

اثر زمان و نحوه کاربرد سالیسیلیک اسید بر روند رشد، عملکرد و اجزای عملکرد جو

(*Hordeum vulgare* L.) در شرایط تنش شوری

سیده الهه هاشمی^۱، یحیی امام^{۲*} و هادی پیرسته‌انوشه^۳

(۱) دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

(۲) استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

(۳) هیات علمی مرکز ملی تحقیقات شوری، یزد، ایران.

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد است.

* نویسنده مسئول: Yaemam@shirazu.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۰/۰۸

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۶/۰۶

چکیده

برای ارزیابی اثر زمان و نحوه کاربرد سالیسیلیک اسید بر روند رشد، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه جو رقم ریحان، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در محیط کنترل شده در دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل پنج سطح کاربرد سالیسیلیک اسید (شاهد، پرایمینگ، محلول پاشی در مراحل شروع پنجه‌زنی، برجستگی دوگانه و گل‌دهی) با غلظت ۱/۵ میلی‌مولار و سطوح تنش شوری (شاهد، ۶ و ۱۲ دسی‌زیمنس برمتر) بود. نتایج نشان داد که تنش شوری موجب کاهش تعداد دانه در سنبله (۵۲/۲ درصد)، وزن هزاردانه (۷/۰ درصد)، عملکرد دانه (۳۰/۰ درصد)، عملکرد بیولوژیک (۱۳/۰ درصد) و شاخص برداشت (۱۹/۷ درصد) گردید و کاربرد سالیسیلیک اسید در همه سطوح و ویژگی‌های فوق را در بوته‌های جو بهبود بخشید. همچنین روند تغییر ارتفاع بوته، سطح برگ و وزن خشک بوته‌های جو نیز تحت اثر مثبت و معنی‌دار کاربرد سالیسیلیک اسید در هر دو نحوه کاربرد به صورت پرایمینگ و محلول پاشی قرار گرفت. بیش‌ترین اثرات مثبت سالیسیلیک اسید بر رشد و عملکرد در کاربرد غلظت ۱/۵ میلی‌مولار این محلول، به صورت پرایمینگ و محلول پاشی در مرحله شروع پنجه‌زنی مشاهده شد، به صورتی که پرایمینگ بذر در شرایط بدون تنش، شوری متوسط و شدید به ترتیب باعث افزایش ۷/۷، ۲۱/۱ و ۶۰/۶ درصدی عملکرد دانه شد. این مقادیر برای محلول پاشی در مرحله شروع پنجه‌زنی به ترتیب برابر ۳۰/۵، ۲۹/۱ و ۶۱/۶ درصد بودند. به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد سالیسیلیک اسید، به ویژه در حالت زود هنگام می‌تواند موجب تعدیل اثرات سوء تنش شوری در گیاه جو شود.

واژه‌های کلیدی: پرایمینگ، شاخص برداشت، محلول پاشی، وزن هزاردانه.

مقدمه

جو (*Hordeum vulgare* L.) از قدیمی‌ترین گیاهان زراعی است و پیشینه کشت آن به ۵ تا ۷ هزار سال پیش از میلاد می‌رسد (Gallagher, 1984). این گیاه چهارمین غله‌ی مهم دانه‌ای مهم دنیاست، و پس از گندم، برنج و ذرت مهم‌ترین تأمین‌کننده‌ی ماده غذایی است. گیاهی است کم توقع و متحمل نسبت به تنش شوری، که دامنه سازگاری و پراکنش آن از سایر گیاهان زراعی گسترده‌تر است (امام، ۱۳۹۰). شور شدن خاک‌ها مدت مدیدی است که به یک مشکل جهانی در کشت غلات تبدیل شده و هیچ قاره و اقلیمی عاری از خاک‌های متأثر از شوری نیست (امام و نیک‌نژاد، ۱۳۹۰). ایران با ۲۷ میلیون هکتار اراضی شور در مقام اول کشورهای منطقه قرار دارد و پس از آن هند و پاکستان به ترتیب با ۲۳/۸ و ۱۰/۵ میلیون هکتار مقام دوم و سوم را دارند (Ashraf and Harris, 2005). در بسیاری از خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک غلظت دو عنصر Na^+ و Cl^- بسیار بیش‌تر از نیاز گیاهان بوده و این امر مشکلات فراوانی برای آن‌ها ایجاد می‌کند. واکنش معمول اکثر گیاهان به شوری، به‌صورت تنش اسمزی، سمیت یونی و عدم تعادل عناصر غذایی می‌باشد (Munns, 2002). به‌طور کلی، عملکرد گیاهان زراعی هنگامی تحت تأثیر قرار می‌گیرد که میزان شوری به یک حد آستانه برسد. این آستانه تحمل، در گیاهان زراعی مختلف متفاوت است، اما کاهش عملکرد به میزان زیادی به پتانسیل آب خاک و در درجه دوم به اثر یون‌ها بستگی دارد (Kim et al., 2005; Munns and Tester, 2008). شوری، عملکرد و همه‌ی اجزای عملکرد بوته‌های جو، از جمله تعداد پنجه بارور، تعداد سنبلیچه در سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه را کاهش می‌دهد (Naseer, 2001). افزایش عملکرد گیاهان زراعی در سال‌های اخیر به‌طور عمده به دلیل افزایش استفاده از کودها، استفاده از ارقام با عملکرد زیاده‌تر، اعمال روش‌های بهتر کنترل علف‌های هرز و بیماری‌ها می‌باشد. یکی از دلایل افزایش عملکرد در ارقام جدید غلات، تسهیم بیش‌تر ماده خشک به دانه (شاخص برداشت) بوده است (امام، ۱۳۹۰). دلیل دیگر ممکن است سازگاری بهتر گیاهان به شرایط محیطی باشد. اثر مشابهی هم ممکن است به‌وسیله استفاده برخی از مواد تنظیم‌کننده رشد گیاهی به‌دست آید (Harper and Balke, 1981). بسیاری از پژوهش‌ها نشان داده‌اند که استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد مانند سالیسیلیک اسید، چه به‌صورت پیش تیمار بذر و چه به‌صورت کاربرد برگساره‌ای آن باعث افزایش تحمل گیاه در زمان بروز تنش‌های غیر زنده به‌ویژه تنش شوری می‌شود (پیرسته‌انوشه و امام، ۱۳۹۱؛ پاکار و همکاران، ۱۳۹۳؛ Shakirova et al., 2003; El-Tayeb, 2005; Shakirova, 2007). سالیسیلیک اسید یک ترکیب آنتی‌اکسیدانی و از جمله هورمون‌های گیاهی و یک تنظیم‌کننده‌ی رشد بیرونی است (Hayat and Ahmad, 2007). سالیسیلیک اسید بر فرایندهای متفاوتی از جمله جوانه‌زنی بذر، هدایت روزنه‌ای، جذب و انتقال یون‌ها، فتوسنتز، رشد ریشه و شاخساره و افزایش عملکرد تأثیرگذار است. علاوه بر این، سالیسیلیک اسید باعث افزایش تحمل گیاه در برابر انواع

