

اثر اسید سالیسیلیک بر رشد و عملکرد علوفه و دانه ذرت در شرایط تنش خشکی در مزرعه

Effect of Salicylic Acid on Growth and Forage and Grain Yield of Maize under Drought Stress in Field Conditions

نجمه مهربابان مقدم^۱، محمد جواد آروین^۲، غلامرضا خواجویی نژاد^۳ و
کبری مقصودی^۴

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید باهنر، کرمان

۲- دانشیار، دانشگاه شهید باهنر، کرمان

۳- استادیار، دانشگاه شهید باهنر، کرمان

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۳/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱/۲۵

چکیده

مهربابان مقدم، ن.، آروین، م. ج.، خواجویی نژاد، غ. ر. و مقصودی، ک. ۱۳۹۰. اثر اسید سالیسیلیک بر رشد و عملکرد علوفه و دانه ذرت در شرایط تنش خشکی در مزرعه. مجله به‌زراعی نهال و بذر ۲-۲۷ (۱): ۵۵-۴۱.

تنش خشکی یکی از عوامل محدود کننده تولیدات گیاهی است و ماده شیمیایی اسید سالیسیلیک (SA) به عنوان یک تنظیم کننده گیاهی، قادر است مقاومت به خشکی را در گیاهان افزایش دهد. در این پژوهش اثر تنش خشکی و اسید سالیسیلیک بر رشد و عملکرد علوفه و دانه ذرت رقم دابل کراس ۳۷۰، در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان، به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مطالعه گردید. دور آبیاری به عنوان فاکتور اصلی، در دو سطح شاهد (۷ روز) و تنش خشکی (۱۰ روز) در کرت‌های اصلی و محلول ۰/۱ میلی مولار در لیتر اسید سالیسیلیک در شش سطح (شاهد، خیساندن بذر، محلول پاشی در مرحله سه برگی، محلول پاشی در مرحله گرده‌افشانی، خیساندن بذر + محلول پاشی در مرحله گرده‌افشانی، محلول پاشی در مرحله سه برگی + مرحله گرده‌افشانی) به عنوان فاکتور فرعی، در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. خشکی باعث کاهش کلروفیل، محتوی نسبی آب، وزن تر و خشک علوفه و افزایش نشت یونی گردید. در مقابل، اسید سالیسیلیک سبب افزایش معنی‌دار کلروفیل، محتوی نسبی آب، وزن خشک علوفه و کاهش معنی‌دار نشت یونی گردید و بیشترین تاثیر مربوط به تیمار خیساندن بذر بود. اثر متقابل آبیاری × اسید سالیسیلیک بر ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت معنی‌دار بود. اثر اسید سالیسیلیک بر بهبود رشد و افزایش عملکرد در هر دو شرایط تنش و غیر تنش محسوس بود و بطور معنی‌داری باعث افزایش عملکرد دانه گردید. نتیجه‌گیری می‌شود که اسید سالیسیلیک در غلظت ۰/۱ میلی مولار در رفع آسیب اکسیداتیو نقش دارد و قادر است به طور موثری باعث افزایش عملکرد ذرت شود.

واژه‌های کلیدی: ذرت، تنش خشکی، کلروفیل، محتوی نسبی آب و شاخص برداشت.

مقدمه

گیاهان در طول دوره رشد خود پیوسته بوسیله عوامل نامساعد محیطی تحت تاثیر قرار می‌گیرند. بعضی از این عوامل نامساعد مانند تنش رطوبتی رشد و نمو را در گیاهان محدود می‌کنند (Azizinia et al., 2005). تنش رطوبتی جزء تنش‌های عمومی می‌باشد که آثار بسیار نامطلوب بر رشد گیاه و تولید گیاهان زراعی می‌گذارد (Blum, 2005). خشکی در ایران و جهان پدیده‌ای اجتناب‌ناپذیر است که همه ساله با شدت‌های متفاوتی، تولید موفقیت‌آمیز محصولات کشاورزی را با مخاطره روبرو می‌سازد. عدم بارندگی کافی و توزیع غیر یکنواخت آن در طول فصل رشد در مناطق خشک و نیمه خشک باعث شده است که کشت بیشتر محصولات کشاورزی فقط با آبیاری امکان‌پذیر گردد. با توجه به کمبود بارش‌های جوی و بالا بودن میزان تبخیر در استان کرمان، این استان جزء مناطق خشک محسوب می‌شود. گیاهان در این مناطق کم و بیش با تنش کم آبی مواجه هستند و آب مهمترین عامل محدودکننده رشد گیاهان است. کمبود آب با تأثیر بر آماس سلولی و در نتیجه باز و بسته شدن روزنه‌ها، فرایندهای فتوسنتز، تنفس و تعرق را تحت تاثیر قرار داده و از طرف دیگر با تأثیر بر فرایندهای آنزیمی که به طور مستقیم با پتانسیل آب کنترل می‌شوند، بر رشد گیاه اثر منفی می‌گذارد. گزارش‌های زیادی مبنی بر تأثیر کمبود آب از

چند نوبت تا تنش‌های شدید، در رابطه با مختل شدن فرایندهای فیزیولوژیکی گیاهان و تغییر در متابولیسم کربوهیدرات‌ها و نیتروژن و نیز تغییر در ساختمان پروتئین‌ها و فعالیت آنزیم‌ها وجود دارد (Brar et al., 1990).

