف توام سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید به ترتیب افزایش معنی‌دار ۷/۵، ۷/۷ و ۸/۹ درصدی شاخص کلروفیل، ۲۲/۵، ۲۲/٦ و ۲۰/۷ درصدی وزن هزار دانه و ۲٦/۵، ۱۸/۵ و ۲۱/۷ درصدی عملکرد دانه را نسبت به تیمار عدم کاربرد این مواد باعث گردید. نتایج نشان داد که تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی و کاربرد مستقل سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید می‌تواند سبب افزایش عملکرد دانه ذرت شود.

واژه‌های کلیدی: ذرت، سالیسیلیک اسید، عملکرد، کلروفیل، کم‌آبیاری، هدایت روزنه‌ای، هیومیک اسید.

مقدمه

کمبود آب یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد گیاهان در سراسر جهان و شایع‌ترین تنش محیطی است (Galmes et al., 2007) و از این رو به کارگیری شیوه‌های مناسب برای افزایش تحمل گیاهان به این تنش یکی از مهمترین جنبه‌های تحقیقاتی مورد توجه پژوهشگران محسوب می‌گردد.

سالیسیلیک اسید (۲-هیدروکسی بنزوئیک اسید با فرمول $C_7H_6O_3$)، از ترکیبات فنولی و یکی از هورمون‌های گیاهی است که در همه اندام‌های گیاهی وجود دارد و می‌توان آن را به عنوان مولکول پیام‌رسان داخلی در نظر گرفت که در پاسخ‌های

*نویسنده مسئول: s_reza1350@yahoo.com

www.SID.ir

Arshive of SID

اختصاصی به تنش‌های زیستی و غیر زیستی نقش دارد (Krantev et al., 2008). اسید سالیسلیک در تنظیم فرآیندهای متفاوت گیاهان شامل رشد و نمو، جوانه‌زنی بذر، جذب و انتقال یون، توزیع عناصر، سرعت فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، تنفس، گلیکولیز و گل‌دهی نقش مهمی ایفا می‌کند (Vicente and Plasencia, 2011).

افزایش مصرف نهاده‌های شیمیایی در اراضی کشاورزی موجب معضلات زیست محیطی عدیده‌ای از جمله آلودگی منابع آب، افت کیفیت محصولات کشاورزی و کاهش میزان حاصلخیزی خاک‌ها گردیده است. بنابراین استفاده از کودهای طبیعی از جمله اسید هیومیک به عنوان کود آلی دوست‌دار طبیعت و بدون اثرات مخرب زیست محیطی، جهت بالا بردن عملکرد مورد توجه قرار گرفته است (Samavat and Malakuti, 2005). اسید هیومیک در اثر تجزیه مواد آلی به ویژه مواد با منشا گیاهی به وجود می‌آید و در خاک، زغال سنگ و پیت یافت می‌شود (Ortega and Fernandez, 2007) و طبق نظر Balakunbahan and Rajamani (۲۰۱۰) رشد گیاه را از طریق بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک بهبود می‌دهد.

Amini و همکاران (۲۰۱٤) گزارش دادند که تنش خشکی اثر معنی‌داری بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت داشت به طوری که با افزایش تنش، عملکرد دانه، تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف، تعداد دانه در بلال و وزن هزار دانه به طور معنی‌داری کاهش یافت. Abedi Koupai و همکاران (۲۰۱٤) در بررسی اثر سه سطح آبیاری شامل تامین ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه در ذرت نتیجه گرفتند که اعمال تنش رطوبتی شدید باعث کاهش ٦۲ درصدی عملکرد دانه می‌شود. Mohammadai و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی اثرات آبیاری بعد از ۷۰، ۹۰، ۱۱۰ و ۱۳۰ میلیمتر تبخیر از تشتک تبخیر بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت در اصفهان گزارش کردند که تنش کم‌آبی بر صفات تعداد دانه در ردیف بلال، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود و مقدار بیشینه همه صفات مذکور مربوط به تیمار آبیاری بعد از ۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر بود. Shahriari و همکاران (۲۰۱٤) در بررسی پاسخ‌های فیزیولوژیکی ذرت شیرین به تنش آبیاری نتیجه‌گیری کردند که تنش کم‌آبی کاهش معنی‌دار شاخص کلروفیل، میزان فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای برگ را باعث می‌گردد. Mansourifar و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کرداند که تنش کم‌آبی در مرحله رشد رویشی، ۸ تا ۱۰ و در مرحله زایشی، ۱۸ درصد کاهش کلروفیل برگ ذرت را به دنبال داشته است.

Pakar و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که اسید سالیسیلیک بسته به غلظت کاربرد، تاثیر مثبتی بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد جو داشت، به‌طوری‌که در اغلب صفات بیشترین تاثیر مثبت مربوط به کاربرد غلظت‌های ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک بوده است. Khan و همکاران (۲۰۱۰) در محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در باقلا گزارش نمودند که کاربرد این ترکیب باعث افزایش تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف گردید. Kamali و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی تاثیر غلظت‌های صفر، ۲۰۰ و ٤۰۰ پی‌پی‌ام سالیسلیک اسید در گل تکمه‌ای دریافتند که افزایش کاربرد این ماده از صفر به ۲۰۰ پی‌پی‌ام باعث افزایش معنی‌دار شاخص کلروفیل و هدایت روزنه‌ای می‌گردد. با این وجود Dashagha و همکاران (۲۰۱۲) گزارش نمود که کاربرد اسید سالیسیلیک اثر معنی‌داری بر غلظت کلروفیل a، b و کلروفیل کل و کاروتنوئیدهای ذرت نداشت. افزایش معنی‌دار عملکرد و اجزای عملکرد کلزا (Rahimi et al., 2016) و آفتابگردان (Hatami, 2017) با کاربرد اسید

www.SID.ir

Arshive of SID

هیومیک گزارش شده است. همچنین Ghorbani و همکاران (۲۰۰۹) اظهار داشتند که کاربرد اسید هیومیک بر تعداد دانه در ردیف، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک ذرت معنی‌دار بوده است و با افزایش مقدار مصرف اسید هیومیک از صفر به ۳/۵ کیلوگرم در هکتار مقدار صفات مذکور به‌ترتیب ۲۱/۲، ۳۰/۸ و ۲۶/۹ درصد افزایش یافت. Parvazi Shandi و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی اثر اسید هیومیک بر صفات فیزیولوژیک گندم گزارش نمودند که کاربرد اسید هیومیک میزان کلروفیل a و b در برگ را به‌طور معنی‌داری افزایش داد.

با توجه به مطالب فوق این تحقیق با هدف بررسی نقش اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک در شرایط کم‌آبی بر صفات فیزیولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت به عنوان یکی از مهمترین گیاهان زراعی در شرایط مزرعه انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیرجند (کیلومتر ۵ جاده بیرجند– زاهدان) واقع در عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۳ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۱۳ دقیقه شرقی با ارتفاع ۱۴۹۱ متر از سطح دریا که دارای اقلیمی نیمه خشک با زمستان‌های سرد و خشک و تابستان‌های گرم و خشک می‌باشد، اجرا گردید.

آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتور اصلی آبیاری در سه سطح (۳۳، ۶۷ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی) و فاکتور فرعی نیز کاربرد هیومیک و سالیسیلیک اسید در ۴ سطح (کاربرد هیومیک اسید، کاربرد سالیسیلیک اسید، کاربرد توام هیومیک و سالیسیلیک اسید و عدم کاربرد) بود. کاربرد هیومیک اسید به میزان ۵ لیتر در هکتار به صورت محلول در آب آبیاری و سالیسیلیک به میزان ۰/۵ میلی‌مولار به صورت محلول‌پاشی در دو نوبت انجام شد. هر کرت آزمایشی دارای ۵ متر طول و ۵ ردیف کاشت با فاصله ۶۰ سانتی‌متر بود و فاصله بین کرت‌های فرعی ۶۰ سانتی‌متر و کرت‌های اصلی ۱۸۰ سانتی‌متر و فاصله بین تکرارها ۲ متردر نظر گرفته شد.

پس از انتخاب زمین، عملیات خاک‌ورزی و تسطیح زمین، نمونه‌برداری از خاک در خرداد سال ۱۳۹۳ انجام شد. بر اساس نتایج آزمون خاک (جدول ۱)، برای تامین نیاز غذایی ذرت، میزان ۳۰۰ کیلوگرم اوره، ۱۰۰ کیلوگرم فسفات آمونیم و ۷۵ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار استفاده شد. کود فسفره و پتاسه قبل از کاشت و کود اوره به صورت سرک و به طور مساوی در دو مرحله ۸-۶ برگی و ظهور گل آذین نر ذرت استفاده شد. بذور ذرت قبل از کاشت با قارچ‌کش بنومیل با نسبت ۴ در هزار ضدعفونی شدند و سپس در تاریخ ۸ تیر ماه ۱۳۹۳ در عمق ۲ تا ۳ سانتیمتر کشت شدند. عملیات تنک کردن در مرحله ۴-۵ برگی ذرت به نحوی انجام شد که فاصله بوته‌ها روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر باشد. عملیات مبارزه با علف‌های هرز نیز طی دو مرحله با وجین دستی انجام گرفت.

آبیاری در هر کرت با کنتور و بر اساس نیاز آبی گیاه با استفاده از روش FAO و با استفاده از داده‌های تشتک تبخیر کلاس A، تعیین و آبیاری به شرح ذیل انجام گرفت. آمار تبخیر روزانه از اداره هواشناسی اخذ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی پنبه با استفاده از روابط زیر بدست آمد (Fazeli Rostampour et al., 2013).

تبخیر تجمعی از تشتک (میلی‌متر) × ضریب تشتک (۰/۷) = تبخیر و تعرق گیاه مرجع (میلی‌متر)

تبخیر و تعرق گیاه مرجع (میلی‌متر) × ضریب گیاهی = تبخیر و تعرق گیاه (میلی‌متر)

www.SID.ir

Arshive of SID

سپس با توجه به مساحت کرت آزمایشی و میزان تبخیر و تعرق پنبه، نیاز آبی برای تیمار تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی محاسبه گردید و در تیمارهای تامین ۶۷ و ۳۳ درصد نیاز آبی نیز آبیاری به میزان لازم انجام شد.

جدول ۱: نتایج تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش

بافت خاک	اسیدیته	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	کربن آلی (٪)	آهک (٪)	ازت (٪)	فسفر	پتاسیم	آهن	روی
						میلی‌گرم در کیلوگرم			
لومی	۷/٦٥	۳/۷٥	۰/۰۹٥	۱۷/۰۲	۰/۰۳۱	۱٦/٤	۵۰۱	۲/۷۳	۰/٦۸

شاخص کلروفیل با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر (SPAD) مدل Minolta-502 در ۸ شهریور اندازه‌گیری شد. به این منظور از خطوط میانی هر کرت تعداد ۵ برگ در موقعیت مشابه بر روی بوته‌های مختلف انتخاب و شاخص کلروفیل ۳ نقطه از هر برگ با استفاده از دستگاه فوق تعیین شد و میانگین این اعداد به عنوان عدد مربوط به آن کرت ثبت شد. اندازه‌گیری هدایت روزنه‌ای به وسیله دستگاه پرومتر و در برگ‌های تازه بالغ انجام شد و زمان اندازه‌گیری بین ساعات ۱۰ تا ۱۱ صبح بود (Rafiei et al., 2009).

برداشت در تاریخ ٢٤ آبان ماه ۱۳۹۳، با حذف دو ردیف کناری و نیم متر ابتدا و انتهای ردیف‌ها به‌عنوان اثرحاشیه‌ای انجام گرفت. برای تعیین اجزای عملکرد، تعداد ۱۰ بلال از بلال‌های برداشت شده به طور تصادفی انتخاب گردید و میانگین تعداد ردیف در آنها با شمارش ردیف‌های هر یک بدست آمد. همچنین در بلال‌های مذکور تعداد دانه در ۲۰ ردیف به‌طور تصادفی شمارش گردید و میانگین آن‌ها به‌عنوان تعداد دانه در ردیف بلال ثبت گردید و از حاصلضرب تعداد ردیف در بلال و تعداد دانه در ردیف، تعداد دانه در بلال بدست آمد. برای تعیین تعداد بلال در متر مربع نیز بلال‌های ۲ متر مربع میانی هر کرت آزمایشی جمع‌آوری و شمارش گردید.

برای بدست آوردن عملکرد بیولوژیک در بوته‌های جمع‌آوری شده از ۲ متر مربع میانی هر کرت آزمایشی در برداشت نهایی برگ‌ها، ساقه‌ها، تاسل‌ها و بلال‌ها جداسازی شده و پس از خشک شدن تعیین وزن شد و مجموع وزن آنها به عنوان عملکرد بیولوژیک ثبت و بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. برای تعیین عملکرد دانه نیز با در نظر گرفتن اثر حاشیه‌ای، تمامی دانه‌های بدست آمده از بلال‌های جمع‌آوری شده، پس از یوجاری به کمک ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم وزن شد و سپس عملکرد هر کرت آزمایشی محاسبه گردید. از میان دانه‌های جدا شده از بلال‌های برداشت نهایی، تعداد ۱۰۰۰ دانه به طور تصادفی با دستگاه بذرشمار جداسازی شد و پس از تعیین وزن با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم، عدد مربوطه به عنوان وزن هزار دانه ثبت گردید. شاخص برداشت دانه در بوته نیز با استفاده از فرمول ذیل محاسبه گردید:

عملکرد بیولوژیک / عملکرد دانه = شاخص برداشت دانه در بوته

در پایان داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری MSTAT-C تجزیه و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد.

www.SID.ir

Arshive of SID

نتایج

صفات فیزیولوژیکی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر آبیاری بر شاخص کلروفیل در سطح یک درصد و هدایت روزنه‌ای در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید و کاربرد سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید بر شاخص کلروفیل و هدایت روزنه‌ای در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. همچنین اثر متقابل آبیاری و سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید بر صفات مذکور معنی‌دار نشد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش شدت تنش کم‌آبی و تامین تنها ۳۳ درصد نیاز آبی نسبت به تیمارهای تامین ٦٧ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی ذرت، شاخص کلروفیل به طور معنی‌دار و به ترتیب ۱۰/٤ و ۱۵/٦ درصد کاهش یافت اما بین تیمارهای تامین ٦٧ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی تفاوت آماری مشاهده نشد (جدول ۳). همچنین با تامین ۳۳ درصد نیاز آبی، هدایت روزنه‌ای در برگ‌های ذرت ۳۵/٦ درصد و به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمار تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی کاهش یافت (جدول ۳).