تنش‌های غیرزیستی (خشکی، شوری، دمای زیاد و کم) و تنش‌های ناشی از جمله حشرات و بیماری‌ها می‌گردد (Hayat and Ahmad, 2007). نتایج امام و پیرسته‌انوشه (۱۳۹۳الف) نشان داد که کاربرد سالیسیلیک‌اسید به‌صورت پرایمینگ بذر جو باعث بهبود سطح برگ، عملکرد و اجزای عملکرد در شرایط تنش شوری شد. پیرسته‌انوشه و امام (۱۳۹۱) نیز نشان دادند که کاربرد برگساره‌ای سالیسیلیک‌اسید موجب افزایش ارتفاع بوته، طول دم گل آذین، تعداد سنبلک در هر سنبله، تعداد دانه در هر سنبلک، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک می‌شود. با نگاهی به تحقیقات انجام شده، اثر مثبت کاربرد سالیسیلیک‌اسید در بسیاری از گیاهان در شرایط شوری نشان داده شده است، اما اتفاق نظری در مورد بهترین زمان و یا بهترین نوع کاربرد این تنظیم‌کننده رشد وجود ندارد. لذا، این پژوهش با هدف بررسی اثر کاربرد سالیسیلیک‌اسید به‌صورت پرایمینگ و یا محلول‌پاشی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد جو و همچنین روند تغییرات رشد در طول فصل در شرایط تنش شوری طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در گلخانه بخش زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز اجرا شد. فاکتورهای آزمایشی شامل تیمار کاربرد سالیسیلیک‌اسید در پنج سطح بدون کاربرد (به‌عنوان شاهد)، پرایمینگ بذر، محلول‌پاشی در مراحل شروع پنجه‌زنی بوته‌ها، برجستگی دوگانه و گل‌دهی در گیاه جو رقم ریحان، و تیمار تنش شوری در سه سطح شاهد، ۶ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر بود. کاربرد سالیسیلیک‌اسید در هر دو نحوه کاربرد پرایمینگ و محلول‌پاشی در همه مراحل با غلظت ۱/۵ میلی‌مولار صورت گرفت.

گلدان‌های پنج لیتری با خاک مزرعه، شن شسته شده و کودبرگ با نسبت ۱:۱:۲ پر شدند. زهکشی ته گلدان‌ها با سنگ‌ریزه تأمین شد. در هر گلدان ۱۰ بذر کاشته شد و پس از سبز شدن به ۸ بوته در هر گلدان رسید. تیمار شوری نیز به‌صورت آبیاری با آب شور با هدایت الکتریکی مورد نظر از مرحله سه برگی تا پایان فصل رشد با کاربرد نمک‌های NaCl و CaCl₂ به نسبت ۱:۲ اعمال شد (امام و پیرسته‌انوشه، ۱۳۹۳ب). برای اطمینان از درستی روش اعمال تنش، هدایت الکتریکی زه‌آب گلدان‌ها نیز اندازه‌گیری شد. مقدار هدایت الکتریکی با استفاده از EC-meter پورتابل مدل 2052 digital USA کنترل گردید. به‌منظور جلوگیری از وارد آمدن تنش ناگهانی، غلظت‌های شوری در سه مرحله متوالی اعمال شد. پرایمینگ بذر با سالیسیلیک‌اسید با غلظت ۱/۵ میلی‌مولار به مدت ۱۲ ساعت و همچنین محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید با غلظت ۱/۵ میلی‌مولار در مراحل مورد نظر با اسپری با فشار ثابت و به‌صورت کاملاً یکنواخت انجام شد. میزان پاشش محلول به اندازه‌ای بود که قطرات محلول بر برگ‌های جو قابل مشاهده باشد. این کار در اولین ساعات صبح، به دور از تابش مستقیم آفتاب صورت گرفت. برای جلوگیری از نفوذ سالیسیلیک‌اسید به درون خاک، سطح خاک گلدان‌ها با پلاستیک پوشانده شد.

طول دوره آزمایش از زمان کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک به طور میانگین ۲۱۹۶ درجه روز رشد بود. در طول فصل رشد صفت ارتفاع بوته در پنج نوبت ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ روز پس از کشت اندازه گیری شد. ارتفاع بوته ها نیز از طوقه تا زبانک برگ آخر پیش از ظهور سنبله و سپس از سطح خاک (طوقه) تا زیر سنبله پس از پیدایش آن با خطکش میلی متری اندازه گیری شد. اندازه گیری صفات سطح برگ و وزن خشک در چهار نوبت ۲۲، ۴۴، ۶۶ و ۸۸ روز پس از کشت صورت گرفت. برای اندازه گیری سطح برگ از دستگاه اندازه گیری سطح برگ مدل Delta T MK₂, England استفاده شد. در برداشت نهایی پس از رسیدگی فیزیولوژیک، تمام بوته های هر گلدان کفبر شده و به مدت ۲۴ ساعت در آون تهویه دار در دمای 70 ± 2 خشک شد و پس از آن تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، وزن خشک، عملکرد بیولوژیک تعیین گردید. میانگین بوته های هر گلدان به عنوان داده آن واحد آزمایشی در نظر گرفته شد. شاخص برداشت نیز از نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک به دست آمد. برای انجام محاسبه های آماری، داده ها با استفاده از نرم افزار SAS مورد تجزیه واریانس قرار گرفته و مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد یا خطای استاندارد^۱ انجام شد (سلطانی، ۱۳۸۶).

نتایج و بحث

نتایج حاصل از جدول ۱ نشان داد که اثر سالیسیلیک اسید و برهمکنش آن با شوری در سطح احتمال یک درصد و اثر شوری در سطح احتمال پنج درصد بر تعداد دانه در سنبله معنی دار شد. به طور کلی، تنش شوری موجب کاهش تعداد دانه در سنبله شد. به طوری که تنش های ۶ و ۱۲ دسی زیمنس بر متر به ترتیب موجب کاهش ۲۸/۸ و ۵۲/۲ درصدی تعداد دانه در سنبله نسبت به تیمار شاهد شد (شکل ۱).