ذرت گیاهی است که توان بالقوه‌ای در تبدیل انرژی نورانی به انرژی شیمیایی دارد. ذرت برای تغذیه دام‌های گوشتی و طیور بسیار مناسب بوده و در جیره غذایی و ترکیبات کنسانتره دارای اهمیت فوق‌العاده‌ای است و به خصوص علوفه تازه و خشک آن مصرف بالایی در بین دام‌ها دارد. ذرت دانه‌ای از جمله محصولاتی است که به دلیل اهمیت آن در تغذیه دام و طیور بسیار مورد توجه می‌باشد. این محصول از ارزش بالایی برخوردار بوده، چنان که طی ۴۰ سال گذشته تا به حال تولید این محصول از ۲۵ هزار تن در سال به ۲/۱۰ میلیون تن رسیده است. ایران از پتانسیل بسیار بالایی برای کشت و تولید ذرت دانه‌ای برخوردار است و طبق آمار عملکرد ذرت دانه‌ای در داخل کشور ۷۱۰۰ کیلوگرم و میانگین جهانی ۴۹۰۰ کیلوگرم است (Anonymous, 2005).

تنش خشکی، شاخص سطح برگ و ماده خشک را در ذرت کاهش می‌دهد. همچنین کمبود آب در طی دوران گل‌دهی ذرت، عملکرد را تا ۹۰ درصد کاهش می‌دهد (Nesmith and Ritchie, 1992).

افزایش مقاومت گیاهان از راه‌های مختلف شامل به‌نژادی و استفاده از تنظیم‌کننده‌های

مواد و روش‌ها

آزمایش گلخانه‌ای

به منظور تعیین غلظت مناسب اسید سالیسیلیک (SA) بر رشد در ذرت، آزمایش گلخانه‌ای در گلخانه دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان در سال ۱۳۸۵ انجام شد. بذر رقم ذرت دابل کراس ۳۷۰ استفاده شده در این آزمایش از سازمان جهاد کشاورزی شهرستان کرمان تهیه شد. بذرها به مدت ۶ ساعت با غلظت های ۰، ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۵، ۰/۷۵، ۰/۲ و ۱ میلی‌مولار SA در دمای اتاق پیش تیمار شدند. بذرهای تیمار شده، با آب مقطر شستشو داده شد و بین دو لایه کاغذ در دمای ۲۲ درجه سانتیگراد، خشک شدند و سپس در گلدان‌های پلاستیکی حاوی ۸۰۰ گرم مخلوط خاک و خاک برگ به نسبت ۱:۴ خاک و خاک برگ کاشته شدند. آزمایش به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ده تکرار در گلخانه به اجرا درآمد. گلدان‌ها به مدت سه هفته با آب مقطر تا حد ظرفیت زراعی آبیاری و سپس برداشت شدند. طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه، وزن تر گیاهچه و وزن خشک گیاهچه اندازه‌گیری شدند.

آزمایش مزرعه‌ای

به منظور بررسی تیمارهای مختلف اسید سالیسیلیک بر عملکرد ذرت علوفه و دانه‌ای، دابل کراس ۳۷۰ آزمایشی در سال زراعی ۱۳۸۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه

رشد عملی است. در مقایسه با روش‌های به‌نژادی که اغلب بلندمدت و هزینه‌بردار هستند، استفاده از مواد شیمیایی شامل اسید سالیسیلیک (SA)، اسید جاسمونیک و غیره آسان‌تر و ارزان‌تر است. اسید سالیسیلیک یک ترکیب فنلی است و با داشتن خاصیت آنتی‌اکسیدانی در تنظیم فرایندهای فیزیولوژیکی گیاهان نقش دارد. اسید سالیسیلیک به عنوان یک مولکول پیام‌رسان مهم در پاسخ‌های گیاه به تنش‌های متعددی زیستی و غیر زیستی شناخته شده است (El-Tayeb, 2005) که با تاثیر بر آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیدازها و تنظیم‌کننده‌های اسمزی مثل پرولین، گلیسین و بتائین آثار ناشی از تنش خشکی، فلزات سنگین، گرما، سرما و شوری را کاهش می‌دهد (Senaranta et al., 2002).

جاندا و همکاران (Janda et al., 1999) گزارش کردند که افزودن اسید سالیسیلیک به محلول رشد آبکشت نهال‌های ذرت، با تحریک تولید عوامل آنتی‌اکسیدان، باعث افزایش تحمل به سرما گردید. در گزارش دیگر غلظت ۱/۴ میلی‌مول SA سبب ایجاد مقاومت به شوری در ذرت گردید (Hussein et al., 2007). همچنین استفاده از SA باعث افزایش عملکرد گندم گردید (Shakirova et al., 2003). هدف از انجام این آزمایش مطالعه اثر اسید سالیسیلیک بر رشد و عملکرد علوفه و دانه ذرت در شرایط تنش خشکی در مزرعه بود.

و کودپاشی بر اساس آزمون خاک به مقدار ۴۰۰ کیلو گرم کود اوره (در دو مرحله قبل از کاشت و مرحله ساقه رفتن)، ۱۵۰ کیلو گرم کود سوپر فسفات تریپل (تماماً قبل از کاشت) و ۱۰۰ کیلو گرم کود سولفات پتاسیم (تماماً قبل از کاشت) در هکتار انجام گردید. مبارزه با علف‌های هرز نیز قبل و بعد از سبز شدن انجام شد. هر کرت آزمایشی شامل ۵ ردیف ۶ متری با فاصله ردیف ۷۵ سانتیمتر بود و کاشت به صورت نم کاری انجام شد.