استفاده از سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید به‌طور مستقل و هیومیک اسید + سالیسیلیک اسید به طور معنی‌داری نسبت به تیمار عدم کاربرد این مواد افزایش معنی‌دار شاخص کلروفیل برگ را به دنبال داشت. همچنین اگر چه کاربرد مستقل سالیسیلیک اسید افزایش معنی‌دار هدایت روزنه‌ای را باعث نشد، اما کاربرد مستقل هیومیک اسید و مصرف توام هیومیک اسید و سالیسیلیک اسید افزایش معنی‌دار و به‌ترتیب ۲۷/٤ و ۱٤ درصدی هدایت روزنه‌ای ذرت را نسبت به تیمار عدم کاربرد باعث گردید (جدول ٤).

اجزای عملکرد: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر آبیاری بر تعداد بلال در متر مربع و تعداد ردیف در بلال در سطح یک درصد و بر تعداد دانه در ردیف، تعداد دانه در بلال و وزن هزار دانه در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. کاربرد سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید بر وزن هزار دانه در سطح پنج درصد معنی‌دار شد اما بر سایر اجزای عملکرد اثر معنی‌داری نداشت. اثر متقابل آبیاری و سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید نیز بر اجزای عملکرد معنی‌دار نشد (جدول ۲).

با کاهش تامین نیاز آبی و به عبارتی با افزایش شدت تنش کم‌آبی به طور معنی‌داری از تعداد بلال در متر مربع کاسته شد، به طوری که تعداد بلال در متر مربع در شرایط تامین ۳۳ درصد نیاز آبی ذرت نسبت به شرایط تامین ٦٧ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی به ترتیب ۳۵/۲ و ٤۱/۲ درصد کاهش یافت (جدول ۳). همچنین با کاهش تامین نیاز آبی ذرت از ۱۰۰ و ٦٧ درصد به ۳۳ درصد، تعداد ردیف در بلال به ترتیب ۱٤/۱ و ۱۱/۵ درصد، تعداد دانه در ردیف به ترتیب ۳۳/۹ و ۳۱/۳ درصد، تعداد دانه در بلال به‌ترتیب ٤۲/۵ و ٦۱/۸ درصد و وزن هزار دانه به ترتیب ٤۰ و ۳٤/۸ درصد و به طور معنی‌داری کاهش یافت. با این وجود بین سطوح آبیاری تامین ٦٧ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی در مورد اجزای عملکرد تفاوت آماری مشاهده نشد (جدول ۳).

www.SID.ir

Arshive of SID

جدول ۲: نتایج تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت تحت تاثیر سطوح آبیاری و سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات									
		شاخص کلروفیل	هدایت روزنه‌ای	تعداد بلال در متر مربع	تعداد ردیف در بلال	تعداد دانه در ردیف	تعداد دانه در بلال	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت دانه
بلوک	۲	۱/۰۶	٦۲/٥٤	۱۳/۹٤	۰/۱۸	۲٦/۹٥	٤۳۰٤/٤۲	۷۹۰/۹	۳۱۲۱٦/۸۱	٤۲۹۰۷/۸۳	۰/۱۲
آبیاری (A)	۲	۱۱۷/۰٥**	۱٦۳۹/۰۹*	۷۷/٦٥**	۱۲/٥٤**	۱۹٦/۰۹ *	۳۹٥٦٥/۷*	۱۰۲۱۷/٥*	۷۰۱۹۲۸/۹٦**	۳۲٥۷۳۲۸٦**	۰/٦۳*
خطای اصلی	٤	٥/٤۱	۱۸۰/۷۲	۳/۹۹	۰/٦٦	۲٦/۸۰	٥۰٤۱/۱	۱۰٦۲/۲۹	۳۳٤۲٦/٥۹	۱۱٤٦٥۱/۹٤	۰/۰٥
سالیسیلیک و هیومیک اسید (B)	۳	۲٤/۸۱*	۹۳۱/۸۸*	۱/٥۸ ns	۱/٦٦ ns	٦/۱۷ ns	۱۷٦۹/٦۱ns	۱۰۹۱/۷۸*	۲٦۱۷٥/۹۳*	۷۸۸٤٦/۷٦ ns	۰/۰۱ ns
A× B	٦	۸/۷٤ ns	۳۸۰/۲۲ ns	۱/۸۷ ns	۱/٤٤ ns	۲۳/۸۲ ns	٥۰۱۳/٥۹ ns	٦۲٤/۸۲ ns	۱۷٤۳٤/۲۲ ns	۷۳۹٤۲/٤۷ ns	۰/۰٤ ns
خطای فرعی	۱۸	٦/٥٥	۲٦٦/۰۱	۲/۰٤	۰/٦٤	۱۳/۲۱	۲٥۹٥/٤۲	۲۹۲/۸٦	۹٤٥۷/٥	٤٦۸۳۸/٤٦	۰/۰۳
ضریب تغییرات (٪)	-	٦/۹۸	۲۸/۳٥	۱٤/۳۹	٦/۳	۲۲/۳٦	۲٤/۱٦	۱۷/۰۸	۲۲/۸۷	۱٦/۷۱	۲۸/۰٤

**، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱ درصد و ۵ درصد و غیر معنی‌دار است

www.SID.ir

Arshive of SID

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که هر چند کاربرد سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید اثر معنی‌داری بر تعداد دانه در بلال و اجزای آن نداشت اما استفاده از این مواد، تاثیر مثبتی بر پر شدن دانه‌ها داشته و افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه را نسبت به شرایط عدم کاربرد این مواد باعث شد، به طوری که کمترین وزن هزار دانه ذرت با میانگین ۹۹/٦ گرم در تیمار عدم کاربرد سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید بدست آمد و کاربرد سالیسیلیک اسید، کاربرد هیومیک اسید و مصرف توام سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید به‌ترتیب افزایش ۲۲/۵، ۲۲/٦ و ۲۰/۷ درصدی وزن هزار دانه را باعث گردید. با این وجود تیمارهای کاربرد سالیسیلیک اسید، کاربرد هیومیک اسید و مصرف توام سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید از نظر وزن هزار دانه تفاوت معنی‌داری نداشته و در گروه آماری مشابه قرار گرفتند (جدول ٤).