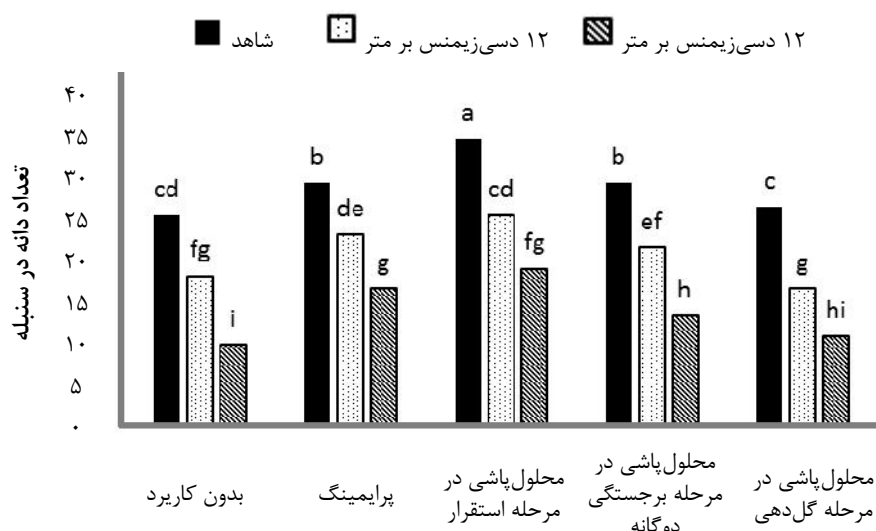
کاربرد سالیسیلیک اسید موجب بهبود تعداد دانه در سنبله شد، به طوری که تعداد دانه در سنبله، در تیمارهای پرایمینگ و محلول پاشی در مرحله شروع پنجه زنی، تفاوت معنی داری با سایر تیمارهای کاربرد سالیسیلیک اسید داشت. در حالی که کاربرد دیر هنگام سالیسیلیک اسید اثری بر تعداد دانه در سنبله نداشت، به طوری که تفاوت معنی داری بین تیمار عدم کاربرد سالیسیلیک اسید و محلول پاشی آن در مرحله گل دهی مشاهده نشد (شکل ۱). در مطالعات متفاوت مشخص شده که کاربرد بیرونی سالیسیلیک اسید، اثر زیان آور شوری را کاهش داده و تحمل شوری را در گیاهان زراعی با بهبود رشد افزایش داده است (Hussein *et al.*, 2007). نتایج پژوهش حاضر در مورد اثر مثبت کاربرد برگساره های سالیسیلیک اسید بر افزایش تعداد دانه در سنبله با نتایج پیرسته انوشه و امام (۱۳۹۱)، پاکار و همکاران (۱۳۹۳)، Hayat و Ahmad (۲۰۰۷) مطابقت دارد.

¹ Standard Error

جدول ۱: میانگین مربعات اثر شوری، سالیسیلیک اسید و برهمکنش آن‌ها بر عملکرد و اجزای عملکرد جو

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن هزاردانه	تعداد دانه در سنبله	وزن خشک شاخساره	عملکرد دانه	شاخص برداشت
سالیسیلیک اسید (SA)	۴	۲۱/۳۲۲*	۷۴/۱۶۵**	۷۳/۳۴۳**	۶/۰۹۳**	۰/۸۲۳*
شوری (SS)	۲	۲/۴۵۳ns	۶۷/۹۲۶*	۶۳/۰۰۹**	۹/۴۶۰**	۰/۰۲۲ns
SA×SS	۸	۶۱/۵۵۰**	۲۴/۹۶۲**	۲۱/۳۲۰*	۷/۷۳۰**	۰/۸۲۳*
خطا	۴۵	۳/۴۰۰	۱/۰۹۲	۱۱/۰۰۱	۰/۴۴۳	۰/۰۳۸
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱۲/۱۰	۱۲/۲۲	۱۳/۶۵	۱۱/۸۸	۷/۵۶

