نشریه علمی ـ پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد دهم، شماره ۳(۳۹)، پاییز ۱۳۹۵، صفحه ۶۵۶-۶۴۵

بررسی عملکرد و اجزای عملکرد ذرت با محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید

محمود توحیدی[1*] و رحیم فلاحی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۹/۱۰ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۴/۱۲/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۶/۲۳

چکیده

به منظور بررسی تاثیر غلظت و تعداد دفعات محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت در شمال خوزستان، آزمایشی در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳، به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. تیمار غلظت سالیسیلیک اسید در پنج سطح شامل صفر (شاهد)، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ میلی‌مولار و تیمار تعداد دفعات محلول‌پاشی در سه سطح شامل محلول‌پاشی در مرحله ۸-۶ برگی، دو بار محلول‌پاشی در مرحله ۸-۶ برگی و ده روز بعد از آن و سه بار محلول‌پاشی در مرحله ۸-۶ برگی و ده و بیست روز بعد از آن در نظرگرفته شدند. نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که شاخص سطح برگ، عملکرد و اجزای عملکرد شامل وزن هزار دانه، تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف تحت تاثیر مقادیر مختلف غلظت و تعداد دفعات محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید قرار گرفتند اما برهم‌کنش آنها اختلاف معنی‌داری نداشت. عملکرد بیولوژیک تحت تاثیر مقادیر مختلف غلظت سالیسیلیک اسید قرار گرفت به‌طوری‌که، بیشترین مقدار عملکرد بیولوژیک مربوط به تیمار غلظت ۰/۷۵ میلی‌مولار با ۱۸۱۵۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن مربوط به شاهد (بدون محلول‌پاشی) با ۱۵۴۱۰ کیلوگرم در هکتار بودند اما تعداد دفعات محلول‌پاشی و برهم‌کنش آنها اختلاف معنی‌داری نداشت. محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید در مقادیر مختلف، عملکرد دانه را افزایش داد به‌طوری‌که بیشترین مقدار عملکرد دانه مربوط به تیمار غلظت ۱ میلی‌مولار با ۸۹۹۸ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن مربوط به شاهد (بدون محلول‌پاشی) با ۶۸۹۷ کیلوگرم در هکتار برآورد شدند و در تیمار تعداد دفعات محلول‌پاشی بیشترین مقدار عملکرد دانه با ۸۵۹۲ کیلوگرم در هکتار با دو بار محلول‌پاشی در مرحله ۸-۶ برگی و ده روز بعد از آن به‌دست آمد. نتیجه گرفته شد که مصرف سالیسیلیک اسید می‌تواند در افزایش عملکرد و رشد ذرت مؤثر باشد.

واژگان کلیدی: ذرت، سالیسیلیک اسید، عملکرد، محلول‌پاشی.

۱- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، واحد دزفول، دانشگاه آزاد اسلامی، دزفول، ایران
(نگارنده مسئول) mahmoodtohidi@yahoo.com
۲- دانشکده کشاورزی، واحد دزفول، دانشگاه آزاد اسلامی، دزفول، ایران

مقدمه

عملکرد دانه نتیجه فاکتورهایی است که به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم بر اجزای عملکرد اثر می‌گذارد این عوامل عبارتند از ژنوتیپ، فاکتورهای زراعی و عوامل محیطی. ذرت از مهم‌ترین گیاهان زراعی ایران بوده که پرمحصول‌ترین گیاه تیره‌ی غلات به‌شمار می‌رود. این گیاه از نظر میزان محصول بعد از گندم و برنج، سومین محصول غله‌ای جهان می‌باشد. ذرت به دلیل اهمیت بالایی که در تغذیه انسان و دام داشته و به‌دلیل سازگاری گسترده‌ای که با مناطق آب و هوایی معتدل و گرمسیری دارد، یکی از گیاهان زراعی راهبردی محسوب می‌شود (Yazdani *et al*., 2009). استان خوزستان با شرایط اقلیمی خاص، وجود منابع آبی، زمین‌های حاصل‌خیز، از پتانسیل فوق العاده‌ای برای افزایش تولید ذرت در کشور در دو فصل کشت بهاره و پاییزه برخوردار می‌باشد. ذرت، حساسیت زیادی به تغییرات درجه حرارت در زمان گلدهی نشان می‌دهد و در شرایط آب و هوایی نامساعد، کاهش محصول آن کاملاً محسوس است (Nour mohammdy *et al*., 2001). همه ساله استان خوزستان به‌خصوص شمال این استان زیر کشت ذرت دانه‌ای بهاره قرار گرفته که اغلب کشاورزان تمایل به کشت بذر هیبرید S.C.704 (با توجه به سابقه عملکرد آن) را دارند. با توجه به اینکه این هیبرید از نظر طول دوره رشد دیررس می‌باشد معمولاً زمان و دوره گلدهی و پرشدن دانه با گرمای انتهای فصل مصادف شده و کاهش محصول را برای کشاورزان به‌بار می‌آورد. سالیسیلیک اسید و مشتقات آن از جمله ترکیبات جدیدی هستند که به‌عنوان تنظیم کننده رشد گیاهی عمل نموده و این ترکیبات در شرایط تنش اسمزی می‌توانند گیاه را محافظت (Wang and Li, 2006) و باعث افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌های زیستی و غیرزیستی باشند (Singh and Usha, 2003). افزایش مقاومت گیاهان از راه‌های مختلف شامل به‌نژادی و استفاده از تنظیم کننده‌های رشد عملی است. در مقایسه با روش‌های به‌نژادی که اغلب بلند مدت و هزینه‌بردار هستند، استفاده از مواد شیمیایی مانند سالیسیلیک اسید، آسان‌تر و ارزان‌تر است. سالیسیلیک اسید یک ترکیب فنلی است و با داشتن خاصیت آنتی اکسیدانی در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهان و به‌عنوان یک مولکول پیام‌رسان مهم در پاسخ‌های گیاه به تنش‌های زیستی و غیرزیستی شناخته شده است که با تاثیر بر آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیدازها و تنظیم کننده‌های اسمزی مثل پرولین، گلیسین و بتائین آثار ناشی از تنش خشکی، فلزات سنگین، گرما، سرما و شوری را کاهش می‌دهد (EL-tayeb, 2005). سالسیلیک اسید به نوعی با کاهش پراکسیداسیون لیپیدها از طریق اثر بر مکانیسم‌های دفاع آنزیمی و غیرآنزیمی، گیاه ذرت را در مقابل تنش اکسیداتیو محافظت کرده است (Gunes *et al*., 2007). روش مصرف، غلظت سالیسیلیک اسید، گونه گیاهی و مرحله رشد از عواملی هستند که در تاثیرگذاری سالیسیلیک اسید مؤثرند. برای مثال، زمانی که بذر ذرت با ۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید تیمار شد باعث افزایش مقاومت به خشکی گردید. ولی، استفاده از همین غلظت به‌صورت محلول‌پاشی، باعث کاهش مقاومت به خشکی گردید (Nemeth *et al*., 2002). آزمایش انجام شده روی ذرت نشان داد که مصرف سالیسیلیک اسید در غلظت ۰/۱ میلی‌مولار در رفع آسیب اکسیداتیو نقش داشته و می‌تواند به طور مؤثری باعث بهبود رشد ذرت در هر دو شرایط تنش و غیرتنش شود و به‌طور معنی‌داری باعث افزایش عملکرد دانه گردد و از آنجا که این ماده بسیار ارزان و دسترسی به آن آسان است، بنابراین مصرف آن در ذرت توجیه اقتصادی دارد