عملکرد دانه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که آبیاری در سطح یک درصد و کاربرد سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید در سطح پنج درصد عملکرد دانه ذرت را تحت تاثیر قرار داد، در حالی که اثر متقابل آبیاری و سالیسیلیک و هیومیک اسید بر عملکرد دانه معنی‌دار نشد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش شدت تنش کم‌آبی از عملکرد دانه به میزان زیادی کاسته شد، به‌طوری که بیشترین عملکرد دانه با میانگین ٦٤۰/۱ گرم در متر مربع در شرایط تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی حاصل شد که از برتری معنی‌دار ۳۵/۵ درصدی و ۳/۹ برابری به ترتیب در مقایسه با تیمارهای تنش متوسط و شدید کم‌آبی (تامین ٦۷ و ۳۳ درصد نیاز آبی) برخوردار بود (جدول ۳).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با کاربرد هیومیک اسید، سالیسیلیک اسید و مصرف توام هیومیک اسید و سالیسیلیک اسید عملکرد دانه ذرت نسبت به تیمار عدم مصرف این مواد به طور معنی‌دار و به ترتیب ۲٦/۵، ۱۸/۵ و ۲۱/۷ درصد افزایش یافت. با این وجود تیمارهای کاربرد سالیسیلیک اسید، کاربرد هیومیک اسید و مصرف توام سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید از نظر عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری نداشته و در گروه آماری مشابه قرار گرفتند (جدول ٤).

عملکرد بیولوژیک: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که آبیاری اثر معنی داری در سطح یک درصد بر عملکرد بیولوژیک ذرت داشت در حالی که اثر کاربرد سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید و اثر متقابل آبیاری و سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار نگردید (جدول ۲). نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد بیولوژیک با میانگین ۱۷۲۲/۲ گرم در متر مربع از تیمار تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی بدست آمد که از برتری معنی‌دار ۲/٤ برابری نسبت به تیمار تامین ۳۳ درصد نیاز آبی برخوردار بود. با این وجود تولید ماده خشک در تیمارهای تامین ٦۷ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی به لحاظ آماری تفاوتی نداشت (جدول ۳).

شاخص برداشت: صفت شاخص برداشت دانه در بوته به طور معنی‌داری و در سطح پنج درصد تحت تاثیر آبیاری قرار گرفت اما اثر کاربرد سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید و اثر متقابل آبیاری و سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کمترین شاخص برداشت دانه مربوط به تیمار تامین ۳۳ درصد نیاز آبی بود که به لحاظ آماری در گروه پائین‌تری نسبت به دو تیمار تامین ٦۷ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی قرار گرفت (جدول ۳).

www.SID.ir

Arshive of SID

جدول ۳: مقایسه میانگین های اثر ساده آبیاری بر صفات فیزیولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت

تامین نیاز آبی (درصد)	شاخص کلروفیل	هدایت روزنه ای (میلی‌مول بر متر مربع در ثانیه)	تعداد بلال در متر مربع	تعداد ردیف در بلال	تعداد دانه در ردیف	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (گرم در متر مربع)	شاخص برداشت	عملکرد بیولوژیک (گرم در متر مربع)
۳۳	۳۹/۵۰ a	۶۶/۰۶ a	۷/۰ b	۱۱/۶ b	۱۲/۳ b	۸۲/۹ b	۱۶۳/۳ c	۰/۳۳ b	۷۱۴/۴ b
۶۷	۳۷/۱۸ a	۵۲/۳۵ ab	۱۰/۸ a	۱۳/۱ a	۱۷/۹ a	۱۲۷/۱ a	۴۷۲/۲ b	۰/۳۳ a	۱۴۴۷/۶ a
۱۰۰	۳۳/۳۲ b	۴۲/۸۳ b	۱۱/۹ a	۱۳/۵ a	۱۸/۶ a	۱۳۸/۱ a	۶۴۰/۱ a	۰/۳۷ a	۱۷۲۲/۲ a

اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد نمی‌باشند.

جدول ۴: مقایسه میانگین های اثر ساده سالیسیلیک و هیومیک اسید بر صفات فیزیولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت

تیمار	شاخص کلروفیل	هدایت روزنه‌ای (میلی‌مول بر متر مربع در ثانیه)	تعداد بلال در متر مربع	تعداد ردیف در بلال	تعداد دانه در ردیف	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (گرم در متر مربع)	شاخص برداشت	عملکرد بیولوژیک (گرم در متر مربع)
عدم کاربرد	۳۴/۵۸ b	۴۹/۲۸ b	۹/۴ a	۱۲/۱ a	۱۵/۷ a	۹۹/۶ b	۳۶۴/۳ b	۰/۳۲ a	۱۱۵۵/۴ a
هیومیک اسید	۳۷/۱۸ a	۶۱/۷۶ a	۱۰/۱ a	۱۳/۲ a	۱۶/۷ a	۱۲۲/۲ a	۴۶۱/۲ a	۰/۳۴ a	۱۳۵۵/۱ a
سالیسیلیک اسید	۳۷/۲۴ a	۴۹/۷۵ b	۱۰/۴ a	۱۲/۹ a	۱۶/۳ a	۱۲۲/۱ a	۴۳۲/۰ a	۰/۳۳ a	۱۳۲۷/۳ a
هیومیک + سالیسیلیک اسید	۳۷/۶۶ a	۵۷/۱۹ a	۹/۸ a	۱۲/۷ a	۱۶/۴ a	۱۲۰/۳ a	۴۴۳/۵ a	۰/۳۳ a	۱۳۴۱/۳ a

اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی داری بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد نمی‌باشند.

www.SID.ir

Arshive of SID

بحث

به نظر می‌رسد که دلیل کاهش میزان کلروفیل در شرایط تنش آبی، افزایش تخریب این رنگیزه و یا کاهش ساخت آن و نیز اختلال در فعالیت آنزیم‌های مسئول سنتز رنگدانه‌های فتوسنتزی باشد (Moslemi, 2010). یکی دیگر از عوامل کاهش کلروفیل، رقابت آنزیم گلوتامیل کیناز (آنزیم کاتالیز کننده پرولین) و آنزیم گلوتامات لیگاز (اولین آنزیم مسیر بیوسنتز کلروفیل) در شرایط تنش خشکی می‌باشد که باعث می‌شود تا پیش‌ساز گلوتامات، بیشتر به مصرف پرولین برسد و در نتیجه بیوسنتز کلروفیل با محدودیت مواجه شود (Ramak et al., 2008). کاهش معنی‌دار میزان کلروفیل برگ ذرت با افزایش دور آبیاری از ۱۰ به ۱۵ و ۲۰ روز گزارش شده است (Gomaa et al., 2017). همچنین عمده تفاوت مشاهده شده در هدایت روزنه‌ای بین تیمارهای رطوبتی احتمالاً ناشی از این استراتژی است که گیاه برای اجتناب از تنش خشکی و استفاده مناسب از مقدار آب محدودی که در اختیار دارد، اقدام به بستن روزنه‌های خود می‌کند تا از هدر روی آب جلوگیری شود. بنابراین با تداوم دوره خشکی، گیاه اقدام به تنگ نمودن روزنه‌های خود و در نهایت بستن آن‌ها (Lopez et al., 1988) می‌نماید که در نهایت منجر به کاهش هدایت روزنه‌ای برگ می‌گردد.