ns، * و ** به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

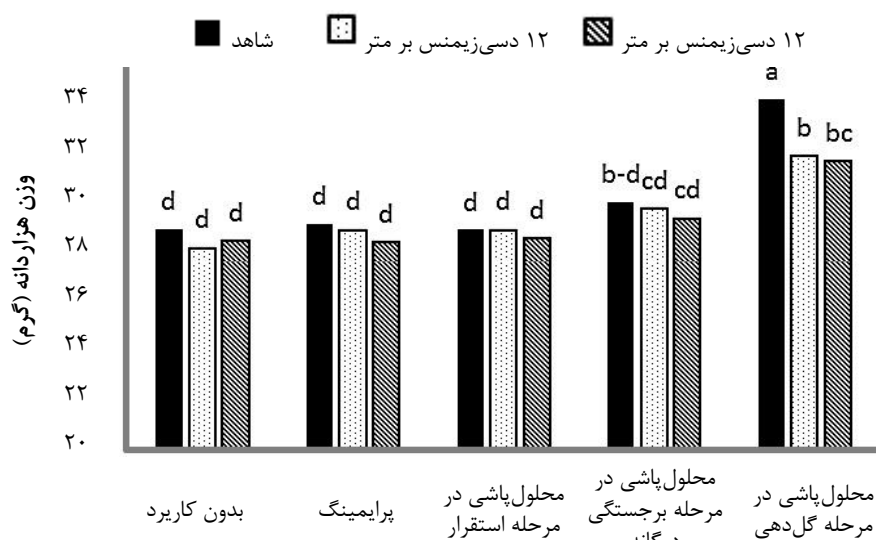


شکل ۱: برهمکنش تنش شوری و سالیسیلیک اسید بر تعداد دانه در سنبله جو

ستون‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

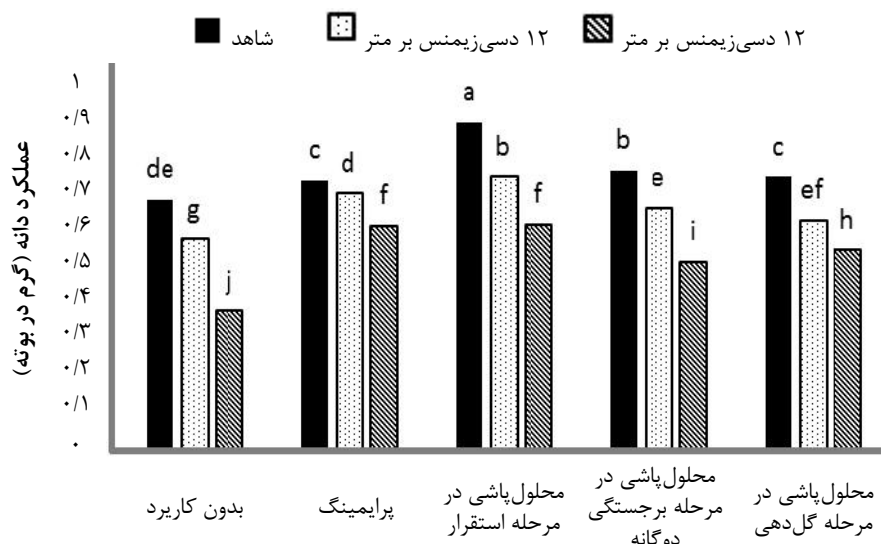
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سالیسیلیک اسید در سطح احتمال پنج درصد و برهمکنش آن با شوری در سطح احتمال یک درصد بر وزن هزاردانه معنی‌دار بود (جدول ۱). در تیمارهای بدون کاربرد، پرایمینگ و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید در مراحل شروع پنجه‌زنی و برجستگی دوگانه، تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای شوری از لحاظ وزن هزاردانه مشاهده نشد. محلول‌پاشی دیر هنگام سالیسیلیک اسید (در مرحله گل‌دهی)، تنش شوری موجب کاهش معنی‌دار وزن هزاردانه گردید، به‌طوری‌که تنش‌های ۶ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب موجب کاهش ۶/۳ و ۷/۰ درصدی وزن هزاردانه شدند (شکل ۲). به عقیده‌ی Francois و همکاران (۱۹۹۴) شوری، وزن دانه را از راه کوتاه کردن دوره‌ی پر شدن دانه و تسریع در رسیدگی دانه‌ها کاهش می‌دهد. امام و پیرسته‌انوشه (۱۳۹۳) علت کاهش وزن هزاردانه در شرایط تنش شوری را تغییر در تسهیم مواد پرورده، به منظور مقابله با اثر تنش شوری عنوان کردند. اثر تنش شوری بر وزن هزاردانه، به زمان اعمال تنش و غلظت نمک در محیط رشد بستگی دارد. در پژوهش حاضر محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید در مرحله گل‌دهی، در شرایط بدون تنش اثر مثبتی بر وزن هزاردانه داشت، درحالی‌که تفاوت معنی‌داری بین شرایط بدون کاربرد، پرایمینگ و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید در مرحله شروع پنجه‌زنی و برجستگی دوگانه مشاهده نشد (شکل ۲).

عملکرد دانه تحت اثر معنی دار شوری و سالیسیلیک اسید و برهمکنش آن‌ها در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۱). شوری در همه شرایط کاربرد و عدم کاربرد سالیسیلیک اسید، موجب کاهش معنی دار عملکرد دانه شد (شکل ۳). بیش‌ترین عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و کاربرد سالیسیلیک اسید در مرحله شروع پنجه‌زنی به دست آمد؛ ولی کم‌ترین درصد کاهش عملکرد دانه ناشی از شوری در تیمار پرایمینگ سالیسیلیک اسید حاصل شد (شکل ۳).



شکل ۲: برهمکنش شوری و سالیسیلیک اسید بر وزن هزاردانه جو

ستون‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.



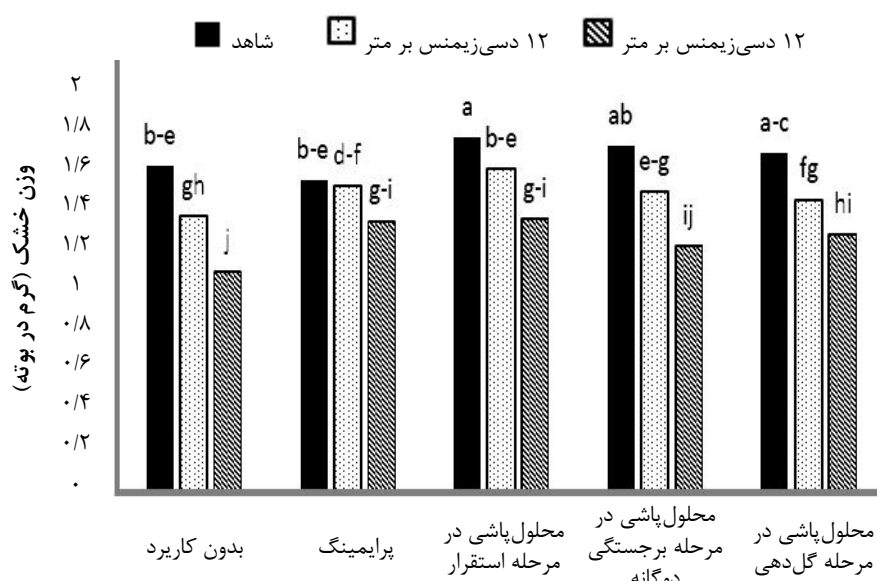
شکل ۳: برهمکنش شوری و سالیسیلیک اسید بر عملکرد دانه جو

ستون‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

بیش‌ترین اثر مثبت سالیسیلیک اسید در حالت کاربرد در مرحله شروع پنجه‌زنی بود. در بالاترین سطح تنش شوری (۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) افت عملکرد دانه به ترتیب معادل ۴۴/۲، ۱۶/۸، ۳۰/۹، ۳۲/۳ و ۲۶/۵ درصد در تیمارهای بدون

کاربرد، پرایمینگ، محلول پاشی در شروع پنجه زنی، برجستگی دوگانه و گل دهی بود (شکل ۳). افزایش عملکرد دانه در اثر کاربرد سالیسیلیک اسید می تواند به دلیل اثر افزایشده و مثبت آن بر اجزای عملکرد دانه باشد. نتایج مشابهی توسط سایر پژوهشگران از جمله پاکار و همکاران (۱۳۹۳) و Shakirova و همکاران (۲۰۰۳) درمورد کاربرد سالیسیلیک اسید در گیاه جو و گندم در شرایط تنش شوری گزارش شده است. همچنین Shakirova (۲۰۰۷) نشان داد که جوانه زنی و رشد گیاهچه بذریهائی از گندم که در سالیسیلیک اسید خیسانده شده بودند افزایش یافت. مطالعات نشان می دهد که تعداد برگ، وزن تر و خشک تک گیاه گیاهچه های گندم که بذر آن ها با سالیسیک اسید پیش تیمار شده بود، به طور معنی داری افزایش یافت (Hayat et al. 2005).