(Mehrabian moghadam *et al*., 2011). سالیسیلیک اسید باعث افزایش فعالیت آنتی اکسیدانت‌ها مانند سوپراکسیداز دیسموتاز و پراکسیداز شده و سبب افزایش تحمل گیاه به تنش اکسیداتیو ایجاد شده توسط گونه‌های فعال اکسیژن می‌گردد. سالیسیلیک اسید از طریق افزایش کلروفیل و فعالیت آنزیم روبیسکو میزان فتوسنتز کل را افزایش داده است (Gautam and Sing, 2009). سالیسیلیک اسید به عنوان یک تنظیم کننده رشد نقش مهمی در جوانه‌زنی، استقرار نهال‌ها، رشد سلول، تنفس، بستن روزنه‌ها، پیری، افزایش فعالیت آنزیم‌ها و فتوسنتز تحت شرایط تنش ایفاء می‌کند (Al-Whaibi *et al*., 2011). تحقیق حاضر جهت انتخاب غلظت مناسب و تعداد دفعات محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید به‌عنوان یک تنظیم کننده رشد گیاهی جهت افزایش تحمل گیاه ذرت به تنش‌های محیطی در انتهای فصل می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی دزفول با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۱۷ دقیقه و طول ۴۸ درجه و ۲۲ دقیقه شمالی با ارتفاع ۸۲ متری از سطح دریا روی ذرت اجرا گردید. منطقه دارای اقلیم نیمه‌خشک با متوسط بارندگی حدود ۲۵۰ میلی‌متر و فاقد بارندگی تابستانه است. بافت خاک محل آزمایش سیلتی، رسی لومی، هدایت الکتریکی آن ۱/۴ دسی زیمنس بر متر، اسیدیته آن ۷/۵۰، نیتروژن کل ۰/۷۳ درصد و فسفر و پتاس قابل جذب آن به ترتیب ۱۵/۶ و ۲۰۹ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام گرفت. تیمار غلظت سالیسیلیک اسید در پنج سطح شامل صفر (شاهد)، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ میلی‌مولار و تیمار تعداد دفعات محلول‌پاشی در سه سطح شامل یک‌بار محلول‌پاشی (در مرحله ۸-۶ برگی)، دو بار محلول‌پاشی (در مرحله ۸-۶ برگی و ده روز بعد از آن) و سه بار محلول‌پاشی (در مرحله ۸-۶ برگی و ده و بیست روز بعد از آن) بود. نحوه‌ی محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید به این صورت انجام گرفت که (به‌وسیله‌ی سم‌پاش موتوری ۱۲ لیتری) بر روی تمام قسمت‌های بوته‌های ذرت با محلول سالیسیلیک اسید، قطرات محلول جاری شد به‌طوری که اندام‌های هوایی خیس شدند. در تیمار شاهد غلظت سالیسیلیک اسید به‌منظور ایجاد شرایط استاندارد از آب مقطر استفاده شد. هر کرت آزمایشی دارای پنج خط کشت به طول شش متر و فاصله فاروها در تمام تیمارها ۷۵ سانتی‌متر بود و بین کرت‌ها یک خط بدون کشت و فاصله بین دو بلوک یک متر در نظر گرفته شد. عملیات کاشت با تراکم بوته ثابت ۷۰۰۰۰ بوته در هکتار در تاریخ ۱۳۹۳/۱۲/۱۵ با دست و عملیات داشت شامل آبیاری (بر اساس نیاز گیاه)، وجین علف‌های هرز، و در مرحله ۳-۲ برگی میزان بوته در واحد سطح، با تنک کردن تنظیم گردید و همچنین عملیات برداشت در تاریخ ۱۳۹۴/۴/۵ انجام شد. برای اندازه‌گیری شاخص سطح برگ در زمان ظهور گل‌آذین نر از هر واحد آزمایش سطح برگ‌های پنج بوته متوالی به‌صورت تجربی و با فرمول (طول برگ × عرض برگ× ۰/۷۵ = سطح برگ) محاسبه و بر مساحت زمین تحت اشغال این پنج بوته تقسیم گردید. جهت تعیین عملکرد و اجزای عملکرد با حذف حاشیه از ردیف‌های مربوط به عملکرد به میزان ۶ متر مربع برداشت و پس از جداسازی بلال‌ها و شمارش تعداد ردیف دانه در بلال و تعداد دانه در ردیف و جدا نمودن دانه‌ها، با رطوبت ۱۴ درصد (اندازه‌گیری با دستگاه رطوبت‌سنج دیجیتالی) محاسبه شد. جهت تعیین عملکرد بیولوژیک، در