گیاهانی که تحت تنش خشکی قرار می‌گیرند، فضای بین سلولی و میزان آب در پیکره آن‌ها کاهش یافته تا آب از بافت خاک با نیروی بیشتری وارد گیاه گردد که این امر منجر به کاهش میزان آب نسبی در شرایط تنش می‌گردد (خورشیدی و همکاران، ۱۳۸۱). محتوی نسبی آب نقش مهمی در تنظیم هدایت روزنه‌ای و در نتیجه سرعت فتوسنتزی گیاه دارد (Tarumingkeng and Coto, 2003) و از آنجایی که تداوم باز بودن روزنه به آماس سلول‌های محافظ روزنه که خود آن‌ها نیز جزئی از بافت برگ می‌باشند وابسته است، لذا کاهش در میزان محتوی نسبی آب برگ (RWC) می‌تواند دلیل دیگر تفاوت هدایت روزنه‌ای بین سطوح آبیاری باشد (Lopez et al., 1988).

احتمالاً اسید سالیسیلیک از طریق تاثیر بر میزان تولید رادیکال‌های آزاد از تخریب کلروفیل جلوگیری کرده و افزایش میزان رنگدانه‌ها را به دنبال دارد (Keshavarz et al., 2012). Attarzadeh و همکاران (۲۰۱٤) در ارزیابی اثر اسید سالیسیلیک در چهار سطح صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میکرومول بر برخی صفات فیزیولوژیک ذرت گزارش نمودند که تیمار ۵۰ و ۱۰۰ میکرومول اسید سالیسیلیک باعث افزایش معنی‌داری در شاخص کلروفیل برگ ذرت گردید. Ramezannezhad و همکاران (۲۰۱۳) نیز با بررسی اثر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر شاخص‌های فیزیولوژیک ارقام حساس و مقاوم نخود تحت تنش خشکی بیان داشتند که کاربرد این ترکیب در رقم حساس باعث افزایش معنی‌دار محتوی کلروفیل کل گردید. Mehrabian Moghadam و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی اثر سالیسیلیک اسید بر رشد و عملکرد ذرت تحت تنش خشکی بیان داشتند که کاربرد اسید سالیسیلیک افزایش معنی‌دار ۲۰ درصدی کلروفیل ذرت را در پی داشته است.

افزایش در میزان کلروفیل و هدایت روزنه‌ای برگ ذرت با کاربرد هیومیک اسید را نیز می‌توان به افزایش رشد ریشه و افزایش قدرت جذب آب و عناصرغذایی توسط گیاه نسبت داد که باعث افزایش سبزینگی گیاه و کاهش مقاومت روزنه‌ای می شود. همچنین Chamani و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی تاثیر سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید بر صفات گیاه دارویی پروانش نتیجه گرفتند که کاربرد ۱۰۰ میلی‌گرم

www.SID.ir

Arshive of SID

بر لیتر هیومیک اسید بیشترین میزان کلروفیل و هدایت روزنه‌ای برگ را در این گیاه باعث گردید.

به نظر می‌رسد هر چه میزان آبیاری بیشتر شود، گیاه دارای کانوپی بزرگ‌تری می‌شود که قادر است مخازن زایشی بیشتری را تغذیه نماید و در نتیجه تعداد بلال در واحد سطح افزایش می‌یابد. Jalota et al., (2006) با بررسی نخود در شرایط تنش کم‌آبی گزارش کردند که با افزایش آبیاری، تعداد غلاف در واحد سطح افزایش معنی‌داری پیدا کرد. همچنین کاهش اجزای عملکرد بلال را در شرایط کم‌آبی می‌توان به کاهش سطح برگ و میزان تولید مواد فتوسنتزی نسبت داد (Abd El-Baky et al., 2008). به عبارتی فراهمی رطوبت قابل دسترس سبب افزایش توسعه کانوپی گیاه شده، در نتیجه انرژی تشعشعی بیشتری جذب گیاه می‌شود که این امر منجر به افزایش قدرت منبع و در نتیجه افزایش اجزای عملکرد در گیاه می‌گردد.

به نظر می‌رسد که کمبود آب طی مرحله گلدهی و گرد افشانی باعث خشک شدن و عقیمی دانه‌های گرده و کلاله مادگی شده (Bassetti and Westgate, 1993) و این مسئله نیز باعث اختلال در گرده‌افشانی می‌شود که در نهایت با توجه به تداوم کم‌آبی در طی دوره رشد این گیاه، کاهش قابل ملاحظه تعداد گلچه‌های بارور در بلال، کاهش معنی‌دار تعداد دانه در ردیف و تعداد دانه در بلال را باعث می‌گردد. علت اصلی کاهش معنی‌دار تعداد دانه در بلال ذرت را می‌توان به تاخیر در ظهور کاکل‌ها به دنبال اعمال تنش کم‌آبی نسبت دادند. به عبارتی در اثر تنش کم‌آبی زمانی کاکل‌ها ظاهر می‌شوند که گرده‌افشانی انجام گرفته و گرده زنده زیادی برای تلقیح گل‌های ماده وجود ندارد و لذا تعداد زیادی از تخمک‌ها به صورت تلقیح نشده باقی مانده و در نتیجه تعداد دانه در هر ردیف و تعداد دانه در بلال به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. در بررسی Ghanbari and Moosavi (۲۰۱٦) افزایش دور آبیاری از ٦ به ۱۲ روز، موجب کاهش ۵۰ درصدی تعداد دانه در ردیف بلال گردید. Gomaa و همکاران (۲۰۱۷) نیز کاهش معنی‌دار تعداد ردیف در بلال و تعداد دانه در بلال ذرت را با افزایش دور آبیاری از ۱۰ به ۲۰ روز گزارش کردند.

افزایش وزن هزار دانه در شرایط دسترسی گیاه به آب بیشتر را نیز می‌توان به دوام بیشتر فتوسنتز و تولید مواد فتوسنتزی بیشتر و افزایش انتقال مواد جهت پر کردن دانه‌ها مربوط دانست. به عبارتی می‌توان گفت وقتی که گیاه در معرض تنش خشکی قرار می‌گیرد، برای این که از اثرات تنش کم‌آبی فرار کند اقدام به کوتاه کردن چرخه زندگی خود می‌کند و بنابراین به دلیل کوتاه‌تر شدن طول دوره پر شدن دانه و نیز تأثیر منفی تنش کم‌آبی بر هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز جاری (محدویت منبع)، در نهایت مواد منتقل شده به دانه کاهش یافته و وزن هزاردانه کم می‌شود. همچنین کاهش وزن هزار دانه در شرایط تنش کم‌آبی را می‌توان به کمتر بودن کربوهیدرات‌های ذخیره‌ای قبل از مرحله گرده افشانی در اندام‌های رویشی و کاهش دوام سطح برگ که در نتیجه دوره پر شدن دانه‌ها را کوتاه می‌نماید (Lack, 2013)، نسبت داد. افزایش دور آبیاری از ٦ به ۹ و ۱۲ روز به ترتیب موجب کاهش ٤/۳۸ و٤/۲٤ درصدی وزن هزار دانه ذرت گردید (Ghanbari and Moosavi, 2016). در مطالعه اثر کم‌آبی بر وزن هزار دانه ذرت، Gomaa و همکاران (۲۰۱۷) نیز نتایج مشابهی را بدست آوردند.