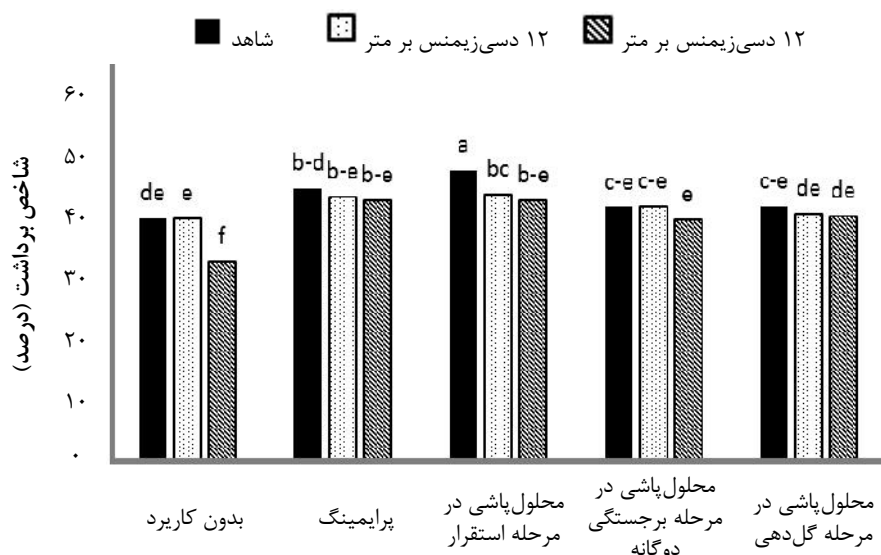
وزن خشک بوته تحت اثر معنی دار شوری و سالیسیلیک اسید در سطح یک درصد و برهمکنش آن ها در سطح پنج درصد قرار گرفت (جدول ۱). شوری در همه تیمارهای کاربرد و عدم کاربرد سالیسیلیک اسید، وزن خشک را کاهش داد. کمترین تغییرات کاهش وزن خشک در اثر شوری، در تیمار پرایمینگ سالیسیلیک اسید مشاهده شد، به نحوی که در شدت تنش ۶ و ۱۲ دسی زیمنس بر متر، به ترتیب ۱/۸۵ و ۱۳ درصد کاهش وزن خشک مشاهده شد (شکل ۴). بیشترین وزن خشک بوته در شرایط محلول پاشی سالیسیلیک اسید در مراحل شروع پنجه زنی و برجستگی دوگانه به دست آمد. Metwally و همکاران (۲۰۰۳) و Sakhabudinova و همکاران (۲۰۰۳) مشاهده کردند که کاربرد سالیسیلیک اسید باعث افزایش وزن خشک بوته های گندم می گردد. نتایج پژوهش پاکار و همکاران (۱۳۹۳) و El-Tayeb (۲۰۰۵) نیز نشان داد که سالیسیلیک اسید موجب ازدیاد وزن خشک بوته های جو در شرایط تنش شوری می شود.



شکل ۴: برهمکنش شوری و سالیسیلیک اسید بر وزن خشک شاخساره جو

ستون های با حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی داری ندارند.

شوری در تیمارهای بدون کاربرد و محلول پاشی با سالیسیلیک اسید در مرحله شروع پنجه زنی موجب کاهش معنی دار شاخص برداشت شد (شکل ۵). بیشترین شاخص برداشت در تیمار محلول پاشی در مرحله شروع پنجه زنی و بدون تنش شوری به دست آمد. به طور کلی، بیشترین شاخص برداشت در تیمارهای پرایمینگ و محلول پاشی در مرحله شروع پنجه زنی به دست آمد که به ترتیب ۱۶/۶ و ۱۹/۷ درصد بیش تر از تیمار بدون کاربرد سالیسیلیک اسید بود (شکل ۵). از آنجا که شوری، تسهیم مواد پرورده را در گیاه به زیان عملکرد دانه تغییر می دهد، لذا در شرایط تنش شوری شاخص برداشت کاهش می یابد (امام و نیک نژاد، ۱۳۹۰؛ Pirasteh-Anosheh *et al.*, 2012). سالیسیلیک اسید، طولی شدن و تقسیم سلولی را همراه با هورمون هایی مانند اکسین تنظیم می کند که منجر به افزایش ماده خشک در شرایط تنش شوری می گردد (Hayat and Ahmad, 2007).

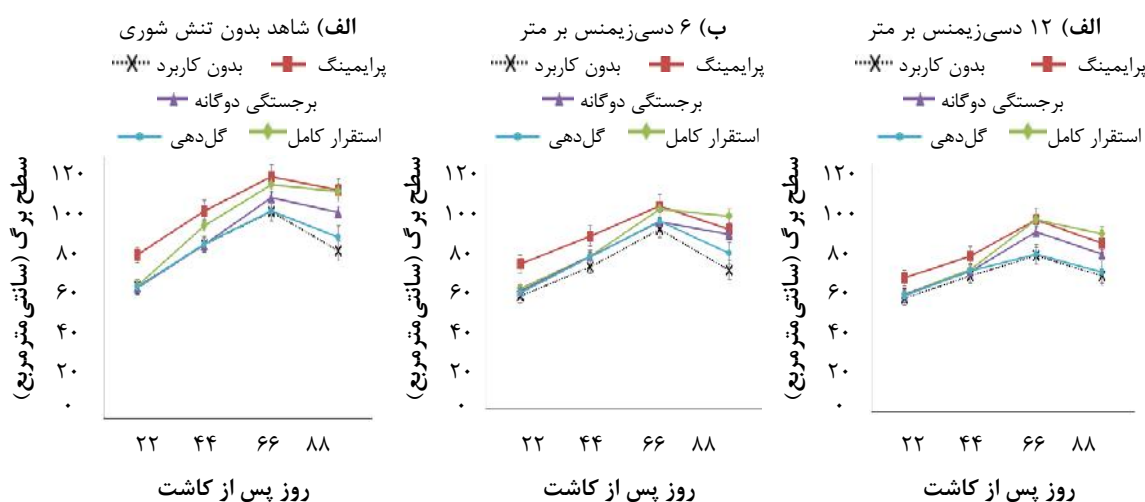


شکل ۵: برهمکنش شوری و سالیسیلیک اسید بر شاخص برداشت جو

ستون های با حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی داری ندارند.

روند تغییرات سطح برگ جو در بوته در طول فصل رشد نشان داد که در همه تیمارهای شوری و کاربرد سالیسیلیک اسید، سطح برگ تا ۶۶ روز پس از کاشت افزایش یافت و پس از آن رو به کاهش نهاد (شکل ۶). بیشینه سطح برگ نیز در تمام تیمارها در ۶۶ روز پس از کاشت به دست آمد. در شرایط بدون تنش شوری، در ۲۲ روز پس از کاشت بیشترین سطح برگ در تیمار پرایمینگ به دست آمد اما بین سایر تیمارها تفاوت معنی داری مشاهده نشد. در ۴۴ روز پس از کاشت، بیشترین درصد افزایش سطح برگ مربوط به تیمار محلول پاشی در مرحله شروع پنجه زنی بود و این روند تا ۶۶ روز پس از کاشت به همین ترتیب ادامه داشت؛ اما در روز ۶۶م تفاوت معنی داری بین تیمارهای پرایمینگ و محلول پاشی در مرحله شروع پنجه زنی مشهود نبود (شکل ۶ الف). هشتاد و هشت روز پس از کاشت، سطح برگ تیمارهای پرایمینگ و

محلول پاشی در مرحله شروع پنجه زنی هم چنان بیش تر از سایر تیمارها بود. در شرایط تنش ۶ و ۱۲ دسی زیمنس بر متر تا ۶۶ روز پس از کاشت، سطح برگ در تیمار پرایمینگ به طور معنی داری بیش تر از سایر تیمارها بود (شکل ۶ ب و ج). در تنش شوری ۶ دسی زیمنس بر متر، بیش ترین درصد افزایش سطح برگ تا ۴۴ روز پس از کاشت مربوط به تیمار پرایمینگ بود و از روز ۴۴ تا روز ۶۶، بیش ترین سطح برگ در تیمار محلول پاشی در مرحله شروع پنجه زنی مشاهده شد. این موضوع نشان دهنده مؤثرتر بودن کاربرد زود هنگام سالیسیلیک اسید می باشد.

