عملکرد و تجمع یون‌ها در جو تحت تاثیر زمان و غلظت سالیسیلیک‌اسید در شرایط غیرشور و شور

غلامحسن رنجبر [۱]، هادی پیرسته انوشه [۱]، محمدحسین بناکار [۱]، نادیا بشارت [۲]
۱- عضو هیئت علمیمرکز ملی تحقیقات شوری، ۲- کارشناس مرکز ملی تحقیقات شوری.

چکیده
به منظور بررسی تاثیر غلظت (صفر، ۰/۳۵، ۰/۷۰، ۱/۰۵، ۱/۴۰ و ۱/۷۵ میلی‌مولار) و زمان (پنجه‌زنی+ساقه‌روی+ظهورسنبله و ساقه‌روی+ظهورسنبله) محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید بر عملکرددانه و غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم در گیاه جو تحت شرایط غیرشور و شور (به ترتیب ۲ و ۱۲ دسی‌زیمنس برمتر) مطالعه‌ای مزرعه ای در مرکز ملی تحقیقات شوری طی سال های زراعی ۹۳-۱۳۹۱ اجرا گردید. نتایج نشان داد که تنش شوری باعث کاهش معنی‌دار عملکرددانه و غلظت پتاسیم و افزایش غلظت سدیم گردید، با این حال عملکرددانه بوته‌های جو تحت تاثیر محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید در زمان و غلظت‌های متفاوت به میزان قابل توجهی افزایش یافت. با توجه به معنی‌داری همبستگی منفی بین غلظت سدیم با عملکرد دانه؛ نقش تعدیل‌کنندگی سالیسیلیک اسید برای اثرات منفی تنش شوری نیز می‌تواند با اثر مثبت آن بر کاهش غلظت سدیم در ارتباط باشد. به طورکلی، بهترین تیمار را می‌توان محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید با غلظت ۱/۰۵ میلی‌مولار برای شرایط غیرشور و با غلظت ۷۰/۰ میلی‌مولار برای شرایط شور در دو مرحله ساقه‌روی+ظهور سنبله دانست که باعث افزایش عملکرد دانه به ترتیب به میزان ۶/۱۶ و ۶/۱۸ درصد گردیدند.

واژه های کلیدی: پتاسیم، تنش شوری، سدیم.

مقدمه
شور و قلیا شدن خاک‌ها مدت مدیدی است که یک مشکل جهانی است و هیچ قاره و اقلیمی عاری از خاک‌های متاثر از شوری با منشا اولیه یا ثانویه نیست. کشور ایران از نظر اقلیمی در زمره‌ی مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می‌شود. این روند به دلیل مدیریت نادرست آبیاری تشدید شده است (امام و همکاران، ۱۳۹۲).تنش شوری منجر به تغییرات بیوشیمیایی و پاسخ‌های فیزیولوژیک در گیاهان می‌شود و روی تمام مراحل نظیر فتوسنتز، رشد و توسعه گیاهان تاثیر می‌گذارد (Ashraf et al., ۲۰۱۰). پاسخ گیاهان به تنش شوری بسیار پیچیده است. اثرات بازدارندگی شوری می‌تواند در اثر تغییر در توازن هورمون‌های گیاهی در اثر تنش باشد. تنظیم‌کننده‌های رشدی چونسالیسیلیک اسید با ایجاد توازن در غلظت هورمون های گیاهی در کنترل پاسخ های گیاه به شرایطنامساعد شوری نقش مهمی دارند (Pirasteh-Anosheh et al., ۲۰۱۵). سالیسیلیک اسید (SA) یا اورتوهیدروکسی‌بنزوئیک‌اسید به‌وسیله سلول‌های ریشه تولید می شود ونقش زیادی در تنظیم فرایندهای فیزیولوژیک مختلف گیاه دارد (Hayat et al., ۲۰۰۵).
به‌طورکلی، با نگاهی به مقالات منتشر شده اثر مثبت سالیسیلیک اسید بر طیف وسیعی از صفات جوانه زنی، رشد، عملکرد، اجزای عملکرد، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاهان به ویژه در شرایط شور به خوبی مشخص شده است. اما هنوز غلظت بهینه برای محلول پاشی هنوز به خوبی مشخص نشده است. پاکار و همکاران، (۱۳۹۳) غلظت ۰/۱ تا ۵/۱ میلی مولار را برای دستیابی به بهترین تاثیر پیشنهاد دادند. پیرسته انوشه و همکاران (Pirasteh-Anosheh et al., ۲۰۱۵) غلظت های ۰/۲ و ۴۱/۱ میلی مولار را به ترتیب برای شرایط غیرشور و شور توصیه کردند.در حال حاضر بیشتر پژوهش‌هایی که درباره اثرهای فیزیولوژیک سالیسیلیک اسید انجام می شود درباره توانایی سالیسیلیک اسید در جهت تعدیل اثر منفی شوری در شرایط کنترل شده و به ویژه در مراحل اولیه زندگی گیاه انجام می شود. بنابراین، داده‌های قابل توجهی در رابطه با اثر سالیسیلیک اسید بر القای افزایش مقاومت گونه های مختلف گیاهی در مراحل اولیه شرایط شوری به دست آمده است، ولی تعداد کارهای مزرعه ای بسیار اندک است.این پژوهش به منظور بررسی اثر زمان و غلظت محلول پاشی سالیسیک اسید بر عملکرد، اجزای عملکرد و غلظت یون های گیاه جو در شرایط تنش شوری می باشد. همچنین مهمترین صفات موثر بر عملکرد نیز تعیین گردید.