برداشت نهایی، بوته‌هایی که عملکرد دانه‌ی آنها تعیین شد را توزین، به آزمایشگاه منتقل و در آون با حرارت ۷۰ درجه سلسیوس خشک نموده و سپس وزن خشک کل بوته‌ها محاسبه و از مجموع آن با عملکرد دانه در واحد سطح، عملکرد بیولوژیک حاصل شد. شاخص برداشت از نسبت عملکرد دانه (اقتصادی) بر عملکرد بیولوژیک در واحد سطح به صورت درصد به‌دست آمد. در نهایت داده‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار MSTATC تجزیه و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج به‌دست آمده از جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که شاخص سطح برگ، وزن هزار دانه، تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف و عملکرد دانه تحت تاثیر مقادیر مختلف غلظت و تعداد دفعات محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید قرار گرفت ولی برهم‌کنش آنها اختلاف معنی‌داری نداشت (جداول ۱ و ۲).

شاخص سطح برگ

محلول‌پاشی غلظتی از سالیسیلیک اسید که بتواند شاخص سطح برگ را سریع‌تر به حداکثر برساند، حفظ دوام سطح سبز و جذب نور خورشید بیشتر شده و در نتیجه میزان فتوسنتز و تولید ماده خشک افزایش یافته و در نهایت عملکرد بیشتری مورد انتظار خواهد بود. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین (۳/۳۷) و کمترین (۲/۳۴) شاخص سطح برگ مربوط به تیمارهای غلظت ۰/۷۵ میلی‌مولار و شاهد (بدون محلول‌پاشی) و در تیمار تعداد دفعات محلول‌پاشی بیشترین (۳/۲۱) و کمترین (۲/۷۰) شاخص سطح برگ با دو بار محلول‌پاشی در مرحله ۸-۶ برگی و ده روز بعد از آن و یک‌بار محلول‌پاشی در مرحله ۸-۶ برگی به‌دست آمد (شکل‌های ۱ و ۲).

بنابراین، حفظ شاخص سطح برگ در یک حد مطلوب تحت غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید بیانگر این است که غلظت ۰/۷۵ میلی‌مولار می‌تواند فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه را به گونه‌ای تغییر دهد که بتواند گیاه را در جهت تحمل گرمای انتهای فصل یاری دهد. ابراهیمی و جعفری‌حقیقی (Ebrahimi and Jafari Haghghi, 2012) گزارش کردند که سالیسیلیک اسید بر شاخص سطح برگ، وزن هزار دانه و عملکرد دانه اثر مثبت معنی‌داری داشت و غلظت ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید می‌تواند برای کشت ذرت جهت دست‌یابی به شاخص سطح برگ مطلوب مناسب باشد.

وزن هزار دانه

مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین (۲۹۶/۴ گرم) و کمترین (۲۶۳/۹ گرم) وزن هزار دانه مربوط به تیمارهای غلظت ۱ میلی‌مولار و شاهد (بدون محلول‌پاشی) و در تیمار تعداد دفعات محلول‌پاشی بیشترین (۲۹۵/۳ گرم) و کمترین (۲۷۷/۷ گرم) وزن هزار دانه با دو بار محلول‌پاشی در مرحله ۸-۶ برگی و ده روز بعد از آن و یک‌بار محلول‌پاشی در مرحله ۸-۶ برگی به‌دست آمد (شکل‌های ۳ و ۴). اگر چه مصرف سالیسیلیک اسید در غلظت‌های متفاوت در یک گروه آماری قرار گرفته‌اند اما نسبت به شاهد (بدون محلول‌پاشی) اختلاف معنی‌دار است و این نشان می‌دهد که مصرف سالیسیلیک اسید باعث شده که سهم بیشتری از مواد فتوسنتزی و ذخیره‌ای را برای هر دانه فراهم نماید. دلیل اصلی افزایش وزن هزار دانه با مصرف سالیسیلیک اسید، انتقال بیشتر مواد پرورده به دانه‌ها و در ذرت مصرف سالیسیلیک اسید سبب افزایش ۹ درصدی وزن هزار دانه شده است (Zhou *et al*., 1999). مصرف سالیسیلیک اسید سبب افزایش فتوسنتز برگ و جریان مواد پرورده گیاه جو و تأمین مواد مورد نیاز برای پرکردن دانه‌ها

می‌گـردد (Metwally *et al*., 2003). همچنیـــن، نقی‌زاده و غلامی‌توران پشتی (Naghizadeh and Gholami Turan Poshti, 2014) گزارش نمودند که کاربرد سالیسیلک اسید در غلظت ۰/۵ میلی‌مولار باعث افزایش ۱۵ درصدی وزن هزار دانه گندم گردید.