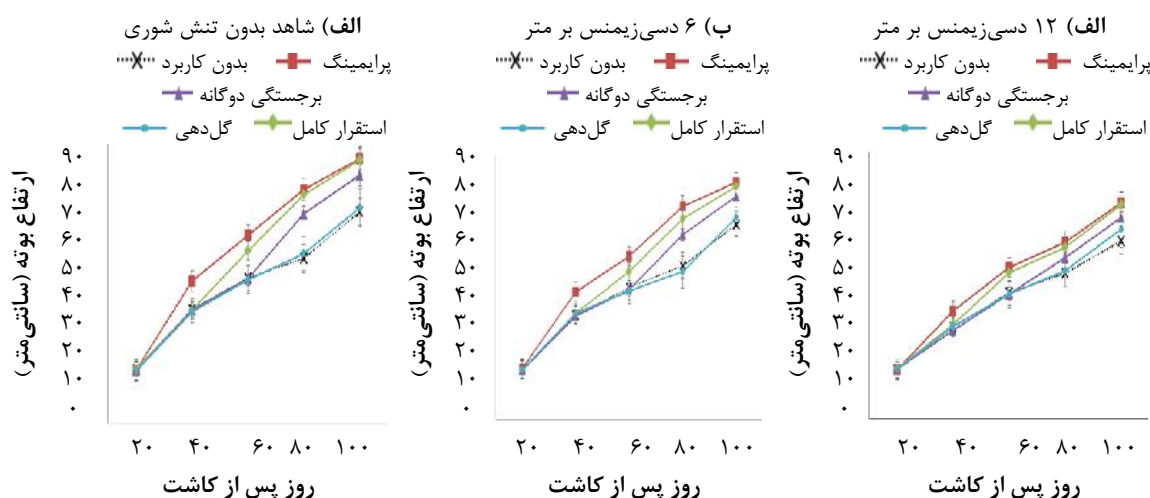


شکل ۶: روند تغییرات سطح برگ جو در طول فصل رشد در شرایط بدون تنش (الف)، تنش ۶ (ب) و ۱۲ (ج) دسی زیمنس بر متر در کاربردهای متفاوت سالیسیلیک اسید

میانگین های با هم پوشانی یکسان بر اساس خطای استاندارد (Standard error) تفاوت معنی داری ندارند.

در شدیدترین تنش شوری (۱۲ دسی زیمنس بر متر) تا ۴۴ روز پس از کاشت بیش ترین سطح برگ مربوط به تیمار پرایمینگ بود، که به طور معنی داری بیش تر از سایر تیمارها بود. از ۴۴ تا ۶۶ روز پس از کاشت بیش ترین درصد افزایش سطح برگ در تیمارهای محلول پاشی در مرحله شروع پنجه زنی و برجستگی دو گانه به دست آمد؛ به طوری که ۶۶ روز پس از کاشت تفاوت معنی داری بین این دو تیمار مشاهده نشد. از این زمان تا روز ۸۸م نیز سطح برگ در همه تیمارها کاهش یافت (شکل ۶ ج). تنش شوری از طریق کاهش سرعت گسترش برگ و تغییر در شکل برگ ها، سطح برگ را کاهش می دهد، که این موضوع به کاهش دریافت تابش منجر می شود (Ashraf and Harris, 2005). در آزمایش حاضر کاربرد سالیسیک اسید موجب افزایش سطح برگ و کاهش اثر مضر شوری شد. محلول پاشی با سالیسیلیک اسید سبب افزایش سطح برگ در جو، گندم و ذرت گردیده است (پاکار و همکاران، ۱۳۹۳؛ Metwally *et al.*, 2003; Kaydan *et al.*, 2007; Pirasteh-Anosheh *et al.*, 2012; Khan *et al.*, 2003).

ارتفاع بوته جو در تیمارهای عدم کاربرد سالیسیلیک اسید، با افزایش شدت تنش شوری کاهش یافت. کاربرد سالیسیلیک اسید توانست بخشی از این کاهش را جبران کند. در تمامی شدت‌های تنش شوری، تا روز بیستم در بین تیمار عدم کاربرد و کاربرد سالیسیلیک اسید، ارتفاع بوته تغییر معنی‌داری نداشت؛ اما از این زمان به بعد، بوته‌های حاصل از تیمار پرایمینگ در تمامی شرایط تنش ارتفاع بیش‌تری داشتند و درصد افزایش ارتفاع نیز در این تیمار بیش از سایر تیمارها بود. در شرایط بدون تنش تا ۴۰ روز پس از کاشت، ارتفاع بوته به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سایر تیمارها بود (شکل ۷ الف). در شرایط بدون تنش و تنش شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر، تا روز ۶۰م ارتفاع در تیمار پرایمینگ و محلول‌پاشی در مرحله شروع پنجه‌زنی به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سایر تیمارها بود. اما، تفاوت معنی‌داری بین سایر تیمارها مشاهده نشد. از روز ۶۰ تا ۸۰م بیش‌ترین درصد افزایش ارتفاع مربوط به تیمار محلول‌پاشی در مرحله شروع پنجه‌زنی بود. از روز ۸۰م کم‌ترین درصد افزایش ارتفاع در تیمار عدم کاربرد سالیسیلیک اسید و کاربرد در مرحله گل‌دهی مشاهده شد که تا پایان دوره رشد کم‌ترین ارتفاع را نسبت به سایر تیمارها داشتند (شکل ۷ الف و ب).