افزایش وزن دانه در نتیجه محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید ممکن است به افزایش تولیدات فتوسنتزی نسبت داده شود که باعث تشکیل یک منبع ذخیره‌ای برای مقصد و افزایش گنجایش مخزن و در نهایت منجر به افزایش وزن دانه و افزایش عملکرد می‌شود (Momeni, 2011). افزایش ۹ درصدی وزن

www.SID.ir

Arshive of SID

هزار دانه در ذرت با کاربرد یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید توسط Taheri Oshtrinani and Fathi (۲۰۱٦) نیز گزارش شده است. Shakirova و همکاران (۲۰۰۳) معتقدند که سالیسیلیک اسید با افزایش سطح برگ و اختصاص مواد فتوسنتزی بیشتر به دانه، افزایش وزن هزار دانه را باعث می‌گردد. Gomaa و همکاران (۲۰۱۷) افزایش ۲۷/۱ درصدی وزن هزار دانه ذرت را با کاربرد ۱٤/٤ کیلوگرم هیومیک اسید در هکتار گزارش کردند. Rahimi و همکاران (۲۰۱٦) نیز با بررسی اثر کاربرد هیومیک اسید بر اجزای عملکرد کلزا، افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه را با کاربرد ۱۰۰ میلی‌گرم هیومیک اسید در لیتر گزارش کردند. به نظر می‌رسد کاربرد هیومیک اسید در آب آبیاری نیز از طریق افزایش توان فتوسنتزی گیاه و قدرت منبع، در پر شدن موثرتر مخازن فیزیولوژیکی (دانه‌ها) و افزایش وزن هزار دانه نقش داشته است.

از آنجا که عملکرد نهایی ذرت بستگی به نمو موفقیت‌آمیز گل‌ها، باروری کامل آن‌ها، تکوین رویان و تجمع نشاسته و پروتئین در دانه دارد و هر کدام از این فرآیندها نیاز به عرضه مستمر مواد پرورده دارد، تنش کم‌آبی از طریق کاهش سطح و دوام برگ‌ها و اختلال در روند جذب و انتقال عناصر غذایی و فتوسنتز گیاه (Lack, 2013)، عرضه مواد پرورده را کاهش‌داده و موجب کاهش اجزای عملکرد و در نتیجه عملکرد دانه و بیولوژیک شده است. تنش خشکی از طریق تاثیر بر آنزیم‌های موثر در فرایند فتوسنتز، بستن منفذ روزنه‌ها و کاهش میزان فتوسنتز در داخل کلروپلاست باعث کاهش قدرت منبع می‌گردد (Robertson et al., 2004). Westage and Boyer (1998) دریافتند که کاهش عملکرد دانه ذرت در شرایط تنش خشکی به علت کاهش وزن هزار دانه و تعداد دانه در ردیف می‌باشد. این محققین اظهار داشتند که در شرایط تنش کم‌آبی به دلیل کاهش فاصله بین گرده‌افشانی و کاکل-دهی، درصد باروری و تشکیل دانه در بلال کاهش می‌یابد. همچنین از آنجایی که محتوی کلروفیل برگ-ها یکی از عوامل کلیدی در تعیین سرعت فتوسنتز و تولید ماده خشک می‌باشد (Ghosh et al., 2004) و تنش کم‌آبی باعث کاهش کلروفیل برگ می‌گردد (جدول ۳)، ظرفیت دریافت نور و توان فتوسنتزی گیاه کاهش یافته (Mafakheri et al., 2011) و این موضوع و نیز کاهش هدایت روزنه‌ای و محتوای رطوبت نسبی برگ ذرت می‌تواند از دلایل دیگر کاهش عملکرد دانه و بیولوژیک ذرت در شرایط کم-آبی باشد.

Balakunbahan and Rajamani (۲۰۱۰) معتقدند که هیومیک اسید رشد گیاهان را از طریق تغییر فیزیولوژی گیاه و با بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک، افزایش می‌دهد. همچنین Chaves و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند که بین سرعت فتوسنتز برگ‌ها و غلظت کلروفیل برگ رابطه مثبت و معنی‌داری وجود دارد. به عبارتی میزان کلروفیل در گیاهان یکی از فاکتورهای مهم در حفظ ظرفیت فتوسنتزی است و بین میزان کلروفیل و عملکرد همبستگی مثبتی وجود دارد (Si-o-semardeh, 2003) و از آنجا که سالیسیلیک اسید از طریق افزایش فعالیت آنزیم رابیسکو و افزایش کلروفیل، میزان فتوسنتز کل را افزایش می‌دهد (Bayat et al., 2011) و در شرایط این تحقیق نیز کاربرد سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید منجر به افزایش معنی‌دار شاخص کلروفیل شده است (جدول ٤)، می-توان گفت که استفاده از این مواد از طریق افزایش قدرت فتوسنتزی گیاه و عمدتا با تولید دانه‌های سنگین‌تر (جدول ٤)، افزایش معنی‌دار عملکرد دانه ذرت را نسبت به تیمار عدم کاربرد این مواد باعث شد. افزایش ۲٦/۷ درصدی عملکرد دانه رازیانه با کاربرد ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید (Salarpour and

www.SID.ir

Arshive of SID

Farahbakhsh, 2016) و افزایش عملکرد دانه ذرت به میزان ۲۳/٤ درصد با کاربرد ١٤/٤ کیلوگرم هیومیک اسید در هکتار (Gomaa et al., 2017) و ۱۷/۳ درصد با کاربرد ۱۰ کیلوگرم هیومیک اسید در هکتار (Chaudhari et al., 2017) نیز گزارش شده است که نتایج تحقیق حاضر را تائید می‌کند.

Farjam و همکاران (۲۰۱٤) نیز در بررسی تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید در گلرنگ گزارش دادند که مصرف سالیسیلیک اسید بر عملکرد بیولوژیک گلرنگ اثر معنی‌داری نداشت، اما تنش کم‌آبی کاهش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک را باعث گردید. Dashagha و همکاران (۲۰۱۲) نیز گزارش کردند که کاربرد سالیسیلیک اسید اثر معنی‌داری بر افزایش بیوماس ذرت نداشت که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.

کاهش معنی‌دار شاخص برداشت در تیمار تنش شدید کم‌آبی (تامین ۳۳ درصد نیاز آبی) نسبت به دو تیمار تامین ٦۷ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی بیانگر این واقعیت است که تحت تنش شدید، هر چند عملکرد دانه و ماده خشک کل هر دو کاهش می‌یابد اما کاهش عملکرد دانه به مراتب بیشتر بوده است و از آنجا که شاخص برداشت نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک می‌باشد، در نتیجه منجر به کاهش شاخص برداشت در شرایط تنش شدید کم‌آبی شده است.