تعداد ردیف دانه در بلال

مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین (۱۴/۵) و کمترین (۱۳/۲) تعداد ردیف دانه در بلال مربوط به تیمارهای غلظت ۱ و ۰/۷۵ میلی‌مولار و شاهد (بدون محلول‌پاشی) و در تیمار تعداد دفعات محلول‌پاشی بیشترین (۱۴/۳) و کمترین (۱۳/۲) تعداد ردیف دانه در بلال با دو بار محلول‌پاشی در مرحله ۸-۶ برگی و ده روز بعـد از آن و یک‌بار محلول‌پاشی در مرحله ۸-۶ برگی به‌دست آمد (شکل‌های ۵ و ۶). در بررسی اثر غلظت‌های متفاوت سالیسیلیک اسید (صفر، ۱، ۲ و ۳ میلی‌مولار) بر ذرت بیان داشتند که با افزایش غلظت این تنظیم کننده زیستی، ویژگی‌های رویشی مانند سطح برگ، وزن تر و وزن خشک افزایش می‌یابد. این افزایش مشاهده شده در صفات رویشی به تحریک فرآیندهای فیزیولوژیکی تحت تاثیر تیمار با سالیسیلیک اسید مربوط می‌باشد که به دنبال آن انتقال فعال محصولات فتوسنتزی از منبع به مقصد صورت می‌گیرد و در هر یک از تیمارها که این نقل و انتقال بهتر و بیشتر شود اجزای عملکرد افزایش بیشتری نشان داده است. همچنین، در این آزمایش تعداد ردیف دانه در بلال اختلاف معنی‌دار نداشت اما مقایسه میانگین تیمارها بیشترین و کمترین تعداد ردیف دانه در بلال را به تیـمارهای غلظت ۳ میلی‌مولار و شاهد (بدون محلول‌پاشی) گزارش نمودند (Abd El-Wahed *et al*., 2006).

تعداد دانه در ردیف

مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین (۴۲) و کمترین (۳۴/۱) تعداد دانه در ردیف مربوط به تیمارهای غلظت ۱ میلی‌مولار و شاهد (بدون محلول‌پاشی) و در تیمار تعداد دفعات محلول‌پاشی بیشترین (۴۰/۶) و کمترین (۳۷/۳) تعداد دانه در ردیف با دو بار محلول‌پاشی در مرحله ۸-۶ برگی و ده روز بعد از آن و یک‌بار محلول‌پاشی در مرحله ۸-۶ برگی به‌دست آمد (شکل‌های ۷ و ۸). درگیاه ذرت، تعداد دانه در ردیف یکی از اجزای مهم عملکرد دانه است که تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله تأمین عناصر غذایی و هورمون‌های رشد در طی گلدهی و تمایز سنبلچه‌ها قرار می‌گیرد و هر عاملی که در زمان تلقیح تخمک‌ها و تشکیل دانه‌ها را تحت تاثیر قرار دهد تعداد دانه در بلال تغییر می‌کند. اثرهای تحریکی سالیسیلیک اسید بر رشد می‌تواند به دلایلی مانند افزایش میزان تقسیم در مناطق مریستمی و رشد سلولی و هورمون‌های گیاهی باشد که موجب افزایش رشد می‌گردد (Shakirova *et al*., 2007).

عملکرد دانه

عملکرد دانه یکی از مهم‌ترین صفات مورد ارزیابی در گیاهان دانه‌ای از جمله ذرت است. این صفت تحت تأثیر اجزای عملکرد قرار دارد. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین (۸۹۹۸ کیلوگرم در هکتار) و کمترین (۶۸۹۷ کیلوگرم در هکتار) عملکرد دانه مربوط به تیمارهای غلظت ۱ میلی‌مولار و شاهد (بدون محلول‌پاشی) و در تیمار تعداد دفعات محلول‌پاشی بیشترین (۸۵۹۲ کیلوگرم در هکتار) و کمترین (۷۷۵۲ کیلوگرم در هکتار) عملکرد دانه با دو بار محلول‌پاشی در مرحله ۸-۶ برگی و ده روز بعد از آن و یک‌بار محلول‌پاشی در مرحله ۸-۶ برگی به‌دست آمد (شکل‌های ۹ و ۱۰). گزارش شده است که ترکیبات فنلی از جمله

سالیسیلک اسید مانع از اکسیداسیون اکسین می‌گردد و به این طریق نیز می‌توانند بر رشد تأثیر بگذارند لذا مصرف سالیسیلیک اسید باعث افزایش مقاومت کلزا به تنش‌های محیطی می‌گردد (Fariduddin *et al*., 2003). همچنین، نقی‌زاده و غلامی توران پشتی (Naghizadeh and Gholami Turan Poshti, 2014) گزارش نمودند که کاربرد سالیسیلک اسید به‌صورت محلول‌پاشی باعث تحریک و بهبود رشد و دلیل این بهبود رشد و عملکرد را به تأثیر سالیسیلک اسید در انتقال مواد فتوسنتزی به سمت مخزن، میزان فتوسنتز خالص و کربوکسیلاسیون و افزایش در فعالیت آنزیم‌های نیترات رداکتاز و کربنیک آنهیدراز ارتباط داشته و گزارش کردند که سالیسیلک اسید به طور معنی‌داری افزایش عملکرد دانه گندم (۱۴ درصد) و اجزای عملکرد (تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه) و عملکرد بیولوژیک (۵ درصد) را به همراه داشت و این تأثیر در غلظت ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید محسوس‌تر بود. بنابراین با مصرف سالیسیلیک اسید و توانایی این ماده در ایجاد حالت دفاعی در گیاه هنگام مواجهه با تنش‌های محیطی و در نتیجه تقسیم سلولی و رشد سلولی به‌صورت مطلوب‌تری نسبت به حالت عدم مصرف سالیسیلیک اسید صورت می‌گیرد. از نتایج به‌دست آمده در این آزمایش می‌توان بیان نمود که غلظت‌های متفاوت سالیسیلیک اسید می‌تواند فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه را به گونه‌ای تغییر دهد که بتواند گیاه را در جهت تحمل به تنش‌های محیطی یاری دهد و باعث افزایش در عملکرد دانه گردد و این افزایش با دو بار محلول‌پاشی در مرحله ۸-۶ برگی و ده روز بعد از آن به‌دست آمد (شکل‌های ۹ و ۱۰). گزارش شده است که سالیسیلیک اسید باعث افزایش بعضی از هورمون‌های گیاهی شامل اکسین و سیتوکینین شده و از این طریق باعث بهبود رشد و افزایش فتوسنتز می‌شود و در نتیجه روی عملکرد و اجزای عملکرد تاثیر می‌گذارد (Shkirova and Bezrukova, 1997). همچنین، اثر محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید روی گیاه آفتابگردان باعث افزایش فتوسنتز و ایجاد دانه‌های بهتر و قوی‌تر در پایان فصل رشد شد (Noreen and Ashraf, 2008). پس محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید در انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها نسبت به شاهد (عدم محلول‌پاشی) موفق‌تر عمل کرده است.