قبل از برداشت علوفه، کلروفیل، محتوی نسبی آب و نشت یونی اندازه‌گیری شدند. در مرحله شیری بودن دانه‌ها، پس از حذف دو ردیف کناری به عنوان اثر حاشیه‌ای، یکی از ردیف‌ها (ردیف یک) برداشت و وزن تر و خشک علوفه محاسبه گردید. جهت اندازه‌گیری عملکرد دانه و اجزای عملکرد، در زمان رسیدگی فیزیولوژیک دانه و پایین آمدن رطوبت دانه‌ها، از دو ردیف دیگر استفاده شد و عملکرد دانه، وزن هزار دانه و شاخص برداشت اندازه‌گیری و محاسبه شدند. تجزیه واریانس داده‌ها توسط نرم‌افزار SPSS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۰.۵٪ انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج آزمایش گلخانه‌ای نشان داد که غلظت‌های ۰/۱ و ۰/۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک بدون اختلاف معنی‌داری، در مقایسه

شهید باهنر کرمان انجام گردید. عرض جغرافیایی منطقه ۵۷ درجه و ۱۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی آن ۳۰ درجه و ۲۰ دقیقه شرقی می‌باشد.

آزمایش به صورت کرت‌های خرده شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. دور آبیاری به عنوان عامل اصلی، در دو سطح شاهد (۷ روز) و تنش خشکی (۱۰ روز) در کرت‌های اصلی و محلول ۰/۱ میلی مول اسید سالیسیلیک در شش سطح (شاهد، خیساندن بذر، محلول‌پاشی در مرحله ۳ برگی، محلول‌پاشی در مرحله گرده‌افشانی، خیساندن بذر + محلول‌پاشی در مرحله گرده‌افشانی، محلول‌پاشی در مرحله ۳ برگی + مرحله گرده‌افشانی) به عنوان عامل فرعی در کرت‌های فرعی قرار گرفتند.

آبیاری مزرعه تا اعمال تیمار خشکی (در مرحله سه برگی)، برای کلیه کرت‌ها به صورت یکسان و هر هفت روز یکبار انجام شد. پس از آن دور آبیاری ۷ و ۱۰ روز اعمال و حجم آب ورودی هر کرت اصلی با توجه به تشتک تبخیر، با استفاده از کنتور تعیین گردید. تیمارهای اسید سالیسیلیک به صورت محلول‌پاشی در مرحله سه برگی و گل‌دهی انجام و برای اطمینان از اثر بخشی آن هر مرحله محلول‌پاشی به صورت متوالی دو مرتبه با فاصله زمانی سه روز صورت گرفت.

تهیه زمین شامل شخم پاییزه و دو دیسک بهاره عمود بر هم و تسطیح زمین بوسیله لولر بود

ریشه‌ها و از طرف دیگر افزایش تعرق آب از طریق برگ‌ها می‌باشد که در نهایت منجر به بسته شدن روزنه‌های برگ می‌گردد. گزارش‌ها نشان می‌دهد که خشکی سبب کاهش محتوی نسبی آب در گیاهان چند ساله می‌شود (Abreu and Munne-Bosch, 2008).

بین سطوح مختلف خشکی (دور آبیاری) از نظر میزان نشت یونی اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده شد. به طوری که تنش خشکی ۲۴ درصد نشت یونی را افزایش داد (شکل ۱c). در شرایط تنش خشکی محتویات بیشتری از سلول در اثر تخریب غشا به بیرون تراوش می‌کنند. تغییراتی که در ساختار غشای سلول در اثر تغییر چربی‌ها و تغییرات دیگر ایجاد می‌شود، سبب افزایش نفوذپذیری غشا نسبت به یون‌ها و ماکرومولکول‌ها می‌گردد. کمبود آب از یک طرف با تاثیر بر ساختار غشای سلول سبب افزایش نفوذپذیری غشا نسبت به یون‌ها و ماکرومولکول‌ها می‌گردد و از طرف دیگر با افت محتوی رطوبت نسبی و پتانسیل آب برگ زمینه کاهش فتوسنتز در واحد سطح برگ را فراهم آورد. افزایش در نشت یونی در گیاه نخود تحت تنش کادمیوم نیز گزارش شده است (Popova et al., 2009).

وزن تر و خشک علوفه نیز تحت شرایط خشکی به ترتیب ۱۵ و ۲۱ درصد نسبت به شاهد کاهش یافتند (شکل d و e). تنش خشکی مهمترین عامل کاهش عملکرد در گیاهان زراعی می‌باشد. شکیمر (Cakir, 2004) نیز

با بقیه غلظت‌ها، سبب افزایش طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه، وزن تر و خشک گیاهچه گردیدند. بنابراین در آزمایش مزرعه‌ای از غلظت ۰/۱ میلی مولار اسید سالیسیلیک استفاده گردید. اسید سالیسیلیک معمولا در غلظت‌های پایین باعث افزایش رشد و مقاوت گیاهان به تنش‌ها می‌گردد (Dat et al., 1998; Dat et al., 2000). به عنوان مثال مصرف غلظت‌های خیلی پایین اسید سالیسیلیک (۰/۰۱ میکرومولار) باعث افزایش وزن ریشه‌های هویج به میزان ۶۰ درصد، چغندر لبویی به میزان ۱۶ درصد، میوه گوجه‌فرنگی به میزان ۳۳ درصد و خیار سبز به میزان ۲۲ درصد گردید (Hayat and Ahmad, 2007).