مواد و روش‌ها
این پژوهش در مرکز ملی تحقیقات شوری در سال های زراعی ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲ به صورت آزمایش کرت های خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. فاکتورهای مورد نظر برای آزمایش شامل شوری در دو سطح آبیاری با آب مطلوب (۲ دسی زیمنس بر مترمربع) و با آب شور (۱۲ دسی زیمنس بر مترمربع) در کرت های اصلی و تیمارهای متفاوت مرحله

و غلظت کاربرد سالیسیلیک اسید در ۱۱ سطح شامل شاهد، محلول پاشی با غلظت های ۰/۳۵، ۰/۷، ۱/۰۵، ۱/۴ و ۱/۷۵ میلی مولار در مراحل پنجه زنی+ساقه روی+ظهور سنبله یا ساقه روی+ظهور سنبله در کرت های فرعی بود. بذرهای یکنواخت گیاه جو رقم نصرت در ردیف هایی به طول ۴ متر و با فاصله بین ردیف ۲۰ سانتی متر در کرت های ۴×۳ متری کاشته شد. بر اساس نتایج آزمون خاک، میزان ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص از منبع اوره به صورت تقسیط و ۶۰ کیلوگرم در هکتار فسفر خالص از منبع سوپرفسفات تریپل در زمان کاشت به خاک اضافه شد. در طول فصل رشد گیاه به منظور تعیین شوری خاک تا عمق ۹۰ سانتی متری در ۴ مرحله نمونه خاک تعیین گردید. میانگین شوری عصاره گل اشباع در این عمق در طول فصل رشد در کرت های غیرشور و شور به ترتیب برابر با ۹/۲ و ۶/۱۱ دسی زیمنس بر متر بود. تنش شوری پس از مرحله استقرار کامل گیاهچه از طریق آبیاری با شوری های مدنظر اعمال شد. آب شور (۱۲ دسی زیمنس بر متر) از ترکیب دو استخر موجود در مزرعه با شوری های ۲ و ۱۴ دسی زیمنس به دست آمد. محلول پاشی سالیسیلیک اسید نیز یک هفته پس از اعمال شوری از طریق سمپاش موتوری انجام گردید. در پایان فصل رشد در زمان رسیدگی فیزیولوژیک، کل بوته های جو همه کرت (۱۲ مترمربع) برداشت شده و عملکرد دانه اندازه گیری و برای یک مترمربع محاسبه شدند. غلظت عناصر سدیم و پتاسیم بر اساس روش شعله سنجی توسط دستگاه فلیم فتومتر تعیین شدند. تجزیه واریانس داده ها و مقایسه میانگین ها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد توسط نرم افزار SAS انجام صورت گرفت. ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه با سایر صفات اندازه گیری شده توسط نرم افزار MINITAB برآورد شد. پس از تجزیه مرکب داده های، با توجه به معنی دار نشدن اثر برهمکنش سال با همه اثرات دیگر، میانگین دو سال مورد مقایسه میانگین قرار گرفت.