شکل ۷: روند تغییرات ارتفاع جو در طول فصل رشد در شرایط بدون تنش (الف)، تنش ۶ (ب) و ۱۲ (ج) دسی‌زیمنس بر متر در کاربردهای متفاوت سالیسیلیک اسید

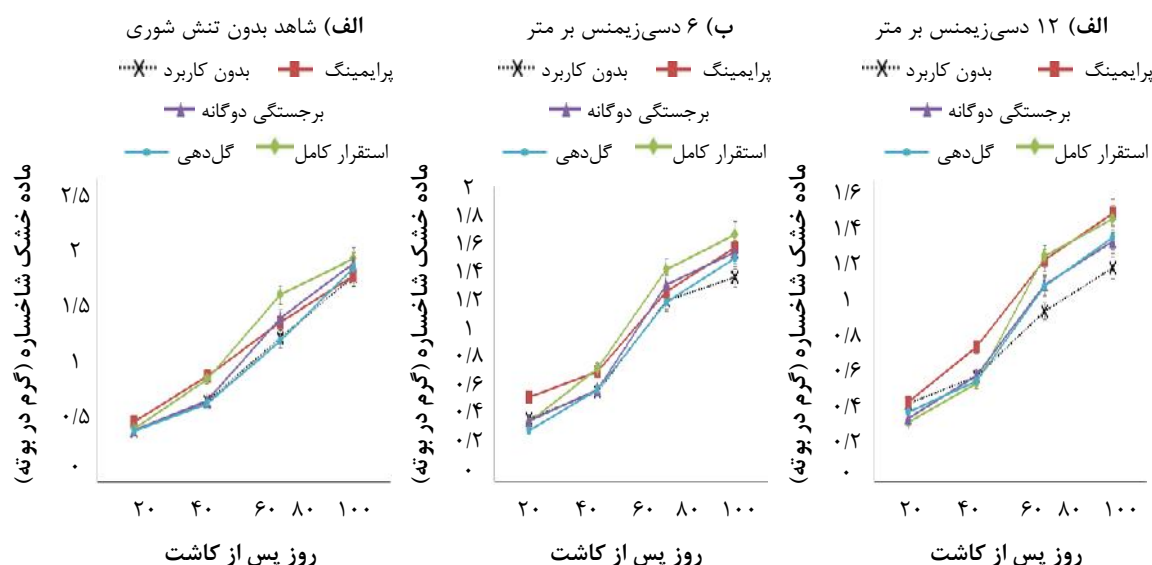
میانگین‌های با همپوشانی یکسان بر اساس خطای استاندارد (Standard error) تفاوت معنی‌داری ندارند.

از آن‌جا که شوری موجب اختلال در جذب عناصر غذایی و به هم خوردن تعادل یونی در گیاه می‌شود، می‌توان کاهش رشد و توسعه برگ‌ها را به کمبود عناصر غذایی و اختلالات تغذیه‌ای ناشی از شوری نسبت داد. یکی دیگر از اثرات منفی شوری تسریع در پیری برگ می‌باشد و فاکتور اصلی که باعث پیری برگ می‌شود کاهش محتوای کلروفیل تحت تنش شوری است (امام و نیک‌نژاد، ۱۳۹۰). تنش شوری از راه کاهش رشد سلول (کاهش تقسیم سلول و کاهش اندازه سلول) در مرحله رشد رویشی باعث کاهش رشد و کاهش ارتفاع گیاه می‌گردد. گزارش شده‌است که سالیسیلیک اسید، تقسیم سلولی

را در مریستم گیاهچه گندم افزایش داده و رشد گیاه را بهبود می‌بخشد (El-Tayeb, 2005; Kaydan *et al.*, 2007). همچنین گزارش شده که این ماده تعادل هورمونی را در گیاه تغییر و باعث تحریک تولید اکسین و سیتوکنین می‌گردد (Shakirova *et al.*, 2003).

روند تغییرات ماده خشک در طول فصل رشد نشان داد که با افزایش شدت تنش شوری، میزان تولید ماده خشک کاهش یافت و کاربرد سالیسیلیک‌اسید در همه‌ی سطوح تنش شوری باعث افزایش ماده خشک نسبت به تیمار عدم کاربرد سالیسیلیک‌اسید شد. در همه‌ی تیمارهای تنش شوری و سالیسیلیک‌اسید از روز ۵۰ام تجمع ماده خشک با درصد بیش‌تری صورت گرفت. در تیمار بدون تنش شوری از روز ۲۵ تا ۵۰ام تولید ماده خشک در تیمار پرایمینگ و محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید در مرحله شروع پنجه‌زنی به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سایر تیمارها بود. از روز ۵۰ام تا ۷۵ام، درصد افزایش وزن خشک در تیمار محلول‌پاشی در مرحله شروع پنجه‌زنی بیش از سایر تیمارها بود. در روز ۱۰۰ام تفاوت معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد (شکل ۸ الف). در شدت شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر در ابتدای فصل رشد در روز ۲۵ام وزن گیاهچه‌های حاصل از بذره‌ای پرایم شده به‌طور معنی‌داری بیش از سایر تیمارها بود و تفاوت معنی‌داری بین سایر تیمارها مشاهده نشد. این موضوع نشان‌دهنده آن است که پرایمینگ بذری باعث ایجاد گیاهچه‌های قوی‌تر می‌شود (امام و پیرسته‌انوشه، ۱۳۹۳ ب). در روز ۵۰ام وزن خشک در تیمار محلول‌پاشی در مرحله شروع پنجه‌زنی با درصد بیش‌تری افزایش یافت، به‌طوری‌که در این روز تفاوت معنی‌داری بین وزن خشک گیاهان پرایم شده و محلول‌پاشی شده در مرحله شروع پنجه‌زنی مشاهده نشد. از روز ۵۰ تا ۱۰۰ام وزن ماده خشک در تیمار محلول‌پاشی در مرحله شروع پنجه‌زنی همچنان بیش از سایر تیمارها بود. در انتهای فصل رشد کم‌ترین وزن ماده خشک مربوط به عدم کاربرد سالیسیلیک‌اسید بود (شکل ۸ ب).

در تنش شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، در پنجاهمین روز وزن خشک بوته‌ها در تیمار پرایمینگ بیش از سایر تیمارها بود ولی تفاوت معنی‌داری بین سایر تیمارها مشاهده نشد. تا روز ۷۵ام درصد افزایش ماده خشک در تیمار محلول‌پاشی در مرحله‌ی شروع پنجه‌زنی بیش از سایر تیمارها بود. تا روز صدم کم‌ترین وزن ماده خشک در تیمار عدم کاربرد سالیسیلیک‌اسید مشاهده شد و تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای کاربرد سالیسیلیک‌اسید مشاهده نشد (شکل ۸ ج). در همه تیمارهای تنش شوری سالیسیلیک‌اسید توانست بخشی از افت وزن خشک ناشی از تنش را کاهش دهد. نتایج این پژوهش با یافته‌های پیرسته‌انوشه و امام (۱۳۹۱) که بهبود وزن خشک بوته‌های جو تیمار شده با سالیسیلیک‌اسید تحت شرایط تنش شوری را گزارش کردند، مطابقت دارد. در پژوهشی بر روی گیاه ذرت مشخص شد که کاربرد بیرونی سالیسیلیک‌اسید، اثر زیان آور کلرید سدیم را کاهش داده و تحمل به نمک را در این گیاه زراعی با بهبود رشد افزایش داده است (Khodary, 2004).