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به ذرت علوفه‌ای در شرایط تنش خشکی و شاهد در مزرعه نشان داد که فقط اثر اصلی (دور آبیاری و تیمارهای اسید سالیسیلیک) بر کلروفیل، محتوی نسبی آب، نشت یونی و وزن تر و خشک علوفه معنی‌دار بود (جدول ۱).

تنش خشکی کلیه پارامترهای اندازه‌گیری شده را کاهش و نشت یونی را افزایش داد. کلروفیل برگ تحت تاثیر خشکی ۲۲ درصد کاهش یافت (شکل ۱a). افزایش دور آبیاری از ۷ به ۱۰ روز سبب کاهش ۱۵ درصدی محتوی نسبی آب برگ گردید (شکل ۱b). کاهش محتوی نسبی آب برگ در اثر تنش خشکی از یک طرف به دلیل کاهش جذب آب توسط

جدول ۱- خلاصه تجزیه واریانس برای اثر تنش خشکی و تیمارهای اسید سالیسیلیک بر صفات مختلف ذرت دابل کراس ۳۰۷.

Table 1. Summary of analysis of variance for effects of drought stress and salicylic acid levels on different traits in maize double cross 307.

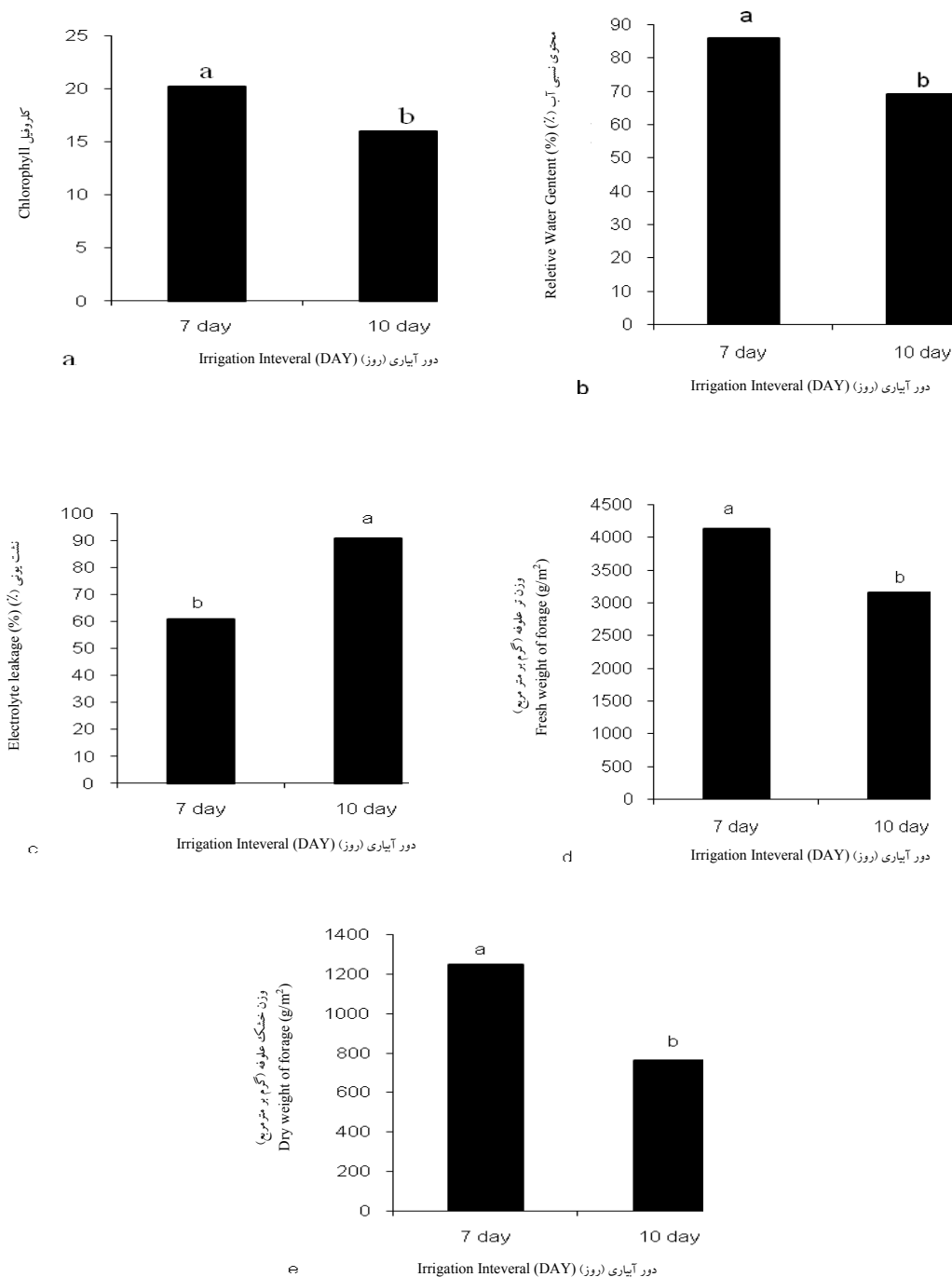
| S. O. V. | منابع تغییر | درجه آزادی df | میانگین مربعات MS | | | | | | | | |
|--------------------|-------------------------|------------------|------------------------|---|---------------------------------|--|---------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| | | | کلروفیل Chlorophyll | محتوی نسبی آب Relative water content | نشت یونی Electrolyte leakage | وزن تر علوفه Fresh weight of forage | وزن خشک علوفه Dry weight of forage | ارتفاع بوته Plant height | وزن هزار دانه 1000 kernel weight | عملکرد دانه Grain yield | شاخص برداشت Harvest index |
| Replication | تکرار | 2 | 35.10 | 5.85 | 320.55 | 1403897.87 | 5610.94 | 15.98 | 2121.51 | 10833.95 | 2.00 |
| Irrigation (A) | آبیاری | 1 | 354.78** | 1643.26** | 238.40* | 6814656.37** | 1047188.36** | 1176.96 ^{ns} | 2496.6** | 401801.66* | 17.69 ^{ns} |
| Error (a) | خطای الف | 2 | 5.31 | 28.21 | 127.85 | 185877.88 | 8652.88 | 94.28 | 345.65 | 18557.81 | 33.87 |
| Salicylic acid (B) | اسید سالیسیلیک | 5 | 20.61* | 71.6** | 968.78** | 818614.04 ^{ns} | 96633.45** | 258.51** | 2644.67** | 25217.25** | 83.17** |
| A × B | آبیاری × اسید سالیسیلیک | 5 | 20.08 ^{ns} | 13.48 ^{ns} | 104.4 ^{ns} | 88770.41 ^{ns} | 35283.15 ^{ns} | 226.60** | 920.41** | 27184.00** | 64.62* |
| Error (b) | خطای ب | 20 | 8.64 | 17.03 | 98.84 | 485939.52 | 29128.51 | 44.92 | 384.75 | 11137.14 | 28.75 |

