مجله به‌زراعی نهال و بذر
جلد ۲-۲۷ ، شماره ۱، سال ۱۳۹۰

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 مهرابیان مقدم[۱]، محمدجواد آروین[۲]، غلامرضا خواجویی‌نژاد[۳] و کبری مقصودی[۴]

۱و ۴- 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

مهرابیان‌مقدم، ن.، آروین، م. ج.، خواجویی‌نژاد، 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 محدودکننده تولیدات گیاهی است و ماده شیمیایی اسید سالیسیلیک (SA) به عنوان یک تنظیم‌کننده 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، محلول‌پاشی 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.

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: nmehrabian@gmail.com

Archive of SID
www.SID.ir

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 می باشد که آثار بسیار نامطلوب بر رشد گیاه و تولید گیاهان زراعی می گذارد (Blum, 2005). خشکی در ایران و جهان پدیده ای اجتناب ناپذیر است که همه ساله با شدت های متفاوتی، تولید موفقیت آمیز محصولات کشاورزی را با مخاطره روبرو می سازد. 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 تاثیر بر فرایندهای آنزیمی که به طور مستقیم با پتانسیل آب کنترل می‌شوند، بر رشد گیاه اثر منفی می‌گذارد. گزارش‌های زیادی مبنی بر تاثیر 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 فوق العاده‌ای 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 در صد کاهش می‌دهد (Nesmith and Ritchie, 1992).

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

Archive of SID

www.SID.ir

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 آنتی اکسیدانی 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.

مواد و روش‌ها

آزمایش گلخانه‌ای

به منظور تعیین غلظت مناسب اسید سالیسیلیک (SA) بر رشد در ذرت، آزمایش گلدانی در گلخانه دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان در سال ۱۳۸۵ انجام شد. بذر رقم ذرت دابل‌کراس 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 خاک‌برگ 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

Archive of SID

www.SID.ir

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 بلوک های 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 کرت های 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 و کودپاشی بر اساس آزمون خاک به مقدار ۴۰۰ کیلو گرم کود اوره (در دو مرحله قبل از کاشت و مرحله ساقه رفتن)، ۱۵۰ کیلوگرم کود سوپر فسفات تریپل (تماماً قبل از کاشت) و ۱۰۰ کیلو گرم کود سولفات پتاسیم (تماما 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 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

Archive of SID

www.SID.ir

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 غلظت های 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 در صد، 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 1a). افزایش دور آبیاری از ۷ به ۱۰ روز سبب کاهش ۱۵ درصدی محتوی نسبی آب برگ گردید (شکل 1b). کاهش محتوی نسبی آب برگ در اثر تنش خشکی از یک طرف به دلیل کاهش جذب آب توسط ریشه‌ها و از طرف دیگر افزایش تعرق آب از طریق برگ‌ها می‌باشد که در نهایت منجر به بسته شدن روزنه‌های برگ می‌گردد. گزارش‌ها نشان می دهد 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 طوری‌که تنش خشکی ۲۴ درصد نشت یونی را افزایش داد (شکل 1c). 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 1e). تنش خشکی مهمترین عامل کاهش عملکرد در گیاهان زراعی می باشد. شکیر (Cakir, 2004) نیز

Archive of SID

www.SID.ir

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.

			میانگین مربعات MS								
S. O. V.	منابع تغییر	درجه آزادی df	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.