Setter و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کردند که شاخص برداشت گیاه ذرت تحت تنش خشکی تقریباً ثابت است زیرا همانطور که تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه می‌گردد، وزن خشک کل را نیز کم می‌کند. با این وجود تنش شدید کم‌آبی می‌تواند باعث کاهش عملکرد دانه به میزان زیاد گردد و در نتیجه شاخص برداشت کاهش پیدا کند که در آزمایش حاضر نیز این موضوع مشاهده گردید. Lack (۲۰۱۳) نیز منطبق با این استدلال گزارش کردند که تحت تنش خشکی، شاخص برداشت در ذرت به طور معنی‌داری کاهش یافته است. احتمالا کمبود آب علاوه بر کاهش مادهٔ خشک تولیدی، موجب اختلال در تسهیم کربوهیدرات‌ها به دانه و کاهش بیشتر عملکرد دانه و در نتیجه کاهش شاخص برداشت می‌شود.

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج این تحقیق نشان داد که تنش کم‌آبی از طریق تاثیر منفی بر صفات فیزیولوژیکی گیاه ذرت، توان فتوسنتزی گیاه را کاهش داده و با محدویت منبع و کاهش اجزای عملکرد باعث کاهش معنی‌دار عملکرد اقتصادی گردید. همچنین کاربرد هیومیک اسید و سالیسیلیک اسید از طریق افزایش کلروفیل برگ و توان فتوسنتزی و عمدتا افزایش وزن دانه‌های بلال توانست افزایش معنی‌دار عملکرد دانه ذرت را به دنبال داشته باشد. به طور کلی بر اساس نتایج تحقیق حاضر می‌توان تیمار تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی و کاربرد هیومیک اسید یا سالیسیلیک اسید را برای زراعت ذرت در شرایط مشابه مورد توجه قرار داد. همچنین پیشنهاد می‌گردد در تحقیقات بعدی تامین ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه و استفاده از مقادیر بیشتر هیومیک اسید و سالیسیلیک اسید مورد بررسی قرار گیرد.

References

Abd El-Baky, H.M., Hussein, M. and El-Baroty, G. (2008). Algal extracts improve antioxidant defense abilities and salt tolerance of wheat plant irrigated with sea water. African Journal of Biochemistry. 2: 151–164.

Abedi Koupai, J., Khajeali, J., Soleimani, R. and Mollaei, R. (2014). Influence of moisture and pests stresses on corn yield. Journal of Water and Soil Sciences. 18(67): 23-34.

Amini, E., Mehrabi, A., Hatami, A. and Fasih, K. (2015). Evaluation of yield,

www.SID.ir

Arshive of SID

yield components and water content of four grain corn hybrids in different levels irrigation. Cereal Research. 4(4): 333-344.

Attarzadeh, M., Torabi, B. and Madah Hossieni, Sh. (2014). The interaction effect of salicylic acid and high temperature stress on some physiological characteristics of maize (*Zea mays* L.). Iranian Journal of Field Crops Research. 12(4): 718-726.

Balakumbahan, R. and Rajamani, K. (2010). Effect of bio stimulants on growth and yield of Senna (*Cassia angustifoliavar*). Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants. 2(1): 8-16.

Bassetti, P. and Westgate, M.E. (1993). Water deficit affects receptivity of maize silks. Crop Science. 33: 278-182.

Bayat, H., Mardani, H., Arouie, H. and Salahvarzi, Y. (2011). Effects of salicylic acid on morphological and physiological characteristics of cucumber seedling (*Cucumis sativus* cv. Super Dominus) under drought stress. Journal of Plant Production. 18(3): 63-76.

Chamani, E., Bonyadi, M. and Ghanbari, A. (2015). Effects of salicylic acid and humic acid on vegetative indices of periwinkle (*Catharanthus roseus* L.). Journal of Horticultural Science. 29(4): 631-641.

Chaudhari, C.R., Patel, P.M., Dabhi, M.S. and Patel, V.P. (2017). Response of organic acids and inorganic fertilizers on growth, yield and quality of *Rabi* maize (*Zea mays* L.). International Journal of Chemical Studies. 5(4): 964-966.

Chaves, M.M., Maroco, J.S.J., Rodrigues, M.L., Osorio, C.P.M., Carvalho, I. Faria, T. and Pinheiro, C. (2002). How plants cope with water stress in the field I- photosynthesis and growth. Annual Botany. 89: 907-916.

D**ashagha, Z., Mazaheri Tirani, M. and Ghasemi, M. (2012).** Effect of salicylic acid on some growth parameters and biochemical of wheat and corn under salinity stress. Journal of Crop production and Processing. 4(11); 207-215.

Farjam, S., Rokhzadi, A., Mohammadi, H. and Ghaleshakhati, S. (2014). Effect of cut irrigation tension and foliar application of salicylic acid on growth, yield and yield components of three safflower cultivars. Crop Physiology Journal. 6(23): 99-112.

F**azeli Rostampour, M., Yarnia, M., Farokhzadeh Khoee, R., Seghatoleslami, M.J. and Moosavi, G.R. (2013).** Physiological response of forage sorghum to polymer under water deficit conditions. Agronomy Journal. 105(4): 1-9.

Galmes, J., Medrano, H. and Flexa, J. (2007). Photosynthetic limitation in response to water stress and recovery in Mediterranean plants with different growth forms. New Phytology. 175: 81–93.

Ghanbari, S. and Moosavi, S.G. (2016). Grain yield of maize influenced by plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) and zinc under water deficit stress. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production. 26(3): 21-41.

Ghorbani , S., Khazaee , H.R., Kafi, M. and Binayan, M. (2010). The Effect of application of humic acid on irrigation water on yield and yield components of maize. Journal of Agroecology. 8(2): 111-118.

Ghosh, P.K., Ajay, K.K., Manna, M.C., Bandyopadhyay, K.G., Mandal A.K. and Hati, K.M. (2004). Comparative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer-NPK on three cropping system in vertisoils of semi-arid tropics. Dry matter yield, nodulation, chlorophyll content and enzyme activity. Bioresource Technology. 95: 85-93.

Gomaa, M.A, Radwan, F.I., Khalil, G.A.M., Kandil, E.E. and El-Saber, M.M. (2014). Impact of humic acid application on productivity of some maize hybrids under water stress conditions. Middle East Journal of Applied Sciences. 4(3): 668-673.

Hatami, H. (2017). The effect of zinc and humic acid applications on yield and yield components of sunflower in

www.SID.ir

Arshive of SID

drought stress. Journal of Advanced Agricultural Technologie. 4(1): 36-39.

Jalota, S.K., Sood, A. and Harman, W.L. (2006). Assessing the response of chickpea (*Cicer aretinum* L.) yield to irrigation water on two soils in Punjab of India: A simulation analysis using the CROPMAN model. Agricultural Water Management. 79: 312–320.

Kamali, M., Kharazi, S.M., Salahvarzi, Y. and Tehranifar, A. (2012). Effect of salicylic acid on growth and some morphophysiologic of *Gomphrena globosa* L. under salinity stress conditions. Journal of Horticultural Science. 26(1): 104-112.