* and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

ns: Non-Significant.

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد.

ns: غیر معنی دار.



شکل ۱- اثر دور آبیاری بر کلروفیل (a)، محتوی نسبی آب (b)، نشت یونی (c)، وزن تر علوفه (d) و وزن خشک علوفه (e) در ذرت دابل کراس ۳۷۰. ستون‌هایی که دارای حرف مشابه هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ی دانکن در سطح احتمال ۰.۰۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

Fig. 1. Effect of irrigation intervals on chlorophyll (a), relative water content (b), electrolyte leakage (c), fresh weight of forage (d) and dry weight of forage (e) of maize cv. Double cross 307. Columns with similar letter are not significantly different at the 5% probability level-Using Duncan's Multiple Rang Test.

بذر + محلول پاشی در مرحله گرده‌افشانی و محلول‌پاشی در مرحله سه برگی + مرحله گرده‌افشانی بود.

در این آزمایش تمام سطوح تیمار SA نسبت به شاهد به طور معنی‌داری نشت یونی را کاهش دادند. کمترین مقدار نشت یونی مربوط به تیمار خیساندن بذر + محلول‌پاشی در مرحله گرده‌افشانی بود (جدول ۲). کاهش خسارت غشاء در اثر کاربرد اسید سالیسیلیک که به عنوان راهی برای افزایش مقاومت به خشکی در گیاهان شناخته شده است، ممکن است با تولید آنتی‌اکسیدان برای کاهش خسارت اکسید شدن همراه باشد. گزارش شده است که SA به طور معنی‌داری نشت یونی و تجمع یون‌های سمی را در گیاهان کاهش می‌دهد و همچنین سبب افزایش سیتوکینین‌ها می‌شود (Krantev et al., 2008). تیمارهای خیساندن بذر و خیساندن بذر + محلول‌پاشی در مرحله گرده‌افشانی باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک علوفه به میزان ۳۱ درصد نسبت به شاهد گردیدند، اما بقیه تیمارها اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشتند (جدول ۲).

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به ذرت دانه‌ای در شرایط تنش خشکی و شاهد در مزرعه نشان داد که اثر متقابل تنش خشکی × اسید سالیسیلیک (SA) بر روی ارتفاع گیاه، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت معنی‌دار بود (جدول ۱).

در شرایط بدون تنش، سطوح تیمار SA تاثیر

گزارش داد که تنش خشکی سبب کاهش ماده خشک گیاهی ذرت گردید.

از طرف دیگر، کلیه تیمارهای اسید سالیسیلیک سبب افزایش صفات اندازه‌گیری شده و کاهش نشت یونی گردید (جدول ۲). در رابطه با میزان کلروفیل بین سطوح تیمار SA اختلاف معنی‌داری مشاهده شد، به طوری که تیمارهای خیساندن بذر، خیساندن بذر + محلول‌پاشی در مرحله گرده‌افشانی و محلول‌پاشی در مرحله سه برگی + مرحله گرده‌افشانی با میانگین ۲۰ درصد افزایش در کلروفیل، بیشترین تاثیر را داشتند (جدول ۲). سینها و همکاران (Sinha et al., 1993) نیز گزارش دادند که اسید سالیسیلیک باعث افزایش محتوی کلروفیل و کاروتنوئید در گیاه ذرت گردید. همچنین غلظت‌های پایین اسید سالیسیلیک سبب افزایش معنی‌دار پیگمان‌های فتوسنتزی در سویا (Kim et al., 2007) و گندم (Iqbla and Ashraf, 2006) گردید.