عملکرد بیولوژیک

عملکرد بیولوژیک برای نشان دادن تجمع ماده خشک در سیستم گیاهی به‌کار می‌رود. عملکرد یک گیاه را می‌توان از طریق افزایش کل ماده خشک تولید شده در مزرعه بالا برد (Sarmadnia and Koocheki, 1990). بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌های آماری، صفت عملکرد بیولوژیک تحت تاثیر مقادیر مختلف غلظت سالیسیلیک اسید قرار گرفته اما تعداد دفعات محلول‌پاشی و برهم‌کنش آنها اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول۲). مقایسه میانگین تیمارها نشان می‌دهد که بیشترین (۱۸۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) و کمترین (۱۵۴۱۰ کیلوگرم در هکتار) عملکرد بیولوژیک به‌ترتیب مربوط به تیمارهای غلظت ۰/۷۵ میلی‌مولار و شاهد (بدون محلول‌پاشی) و در تیمار تعداد دفعات محلول‌پاشی بیشترین (۱۷۵۱۰ کیلوگرم در هکتار) و کمترین (۱۶۹۵۰ کیلوگرم در هکتار) عملکرد بیولوژیک با دو بار محلول‌پاشی در مرحله ۸-۶ برگی و ده روز بعد از آن و یک‌بار محلول‌پاشی در مرحله ۸-۶ برگی به‌دست آمد (شکل‌های ۱۱ و ۱۲). دانشمند و همکاران (Daneshmand *et al*., 2013) گزارش نمودند که سالیسیلیک اسید در غلظت ۰/۱ میلی‌مولار موجب افزایش وزن تر و خشک علوفه به‌ترتیب ۲۵ و ۳۰ درصد گردید و این نشان‌دهنده توانایی سالیسیلیک

اسید جهت بهبود رشد می‌باشد. همچنین، بیات و سپهری (Bayat and Sepehri, 2012) بیان نمودند که محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید نسبت به شاهد در ذرت باعث افزایش فتوسنتز و با بهبودی شاخص سطح برگ و میزان رشد گیاه، عملکرد بیولوژیک بیشتری حاصل شد. لذا سالیسیلیک اسید در این آزمایش موجب افزایش شاخص سطح برگ، جذب بیشتر نور خورشید و در نتیجه افزایش عملکرد بیولوژیک گردیده است.

نتیجه‌گیری کلی

از نتایج حاصل از این بررسی نتیجه‌گیری شد که مصرف غلظت‌های نزدیک به یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید باعث افزایش برخی صفات مطلوب همچون شاخص سطح برگ و عمکرد بیولوژیک در گیاه شد و این تاثیر باعث افزایش تولید کربوهیدرات و در نهایت باعث بیشتر شدن عملکرد اقتصادی، تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در بلال و وزن هزار دانه گردید و همچنین بیشترین عملکرد دانه با دو بار محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید در مرحله ۸-۶ برگی و ده روز بعد از آن شده است. بیشترین میزان ویژگی‌های مورد بررسی مربوط به تیمارهای غلظت ۱ و ۰/۷۵ میلی‌مولار و کمترین آنها مربوط به تیمار شاهد (بدون محلول‌پاشی) بود. یافته‌های پژوهش حاضر مشخص کرد که کاربرد سالیسیلیک اسید در ذرت در شرایط خوزستان تاثیر مثبتی نسبت به گیاهان شاهد نشان داد.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس غلظت و تعداد دفعات محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه

Table 1- Analysis of variance for concentration and foliar application times on yield and yield components

منابع تغییرات s.o.v	درجه آزادی df	وزن هزار دانه Grain thousand weight	تعداد ردیف در بلال number grain row per ear	تعداد دانه در ردیف number grain per row	عملکرد دانه Grain yield
تکرار Replication	2	380.956 ns	1.398 ns	9.438 ns	1858507.5 *
غلظت‌ها concentrations	4	1575.856 **	3.043 **	89.321 **	324955.6 **
تعداد محلول‌پاشی foliar times	2	1155.756 *	4.311 **	41.955 *	2987763.5 **
غلظت × تعداد محلول‌پاشی Concentration × foliar times	8	120.256 ns	0.130 ns	1.865 ns	121658.3 ns
خطای آزمایش Error	28	281.551	0.556	8.264	418993.6
ضریب تغییرات(%) CV		5.86	5.36	7.33	7.84

ns، * ، ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, *,**: non-significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively

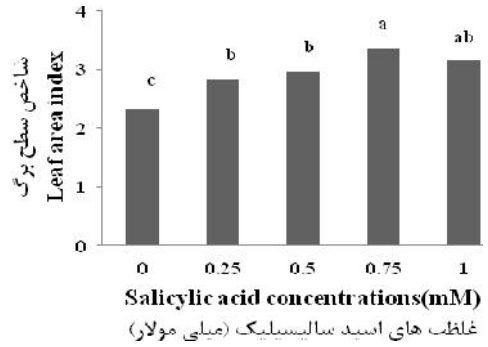
جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس غلظت و تعداد دفعات محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید بر عملکرد بیولوژیک و شاخص سطح برگ

Table 2- Analysis of variance for concentration and foliar application times on biologic yield and leaf area index

منابع تغییرات s.o.v	درجه آزادی df	عملکرد بیولوژیک biologic yield	شاخص سطح برگ LAI
تکرار Replication	2	485468.9 ns	0.174 *
غلظت‌ها concentrations	4	12165689.5 *	0.832 **
تعداد محلول‌پاشی foliar times	2	1216415.1 ns	0.218 **
غلظت × تعداد محلول‌پاشی Concentration × foliar times	8	121384.3 ns	0.038 ns
خطای آزمایش Error	28	3866146.9	0.033
ضریب تغییرات CV (%)		11.42	6.44

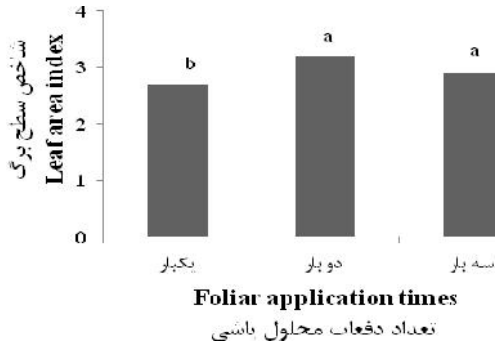
ns، * ، ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, *,**: non-significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively



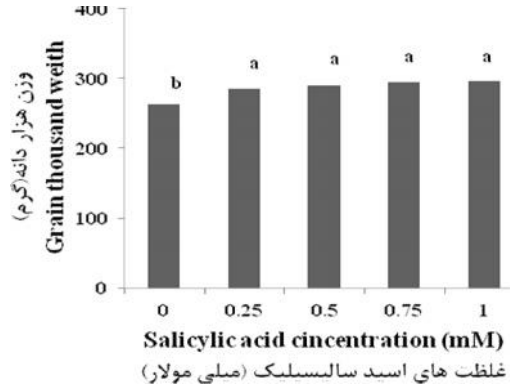
شکل ۱- اثر غلظت‌های سالیسیلیک اسید بر شاخص سطح برگ

Figure 1- Effect of salicylic acid concentrations on leaf area index



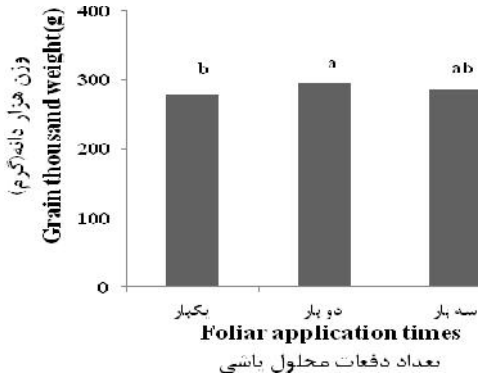
شکل ۲- اثر تعداد دفعات محلول‌پاشی بر شاخص سطح برگ

Figure 2- Effect of foliar application times on leaf area index



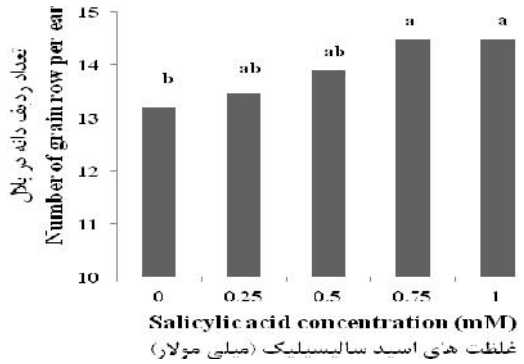
شکل ۳- اثر غلظت‌های سالیسیلیک اسید بر وزن هزار دانه

Figure 3- Effect of salicylic acid concentrations on grain thousand weight



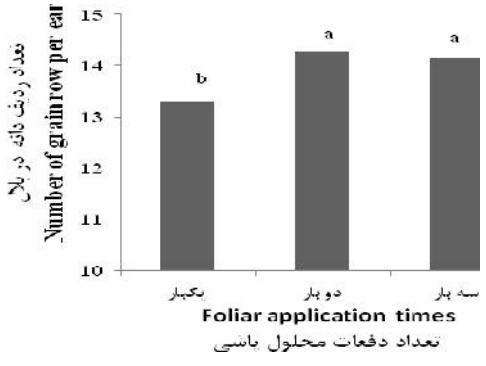
شکل ۴- اثر تعداد دفعات محلول‌پاشی بر وزن هزار دانه

Figure 4- Effect of foliar application times on grain thousand weight



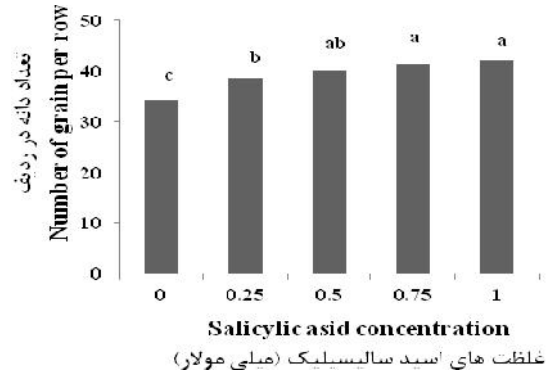
شکل ۵- اثر غلظت‌های سالیسیلیک اسید بر تعداد ردیف دانه در بلال