Keshavarz, H., Modarressani, A.M., Zarin Kamar, F., Dolat abadiyan, A., Panahi, M. and Sadat Asilan, K. (2012). Study of foliar application of salicylic acid on some biochemical properties of two canola cultivars (*Brassica napus* L.) under cold stress condition. Iranian Journal Field Crop Science. 42(4): 723-734.

Khan, N.A., Shabian, S., Masood, A., Nazar, A. and Iqbal, N. (2010). Application of salicylic acid increases contents of nutrients and antioxidative metabolism in mungbean and alleviates adverse effects of salinity stress. International Journal of Plant Biology. 1: 1-8.

Khorshidi, M.F., Rahimzadeh, B., Yaradi, M. and Noormohamadi, G. (2002).Study of drought stress effects of *Solanum tuberosum* varieties in growth stages. Iranian Journal of Crop Sciences. 59: 41-48.

1. **Krantev, A., Yordanova, R., Janda, T., Szalai, G. and Popova, L. (2008).** Treatment with salicylic acid decreases the effect of cadmium on photosynthesis in maize plants. Journal of Plant Physiology. 165: 920-931.

Lack, Sh. (2013). Evaluation of physiological traits effective on seed yield of corn in different irrigation, nitrogen and plant density levels. Crop Physiology Journal. 5(19): 17-33.

Lopez, F.B., Setter, T.L. and Mc David, C.R., (1988). Photosynthesis and water vapor exchange of pigeon pea leaves in response to water deficit and recovery. Crop Science. 28: 141-145.

Mafakheri, A., Siosemardeh, A., Bahramnejad, B., Struik, P.C. and Sohrabi, Y. (2011). Effect of drought stress and subsequent recovery on protein, carbohydrate contents, catalase and peroxidase activities in three chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. Australian Journal of Crop Sciences. 5: 1255-1260.

Mansourifar, C., Modarres Sanavy, S.A.M. and Saberali, S.F. (2010). Maize yield response to deficit irrigation during low-sensitive growth stages and nitrogen rate under semi-arid climatic conditions. Agricultre Water Management. 97(1): 12-22.

Mehrabian Moghadam, N., Arvin, M.J., Khajevi Nejad, G., Maghsoudi, K. (2011). Effect of salicylic acid on growth and yield of forage and maize grain under drought stress conditions in the field. Journal of Seedlings and Seeds (Seedlings and Seeds). 2-27(1): 41-55.

Mohammadai, H., Soleymani, A., Shams, M. (2012). Evaluation of drought stress effects on yield components and seed yield of three maize cultivars (*Zea mays* L.) in Isfahan region. International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 4: 1436-1439.

Momeni, S. (2011). The effect of salicylic acid and polyethylene glycol priming with salicylic acid spraying the plant with resistance to drought maize (*Zea mays* L.). Master's thesis of Birjand University.

Moslemi, Z. (2010). Effect of superabsorbent polymer and PGPR on growth and yield of corn under drought stress and normal conditions. M. Sc. Thesis, Islamic Azad University of Karaj Branch.

Ortega, R. and Fernandez, M. (2007). Agronomic evaluation of liquid humus derived from earthworm humic substances. Journal of Plant Nutrition. 30: 2091–2104.

Pakar, N., Pirasteh, A. and Emam, Y. (2014). Effect of salicylic acid concentrations on quantitive and quality charectristicts of barley under salinity

www.SID.ir

Arshive of SID

stress. Journal of Crop Production and Processing.4(14): 191-201.

Parvazi Shandi, S., Pazoki, A., Asgharzadeh, A., Azadi, A. and Paknejad, F. (2013). Effect of irrigation interval, humic acid and plant growth promoting rhizobacteria on physiological characteristics of Kavir cultivar wheat. Crop Physiology Journal. 5(18): 19-33.

Rafiei, M., Karimi, M., Noormohamadi, G. and Nadian, H.A. (2009). Effects of drought stress and zinc and phosphorus rates on some morphological traits and physiological of grain corn. Crop Physiology Journal. 1(1): 58-66.

Rahimi, Z., Mozaffari, H. and Hasanpour, D. (2016). Study of the effect of humic acid on irrigation water on yield and yield components of rapeseed. Agronomy and Plant Breeding. 12(1): 95-106.

Ramak, P., Khavirenejad, R.A., Heydari Sharifabad, H. and Rafiee, M. (2008). Effect of water stress on photosynthesis and growth factors in two sainfoin species. 10th congress of agriculture and plant breeding.

Ramezannezhad, R., Lahouti, M. and Ganjali, A. (2013). Effect of salicylic acid spraying on some physiological and biochemical indices of sensitive and susceptible chickpea (cicer arietinum l.) under drought stress. Plant Eco-Physiology. 5(12): 24-36.

Robertson, M.J., Fukai, S. and Peoples, M.B. (2004). The effect of timing and severity of water deficit on growth development, yield accumulation and nitrogen fixation of Mung bean. Field Crop Research. 86(1): 67-80.

Salarpour, F. and Farahbakhsh, H. (2016). Effects of salicylic acid on some physiological traits, yield and yield components of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) under drought stress. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 32(2): 216-230.

Samavat, S. and Malakuti, M. (2005). Important use of organic acid (humic and fulvic) for increase quantity and quality agriculture productions. Water and Soil Researchers Technical. 463: 1-13.

Setter, T.L., Brian, A., Lannigan, F. and Melkonian, J. (2001). Loss of kernel set due to water deficit and shade in maize: carbohydrate supplies, abscissic acid and cytokinins. Crop Science. 41: 1530-1540.

Shahriari, A., Puteh, A.B., Abdul Rahim, A.B., Saleh, G.B. (2014). Physiological responses of sweet corn under water deficit and nitrogen rates at different growth stages. Plant Ecophysiology. 19: 1-17.

Shakirova, F.M., Sakhabutdinova, A.R., Bezrukova, M.V., Fatkhutdinova, R.A. and Fatkhutdinova, D.R. (2003). Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. Plant Science. 164: 317-322

Si-o-semardeh, A. (2003). Physiological of growth and yield of wheat cultivar related to drought resistance ATP synthesis. Ph.D. dissertation, University of Tehran, Iran.

Taheri Oshtrinani, F. and Fathi, A. (2016). The impacts of mycorrhiza and phsphorus along with the use of salicylic acid on maize seed yield. Journal of Crop Ecophysiology. 10(39): 657-668.

Tarumingkeng, R.C. and Coto, Z. (2003). Effects of drought stress on growth and yield of soybean. Kisman, Science Philosophy PPs 702, Term paper, Graduate School, Borgor Agricultural University (Institute Pertainian Borgor).

Vicente, M.R. and Plasencia, J. (2011). Salicylic acid beyond defence: its role in plant growth and development. Journal of Experiment Botany. 62: 1–18.

Westage, M.E., and Boyer, J.S. (1998). Reproduction at low silk and pollen water potentials in maize. Crop Science. 26: 951-956.

www.SID.ir