تقریباً یک درصد از کل آبی که ریشه جذب می‌کند برای مصرف گیاه استفاده می‌کند و بقیه آن بصورت بخار آب از گیاه خارج می‌شود. بنابراین افزایش محتوای آب گیاه به هر شکل ممکن است باعث بهبود رشد گیاه بخصوص در شرایط کم آبی شود. در آزمایش حاضر، تیمارهای SA باعث افزایش معنی‌دار محتوی نسبی آب نسبت به شاهد شدند (جدول ۲) و بیشترین درصد محتوی نسبی آب مربوط به تیمارهای خیساندن بذر، خیساندن

جدول ۲- اثر تیمارهای اسید سالیسیلیک بر کلروفیل، محتوی نسبی آب، نشت یونی و وزن تر و خشک علوفه در ذرت رقم دابل کراس ۳۷۰
 Table 2. Effect of salicylic acid treatments on chlorophyll, relative water content, electrolyte leakage, fresh and dry weight of forage in maize cv. Double cross 370

| | اسید سالیسیلیک (۰/۱ میلی مولار) | کلروفیل Chlorophyll | محتوی نسبی آب (%) Relative water content(%) | نشت یونی (%) Electrolyte leakage (%) | وزن خشک علوفه (گرم بر مترمربع) Dry weight of forage (g/m ²) |
|---|---|------------------------|--|--|--|
| Salicylic acid (0.1mμ) | | | | | |
| Control | شاهد | 18.2c | 77.3b | 79.7a | 1003b |
| Seed soaking in SA | خیساندن بذر | 21.8ab | 83.23a | 46.3c | 1313a |
| Foliar spray by SA at 3-4 leaf stage | محلول پاشی در مرحله سه برگی | 18.2b | 79.5ab | 48.5c | 1011b |
| Foliar spray by SA at anthesis | محلول پاشی در مرحله گرده افشانی | 19.5b | 82.0ab | 60.7b | 1014b |
| Seed soaking + foliar spray at anthesis | خیساندن بذر + محلول پاشی در مرحله گرده افشانی | 23.5a | 83.8a | 42.2c | 1167ab |
| Foliar spray by SA at 3-4 leaf + anthesis) | محلول پاشی در مرحله سه برگی + گرده افشانی | 20.0ab | 83.0a | 45.7c | 1055b |

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حروف مشترک می‌باشند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۰.۰۵ تفاوت معنی‌دار ندارند.
 Means, in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at the 5% probability level-Using Duncan's Multiple Range Test.

دانه گردیدند و بیشترین افزایش مربوط به تیمار خيساندن بذر به میزان ۲۴ درصد بود (جدول ۳). در شرایط تنش، تیمارهای خيساندن بذر، خيساندن بذر + محلول‌پاشی در مرحله گرده‌افشانی و محلول‌پاشی در مرحله ۳ برگی + مرحله گرده‌افشانی سبب افزایش وزن هزار دانه شد، به طوری که بیشترین افزایش مربوط به تیمار خيساندن بذر + محلول‌پاشی در مرحله گرده‌افشانی به میزان ۳۸ درصد بود (جدول ۳).

خشکی به طور معنی‌داری عملکرد دانه را تحت تاثیر قرار داد (جدول ۱) و باعث کاهش ۴۴ درصدی عملکرد گردید (جدول ۳). تنش خشکی از طریق اختلال در روند جذب و انتقال عناصر غذایی، عرضه مواد پرورده را کاهش داده و موجب تغییر در اجزای عملکرد و کاهش عملکرد دانه می‌گردد. وستیج و بویر (Westage and Boyer, 1998) نیز دریافته‌اند که کاهش عملکرد دانه ذرت در شرایط تنش خشکی به علت کاهش در وزن هزار دانه و تعداد دانه در ردیف می‌باشد. العمران و همکاران (Al-Omran et al., 2000) گزارش دادند که با افزایش سطح آبیاری عملکرد ذرت افزایش یافت. بالاتر بودن عملکرد دانه در شرایط عدم تنش می‌تواند به علت کاهش فاصله بین گرده‌افشانی و کاکل‌دهی و افزایش در صد باروری باشد (Westage and Boyer, 1998). در شرایط تنش خشکی آسیب دیدن دانه گرده و کافی نبودن دانه گرده در خلال خروج کاکل یکی از علل افت عملکرد دانه می‌باشد

معنی‌داری بر ارتفاع بوته نداشتند، ولی در شرایط تنش خشکی، کلیه سطوح تیمار SA سبب افزایش ارتفاع گیاه گردیدند و بیشترین افزایش مربوط به تیمار خيساندن بذر و خيساندن بذر + محلول‌پاشی در مرحله گرده‌افشانی به میزان ۱۴ درصد بود (جدول ۳). تنش خشکی از طریق کاهش رشد سلول (کاهش تقسیم سلول و کاهش اندازه سلول) در مرحله رشد رویشی باعث کاهش رشد گیاه از جمله ارتفاع گیاه می‌گردد. گزارش شده است که اسید سالیسیلیک تقسیم سلولی را درون مریستم گیاهچه گندم افزایش داد و رشد گیاه را بهبود بخشید (Shakirova et al., 2003). همچنین اسید سالیسیلیک سبب افزایش ارتفاع گیاه سویا در شرایط گلخانه و مزرعه گردید (Gutierrez-Coronado et al., 1998).

وزن هزار دانه به طور معنی‌داری تحت تاثیر تیمار تنش خشکی قرار گرفت و افزایش دور آبیاری سبب کاهش ۲۲ درصدی وزن هزار دانه شد (جدول ۱). علت این امر احتمالاً به علت محدود بودن انتقال مجدد در تیمارهای تحت تنش خشکی می‌باشد. دورنسکو و همکاران (Dornescu et al., 1992) نیز گزارش دادند که کاهش فواصل آبیاری سبب افزایش وزن هزار دانه گردید.