Figure 5- Effect of salicylic acid concentrations on number of grain row per ear



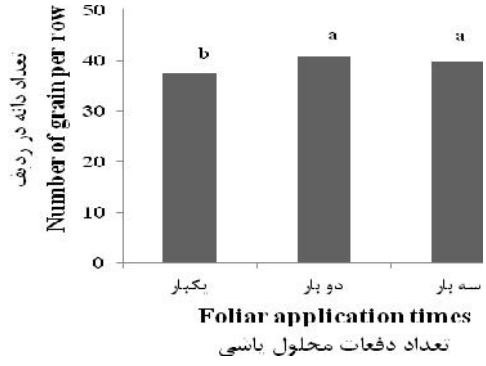
شکل ۶- اثر تعداد دفعات محلول‌پاشی برتعداد ردیف دانه در بلال

Figure 6- Effect of foliar application times on number of grain row per ear



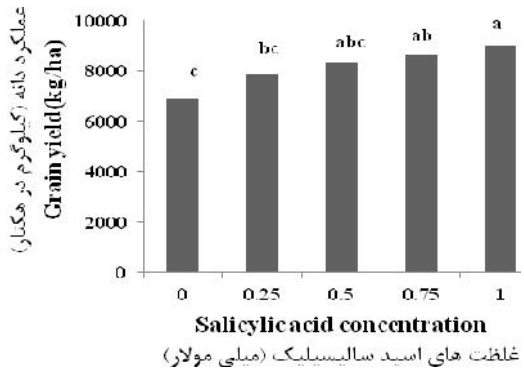
شکل ۷- اثر غلظت‌های سالیسیلیک اسید بر تعداد دانه در ردیف

Figure 7- Effect of salicylic acid concentrations on number of grain per row



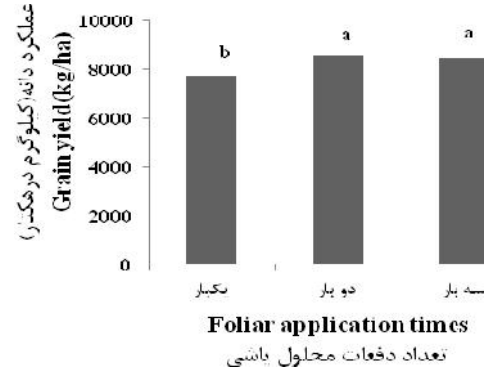
شکل ۸- اثر تعداد دفعات محلول‌پاشی بر تعداد دانه در ردیف

Figure 8- Effect of foliar application times on number of grain per row



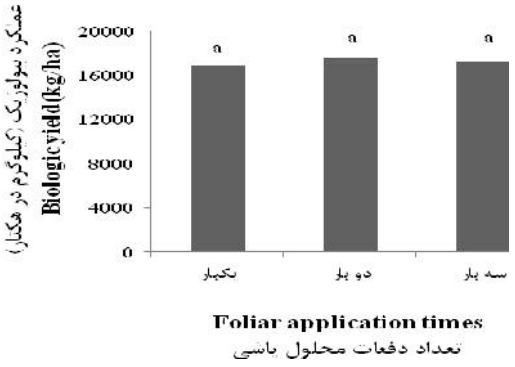
شکل ۹- اثر غلظت‌های سالیسیلیک اسید بر عملکرد دانه

Figure 9- Effect of salicylic acid concentrations on grain yield

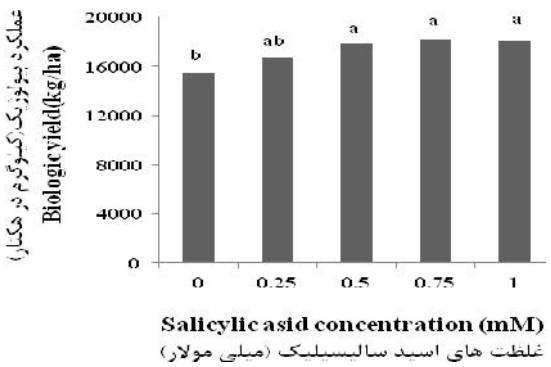


شکل ۱۰- اثر تعداد دفعات محلول‌پاشی بر عملکرد دانه

Figure 10- Effect of foliar application times on grain yield



شکل ۱۲- اثر تعداد دفعات محلول‌پاشی بر عملکرد بیولوژیک
Figure 12- Effect of foliar application times on biologic yield



شکل ۱۱- اثر غلظت‌های سالیسیلیک اسید بر عملکرد بیولوژیک
Figure 11- Effect of salicylic acid concentrations on biologic yield

References

منابع مورد استفاده

- Abd El-Wahed, M.S.A., A.A. Amin, and El-Sh.M. Rashed. 2006. Physiological effect of some bioregulators on vegetative growth, yield and chemical constituents of yellow maize plants. *World Journal Agricultural Sciences*. 2(2): 149-155.
- Al-Whaibi, M.H., M.H. Siddiqui, and M.O. Basalah. 2011. Salicylic acid and calcium-induced protection of wheat against salinity. *Protoplasma*. 249: 769-778
- Bayat, S., and A. Sepehri. 2012. Paclobutrazol and salicylic acid application ameliorates the negative effect of water stress on growth and yield of maize plant. *Journal of Research in Agricultural Science*. 8-2: 127-139.
- Daneshmand, F., M.J. Arvin, B. Keramat, and N. Momeni. 2013. Interctive effect of salt stress and salicylic acid on germination and plant growth parameters of maize (*Zea mays* L.) under field condations. *Journal of Plant Process Function.* 1(1): 56-70 (In Persian).
- Ebrahimi, M., and B. Jafari Haghghi. 2012. The effect of salicylic acid application on yield and yield components of corn (*Zea mays* L.) in drought stress condition. *Journal of Plant Ecophysiology*. 4(1): 1-13. (In Persian).
- El-Tayeb, M.A. 2005. Response of barley grain to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regulation*. 42: 215-224.
- Fariduddin, Q., S. Hayat, and A. Ahmad. 2003. Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reducutase activity, and seed yield in Brassica juncea. *Photosynthetica*. 41(2): 281-284.
- Gautam, S.H., and K. Sing. 2009. Salicylic acid –induced salinity tolerance in corn grown under NaCl stress. *Acta Physiology Plantarum*. 31:1185-1190.
- Gunes, A., A. Inal, M. Alpaslan, F. Eraslan, and E.G. Bagci. 2007. Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral

nutrition in maize (*Zea mays* L.) grown under salinity. *Journal of Plant Physiology.* 16: 728-736.