شکل ۸: روند تغییرات وزن خشک جو در طول فصل رشد در شرایط بدون تنش (الف)، تنش ۶ (ب) و ۱۲ (ج)

دسی زیمنس بر متر در کاربردهای متفاوت سالیسیلیک اسید

میانگین‌های با همپوشانی یکسان بر اساس خطای استاندارد (Standard error) تفاوت معنی‌داری ندارند.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که روند رشد، عملکرد دانه و اجزای عملکرد تحت اثر منفی شوری قرار گرفتند، که در این بین تعداد دانه و میانگین وزن هر دانه به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین واکنش را نشان دادند. سالیسیلیک اسید در هر دو نحوه کاربرد به صورت پریمینگ و محلول‌پاشی با افزایش رشد در شرایط شور، توانست بخشی از افت عملکرد را جبران و تحمل به شوری را در بوته‌های جو افزایش دهد. کاربرد زود هنگام سالیسیلیک اسید اثر مثبت بیش‌تری داشت؛ که این موضوع می‌تواند با حساسیت بیش‌تر مراحل اولیه رشد جو به تنش شوری در ارتباط باشد. بنابراین، کاربرد سالیسیلیک اسید به صورت پریمینگ یا محلول‌پاشی در مراحل اولیه برای بررسی‌های بیش‌تر قابل توصیه می‌باشد.

منابع

- امام، ی. ۱۳۹۰. زراعت غلات (چاپ چهارم). انتشارات دانشگاه شیراز. ۱۹۰ ص.
- امام، ی. و نیک‌نژاد، م. ۱۳۹۰. مقدمه‌ای بر فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی (چاپ سوم). انتشارات دانشگاه شیراز. ۵۷۱ ص.
- امام، ی. و پیرسته‌انوشه، ه. ۱۳۹۳ الف. تأثیر پریمینگ سالیسیلیک اسید بر جذب آب، جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های جو تحت تأثیر تنش شوری. سیزدهمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات. ۴ تا ۶ شهریور ماه ۱۳۹۳. کرج.

امام، ی. و پیرسته‌انوشه، ه. ۱۳۹۳. ب. روش‌های مزرعه‌ای و آزمایشگاهی در علوم زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۱۰۸ ص.

پاکار، ن.، پیرسته‌انوشه، ه. و امام، ی. ۱۳۹۳. افزایش تحمل به تنش شوری در جو با محلول پاشی سالیسیلیک اسید در شرایط تنش شوری. مجله تولید و فراوری گیاهان زراعی و باغی. ۱۴: ۲۰۱-۱۹۱.

پیرسته‌انوشه، ه. و امام، ی. ۱۳۹۱. واکنش عملکرد و اجزای عملکرد دانه گندم نان و ماکارونی به تنظیم‌کننده‌های رشد در شرایط تنش خشکی. مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۵: ۱۷-۱.

سلطانی، ا. ۱۳۸۶. کاربرد نرم افزار SAS در تجزیه‌های آماری. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۱۸۲ ص.

Ashraf, M., and Harris, P.J.C. 2005. Abiotic Stresses: Plant Resistance through Breeding and Molecular Approaches. Haworth Press, New York.

El-Tayeb, M.A. 2005. Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regulation 45: 215-225.

Francois, L.E., Grieve, C.M., Mass, E.V. and Lesch, S.M. 1994. Time of salt stress affects growth and yield components of irrigated wheat. Agronomy Journal 86:100-107.

Gallagher, E.J., 1984. Cereal Production. Butterworths. 354 pp.

Harper, J.R. and Balke, N.E. 1981. Characterization of the inhibition of K^+ absorption in oats roots by salicylic acid. Plant Physiology 68: 1349-1353.

Hayat S. and Ahmad, A. 2007. Salicylic Acid - A Plant Hormone. Springer. 410pp.

Hayat, S., Fariduddin, Q., Ali, B. and Ahmad, A. 2005. Effect of salicylic acid on growth and enzyme activities of wheat seedlings. Acta Agronomica Hungarica 53: 433-437.

Hussein, M.M., Balbaa, L.K. and Gaballah, M.S. 2007. Salicylic acid and salinity effects on growth of maize plants. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 3: 321-328.

Kaydan, D., Yagmur, M. and Okut, N. 2007. Effects of Salicylic acid on the growth and some physiological characters in salt stressed wheat (*Triticum aestivum* L.). Tarim Bilimleri Dergisi, 13: 114-119.

Khan, W., Prithivira, B. and Smith, A. 2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. Journal of Plant Physiology 160: 485-492.

Kim, S.Y., Lim, J.H., Park, M.R., Kim, Y.J., Park, T.I., Seo, Y.W., Choi, K.G. and Yun, S.J. 2005. Enhanced antioxidant enzymes are associated with reduced hydrogen peroxide in barley roots under saline stress. Journal of Biochemistry and Molecular Biology 38: 218-224.

Khodary, S.E.A. 2004. Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt-stressed maize plants. International Journal of Agriculture and Biology 6: 5-8.

Metwally, A., Finkemeier, I., Georgi, M. and Dietz, K.J. 2003. Salicylic acid alleviates the cadmium toxicity in barley seedlings. *Plant Physiology* 132: 272-281.

Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment* 25: 239-250.

Munns, R. and Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review in Plant Biology* 59: 651-681.

Naseer, S. 2001. Response of barley (*Hordeum vulgare* L.) at various growth stages to salt stress. *Journal of Biological Science* 1: 326-329.

Pirasteh-Anosheh, H., Emam, Y., Ashraf, M. and Foolad, M.R. 2012. Exogenous application of salicylic acid and chlormequat chloride alleviates negative effects of drought stress in wheat. *Advanced Studies in Biology* 11: 501-520.

Sakhabudinova, A.R., Fakhutdinova, D.R., Bezukova, M.V. and Shakirova, F.M. 2003. Salicylic acid prevents damaging action of stress factors on wheat plants. *Bulgarian Journal of Plant Physiology* 23: 314-319.

Shakirova, F.M. 2007. Role of hormonal system in the manifestation of growth promoting and anti-stress action of salicylic acid. In: Hayat, S. and Ahmad, A. (Eds.), *Salicylic Acid, A Plant Hormone*. Springer, Dordrecht, Netherlands. pp 69-89.

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