در شرایط بدون تنش، تیمارهای خيساندن بذر، محلول‌پاشی در مرحله گرده‌افشانی و خيساندن بذر + محلول‌پاشی در مرحله گرده‌افشانی سبب افزایش معنی‌دار وزن هزار

جدول ۳- اثر متقابل تیمارهای آبیاری × اسید سالیسیلیک بر ارتفاع گیاه، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت ذرت رقم دابل کراس ۳۷۰
 Table 3. Effect of salicylic acid application on plant height, 1000 kernel weight, grain yield and harvest index in maize cv. Double cross 370

| Salicylic acid (0.1 mμ) | اسید سالیسیلیک (۰/۱ میلی مولار) | ارتفاع بوته (سانتی متر) | | وزن هزار دانه (گرم) | | عملکرد دانه (گرم در مترمربع) | | شاخص برداشت (%) | |
|---|--|-------------------------|----------|---------------------------|---------|---------------------------------|---------|-------------------|---------|
| | | Plant height (cm) | | 1000 Grain weight (g) | | Grain yield (g/m ²) | | Harvest index (%) | |
| | | | | Irrigation interval (day) | | دور آبیاری | | | |
| | | 7 | 10 | 7 | 10 | 7 | 10 | 7 | 10 |
| Control | شاهد | 129.9abc | 106.7f | 220.3cd | 171.3e | 739.0cd | 410.0e | 34.0bc | 31.0c |
| Seed soaking in SA | خیساندن بذر | 137.5a | 121.0cd | 272.7a | 225.0cd | 1046.0a | 722.0cd | 34.0bc | 34.0ab |
| Foliar spray by SA at 3-4 leaf stage | محلول پاشی در مرحله سه برگی | 121.1cd | 116.2de | 235.0bc | 217.3cd | 863.7bc | 837.3c | 35.0abc | 41.0ab |
| Foliar spray by SA at anthesis | محلول پاشی در مرحله گرده افشانی | 128.7bc | 114.9def | 259.0ab | 178.0e | 828.7c | 658.0d | 34.0cd | 35.0bc |
| Seed soaking + foliar spray at anthesis | خیساندن بذر + محلول پاشی مرحله گرده افشانی | 132.5ab | 121.7cd | 257.7ab | 237.0bc | 976.0ab | 734.3cd | 44.0a | 33.0c |
| Foliar spray by SA at 3-4 leaf + anthesis | محلول پاشی در مرحله سه برگی + گرده افشانی | 122.1cd | 112.0ef | 217.0cd | 207.0d | 816.7c | 804.3c | 33.0c | 38.0abc |

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حروف مشابه می‌باشند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means, in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at the 5% probability level-Using Duncan's Multiple Range Test.

(Hall et al., 1997).

عملکرد دانه تحت تاثیر تیمارهای اسید سالیسیلیک قرار گرفت. در شرایط بدون تنش، تیمارهای خیساندن بذر و خیساندن بذر + محلول‌پاشی در مرحله گرده‌افشانی سبب افزایش معنی دار عملکرد دانه نسبت به شاهد گردید، به طوری که بیشترین افزایش مربوط به تیمار خیساندن بذر بود (جدول ۳). در شرایط تنش، کلیه سطوح تیمار SA باعث افزایش عملکرد دانه گردیدند و محلول‌پاشی در مرحله سه برگی بیشترین تاثیر را داشت (جدول ۳).

اثر تحریک کننده و مثبت SA توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است (Singh and Usha, 2003; El-Tayeb, 2005). همچنین گزارش شده است که SA تعادل هورمونی را در گیاه تغییر و بیشتر باعث افزایش اکسین و سیتوکینین در شرایط غیر تنش می‌گردد. همچنین این ماده تحت شرایط تنش‌ها، باعث افزایش اکسین، ABA و مانع از کاهش سیتوکینین می‌گردد (Shakirova et al., 2003).

دور آبیاری بر شاخص برداشت تاثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۱). عدم وجود اختلاف معنی‌دار را می‌توان در رابطه با اثر دور آبیاری بر عملکرد دانه از یک طرف و عملکرد کل اندام هوایی از طرف دیگر دانست. عملکرد یک گیاه را می‌توان از طریق افزایش کل ماده خشک تولید شده در مزرعه و یا افزایش سهم اقتصادی و یا هر دو بالا برد. با توجه به این که

اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه معنی‌دار، ولی بر شاخص برداشت معنی‌دار نمی‌باشد، به نظر می‌رسد که افزایش و یا کاهش عملکرد دانه تنها تحت تاثیر کل ماده خشک تولید شده قرار گرفت و تنش خشکی تاثیر معنی‌داری بر نسبت عملکرد دانه به عملکرد کل ماده خشک تولید شده، نداشت. ستر و همکاران (Setter et al., 2001) نیز گزارش کردند که شاخص برداشت گیاه ذرت تحت تاثیر تنش خشکی تقریباً ثابت است. زیرا همان‌طور که تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه می‌گردد، وزن خشک کل را نیز کم می‌کند. مگر اینکه تنش شدید باعث کاهش عملکرد دانه به میزان زیاد گردد و در نتیجه شاخص برداشت کاهش پیدا کند.

اثر متقابل بین تیمار آبیاری \times اسید سالیسیلیک بر شاخص برداشت معنی‌دار بود (جدول ۱). در شرایط بدون تنش، تیمار خیساندن بذر + محلول‌پاشی در مرحله گرده‌افشانی سبب افزایش معنی‌دار شاخص برداشت به میزان ۲۹ درصد گردید و در شرایط تنش محلول‌پاشی در مرحله سه برگی سبب افزایش ۳۲ درصدی شاخص برداشت گردید (جدول ۳).