- Mehrabian moghadam, N., M.J. Arvin, G.H. Khajuinejad, and K. Maghsudy. 2011. Effect of Salicylic acid on growth and forage and grain yield of maize under drought stress in field conditions. *Journal of Seed and Plant Production.* 27(2): 41-55. (In Persian).
- Metwally, A., I. Finkemeier, M. Georgi, and K.J. Dietz. 2003. Salicylic acid alleviates the cadmium toxicity in barley seedlings. *Plant Physiology.* 132: 272-281.
- Naghizadeh, M., and M. Gholami Turan Poshti. 2014. Effect of seed priming with salicylic acid on yield and yield components of wheat under drought stress. *Journal of Agroecology*. 6: 162-170. (In Persian).
- Nemeth, M., T. Janda, E. Horvath, E. Paldi, and G. Szalai. 2002. Exogenous salicylic acid increases polyamine content but may decrease drought tolerance in maize. *Plant Science*. 162: 569-574.
- Noreen, S., and M. Ashraf. 2008. Alleviation of adverse effects of salt stress on sunflower (*Helianthus annuus* L.) by exogenous application of salicylic acid: growth and photosynthesis. *Pakistan Journal of Botany*. 40 (4): 1657-1663.
- Nour mohammadi, G., A. Siadat, and A. Kashani. 2001. Agronomy: cereal crops. University of Shahid Chamran Publication. 446 pp. (In Persian).
- Sarmadnia, Gh., and A. Koocheki. 1990. Crop physiologi. University of Mashhad Press. 467pp. (In Persian).
- Shakirova, F.M., S. Hayat, and A. Ahmad. 2007. Role of hormonal system in the manifestation of growth promoting and antistress action of salicylic acid. Salicylic Acid: A Plant Hormone. Springer. pp 69-89.
- Shakirova, F.M., and M.V. Bezrukova. 1997. Induction of wheat resistance against environmental salinization by salicylic acid. *Biology Bullentin*. 24: 109-112.
- Singh, B., and K. Usha. 2003. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. *Plant Growth Regulation*. 39: 137-141.
- Wang, L.J., and S.H. Li. 2006. Salicylic acid induced heat or cold tolerance in relation to Ca^{2+} homeostasis and antioxidant systems in young grape plants. *Plant Science*. 170: 695-694.
- Yazdani, M., M.A, Bahmanyar, H. Pirdashti, and M.A. Esmaili. 2009. Effect of phosphate solubilization microorganisms and plant growth promoting rhizobacteria on yield and yield components of corn. *World Academy of Science, Engineering and Technology*. 3: 2-12.
- Zhou, X.M., A.F. Mackeuzie, C.A. Madramootoo, and D.L.J. Smith. 1999. Effect of some injected plant growth regulators, with or without sucrose, on grain production, biomass and photosynthetic activity of field-grown corn plants. *Journal Agronomy and Crop Science*. 183: 103-110.

Evaluation of Yield and Yield Components of Maize by Foliar Application of Salicylic Acid

Mahmood Tohidi [1*], and Rahim Falahi[2]

Received: December 2015, Revised: 5 March 2016, Accepted: 13 September 2016

Abstract

To study the effect of salicylic acid concentrations and foliar application times on yield and yield components of maize in the northern Khuzestan, a field experiment in 2014-2015, as factorial in the form of randomized complete block design with three replications was conducted. Experimental factors were salicylic acid concentration in five levels, 0, 0.25, 0.5, 0.75 1 Mm and foliar application times with three levels: once at 6-8 leaf stage, twice at 6-8 leaf stage and ten days after that, thrice at 6-8 leaf stage and twenty days after that. Results showed that the leaf area index, grain yield and yield components, like grain thousand weight, number of kernel rows per ear and number of kernels per row, were affected significantly by different salicylic acid concentrations and foliar application times, but the effect of salicylic acid concentration ×foliar application time interactions were not significant. Biologic yield was affected by different concentration of salicylic acid. The highest biologic yield of 18150 kg/ha related to 0.75 Mm salicylic acid concentration and lowest to control (no foliar application) with 15140 $kg.ha^{-1}$, but the effect of foliar application times and their interactions were not significant. Foliar application of salicylic acid increased grain yield. The highest grain yield of 8998 $kg.ha^{-1}$ related to 1 Mm concentration treatment and lowest (6897 $kg.ha^{-1}$) to control (no foliar application). Highest grain yield (8592 $kg.ha^{-1}$) belonged to two time foliar applications, at 6-8 leaf stage and ten days after that. The conclusion is that the application of salicylic acid could be beneficial in increasing grain yield of maize.

Key words: Foliar, Maize, Salicylic Acid, Yield.

1- Assistant Prof. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Dezful Branch, Islamic Azad University, Dezful, Iran.

2- Faculty of Agriculture, Dezful Branch, Islamic Azad University, Dezful, Iran.

* *Corresponding Author: mahmoodtohidi@yahoo.com*