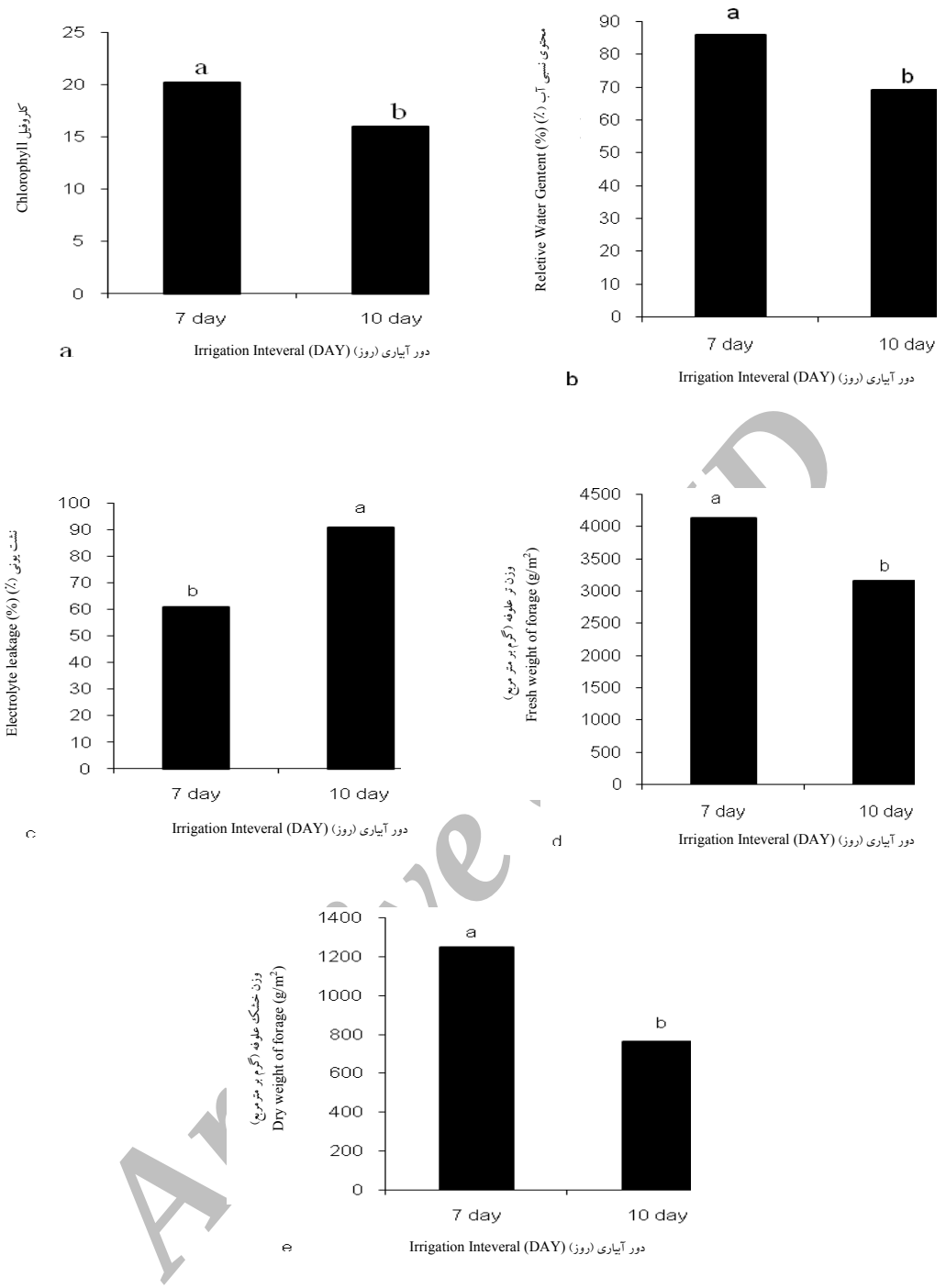
ns: Non-Significant.

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

ns : غیر معنی دار.

Archive of SID

www.SID.ir



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 ۵٪ 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.

www.SID.ir

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 طوری‌که 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 پیگمان های 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 وبقیه آن بصورت بخار آب از گیاه خارج می شود. بنابراین افزایش محتوای آب گیاه به هر شکل ممکن است باعث بهبود رشد گیاه بخصوص درشرایط کم آبی شود. درآزمایش حاضر، تیمارهای SA باعث افزایش معنی‌دار محتوی نسبی آب نسبت به شاهد شدند (جدول ۲) و بیشترین در صد محتوی نسبی آب مربوط به تیمارهای خیساندن بذر، خیساندن 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 سیتوکنین‌ها 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 معنی دار بود (جدول۱).

در شرایط بدون تنش، سطوح تیمار SA تاثیر

Archive of SID

www.SID.ir

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

Salicylic acid (0.1mμ)	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)
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 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.

Archive of SID

www.SID.ir

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 خیساندن بذر و خیساندن 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 خیساندن بذر، محلول‌پاشی در مرحله گرده‌افشانی و خیساندن بذر + محلول‌پاشی در مرحله گرده‌افشانی سبب افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه گردیدند و بیشترین افزایش مربوط به تیمار خیساندن بذر به میزان ۲۴ درصد بود (جدول ۳). در شرایط تنش، تیمارهای خیساندن بذر، خیساندن 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 خیساندن 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 در صدی 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 دریافتند 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

Archive of SID

www.SID.ir

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 میلی‌مولار)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)		وزن هزار دانه (گرم) 1000 Grain weight (g)		عملکرد دانه (گرم در مترمربع) Grain yield (g/m²)		شاخص برداشت (٪) 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.

Archive of SID

www.SID.ir

(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 تحریک‌کننده 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 سیتوکنین در شرایط غیر تنش می‌گردد. همچنین این ماده تحت شرایط تنش‌ها، باعث افزایش اکسین، ABA و مانع از کاهش سیتوکنین می‌گردد (Shakirova *et al.*, 2003).

دور آبیاری بر شاخص برداشت تاثیر معنی‌داری نداشت (جدول۱). 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 × اسید سالیسیلیک بر شاخص برداشت معنی‌دار بود (جدول ۱). در شرایط بدون تنش، تیمار خیساندن بذر+ محلول پاشی در مرحله گرده‌افشانی سبب افزایش معنی‌دار شاخص برداشت به میزان ۲۹ در صد گردید و در شرایط تنش محلول‌پاشی در مرحله سه برگی سبب افزایش ۳۲ در صدی شاخص برداشت گردید (جدول ۳).

نتایج حاصل از آزمایش انجام شده بر روی رقم ذرت دابل‌کراس 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

Archive of SID

www.SID.ir

دسترسی به آن آسان می‌باشد، بنابراین اقتصادی داشته باشد.
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 (*Cucrbita 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

Archive of SID

www.SID.ir

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 la (MBFla) 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

Archive of SID

www.SID.ir

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.

Archive of SID

www.SID.ir