نتایج حاصل از آزمایش انجام شده بر روی رقم ذرت دابل کراس ۳۷۰ نشان داد که مصرف SA با غلظت ۰/۱ میلی‌مولار می‌تواند به طور قابل ملاحظه‌ای باعث افزایش عملکرد علوفه و دانه گردد. از آنجا که این ماده بسیار ارزان و

دسترسی به آن آسان می‌باشد، بنابراین
مصرف آن در ذرت می‌تواند توجیه

References

- Abreu, M. E., and Munne-Bosch, S. 2008.** Salicylic acid may be involved in the regulation of drought-induced leaf senescence in perennials: A case study in field-grown *Salvia officinalis* L. plants. *Environmental and Experimental Botany* 1862: 1-8.
- Al-Omran, A. M., Sheta, A. S., Falatan, A. M., and Al-Harb, A. R. 2000.** Effect of drip irrigation on squash (*Cucurbita pepo*) yield and water use efficiency in sandy calcareous soils amended with clay deposits. *Agricultural Water Management* 37: 111-112.
- Anonymous. 2005.** <http://www.aryanews.com>.
- Azizinia, Sh., Ghanadha, M. R., Zali, A. A., Yazdi Samadi, B., and Ahmadi, A. 2005.** Evaluation and assess of quantitative traits related to drought tolerance in wheat. *Iranian Journal of Agricultural Sciences* 36: 281-292. (In Persian)
- Blum, A. 2005.** Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential- are they compatible, dissonant, or mutually exclusive? *Australian Journal of Agricultural Research* 56: 1159–1168.
- Brar, G., Kar, S., and Singh, N. T. 1990.** Photosynthetic response of wheat to soil water deficits in tropic. *Journal of Agronomy and Crop Science* 164: 343-348.
- Cakir, R. 2004.** Effect of water stress at different developmental stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Research* 89: 1-16.
- Dat, J. F., Foyer, C. H., and Scott, I. M. 1998.** Changes in salicylic acid and antioxidants during induced thermotolerance in mustard seedlings. *Plant Physiology* 118: 1455-1461.
- Dat, J. F., Lopez-Delgado, H., Foyer, C. H., and Scott, I. M. 2000.** Effect of salicylic acid on oxidative stress and thermotolerance in tobacco. *Journal of Plant Physiology* 156: 659-665.
- Dornescu, D., Istrati, E., and Siminiceanu, E. 1992.** Evaluation of maize yields under the influence of fertilizers in stationary long term experiment on different soils of

- medium fertility on the Moldavian Plain. *Field Crops Research* 47(2): 95-101.
- El-Tayeb, M. A. 2005.** Response of barley grain to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regulation* 45: 215-225.
- Gutierrez-Coronado, M. A., Trejo-Lopez. C., and Larque-Saavedra, A. 1998.** Effects of salicylic acid on the growth of roots and shoots in soybean. *Plant Physiology and Biochemistry* 36(8): 563-565.
- Hall, A. J., Vilella, F., Trapani, N., and Chimenti, C. 1997.** The effects of water stress and genotype on the dynamics of pollen shedding and silking in maize. *Field Crops Research* 5: 349-363.
- Hayat, S., and Ahmad, A. 2007.** Salicylic Acid a Plant Hormone. Pp.15-23.
- Hussein, M. M, Balbaa, L. K., and Gaballah, M. S. 2007.** Salicylic acid and salinity effects on growth of maize plants. *Agricultural and Biological Sciences* 3(4): 321-328.
- Iqbal, M., and Ashraf, M. 2006.** Wheat seed priming in relation to salt tolerance, growth, yield and level of free salicylic acid and polyamines. *Annals of Botany* 43(4): 250-259.
- Janda, T., Szalai, G., Tari, I., and Paldi, E. 1999.** Hydroponic treatment with salicylic acid decreases the effects of chilling injury in maize (*Zea mays L.*) plants. *Planta* 208: 175-180.
- Kim, M. J., Lim, G. H., Kim, E. S., Ko, C. B., Yang, K. Y., Jeong, J. A., Lee, M. C., and Kim, C. S. 2007.** Abiotic and biotic stresses tolerance in Arabidopsis overexpressing the multiprotein bridging factor 1a (MBF1a) transcriptional coactivator gene. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 354: 440-446.
- 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(9): 920-931.
- Nesmith, D. S., and Ritchie, J. T. 1992.** Short and long-term responses of corn to a pre- anthesis soil water deficit. *Agronomy Journal* 84: 107-113.
- Popova, L. P., Maslenkova. L. T., Yordanova, R. Y., Ivanova, A. P., Krantev, A. P., Szalai, G., and Janda, T. 2009.** Exogenous treatment with salicylic acid attenuates cadmium toxicity in pea seedlings. *Plant Physiology and Biochemistry*

47: 224-231.

- Senaranta, T., Teuchell, D., Bumm, E., and Dixon, K. 2002.** Acetyl salicylic acid (asprin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regulation* 30: 157-161
- 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.
- Shakirova, M. F., 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(3): 317-322.
- Singh, B., and Usha, K. 2003.** Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. *Plant Growth Regulation* 39: 137-141.
- Sinha, S. K., Srivastava, H. S., and Tripathi, R. D. 1993.** Influence of some growth regulators and cations on inhibition of chlorophyll biosynthesis by lead in maize. *Bulletin of Environmental Contamination Toxicology* 51: 241-246
- Westage, M. E., and Boyer, J. S., 1998.** Reproduction at low silk and pollen water potentials in maize. *Crop Science* 26: 951-956.