نتایج و بحث

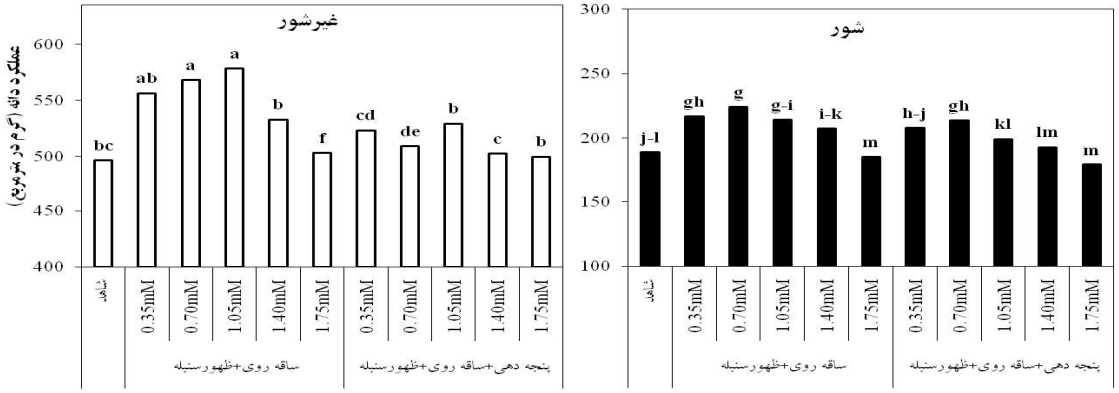
بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر تنش شوری، محلول پاشی سالیسیلیک اسید و برهمکنش آن ها بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد. به طور کلی تنش شوری موجب کاهش قابل ملاحظه ای در عملکرد دانه بوته های جو شد (جدول ۱). این کاهش به طور میانگین برابر با ۵/۶۱ درصد بود. بر اساس مقایسه میانگین برهمکنش ها؛ کاهش معنی دار عملکرد دانه (شکل ۱) در اثر تنش شوری در همه تیمارهای شاهد و سالیسیلک اسید به ثبت رسید؛ ولی با این وجود در بین تیمارهای مختلف محلول پاشی سالیسیلیک اسید واکنش های متفاوتی مشاهده شد. شوری با اثرات متفاوتی که به صورت مستقیم و غیر مستقیم بر متابولیسم دارد، سبب کاهش تولید ماده خشک می گردد (امام و همکاران، ۱۳۹۲). اگرچه به طور کلی سالیسیلیک اسید موجب افزایش عملکرد دانه گردید، ولی این اثر مثبت به شدت با غلظت آن همبستگی داشت. پاکار و همکاران (۱۳۹۳)،متوالی و همکاران (۲۰۰۳)، الطیب (۲۰۰۵) و پیرسته انوشه و همکاران (۲۰۱۵) مشاهده کردند که کاربرد سالیسیلیک اسید باعث افزایش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک جو گردید.

جدول ۱. تاثیر آبیاری با آب شور بر عملکرد و تجمع یون های سدیم و پتاسیم در جو

شوری (dS m-۱)	عملکرد دانه (g m-۲)	غلظت سدیم (%)	غلظت پتاسیم (%)
۲	۵۲۷.۰۴a	۱.۵۸b	۱.۶۵a
۱۲	۲۰۲.۸۴b	۲.۱۱a	۱.۱۱b

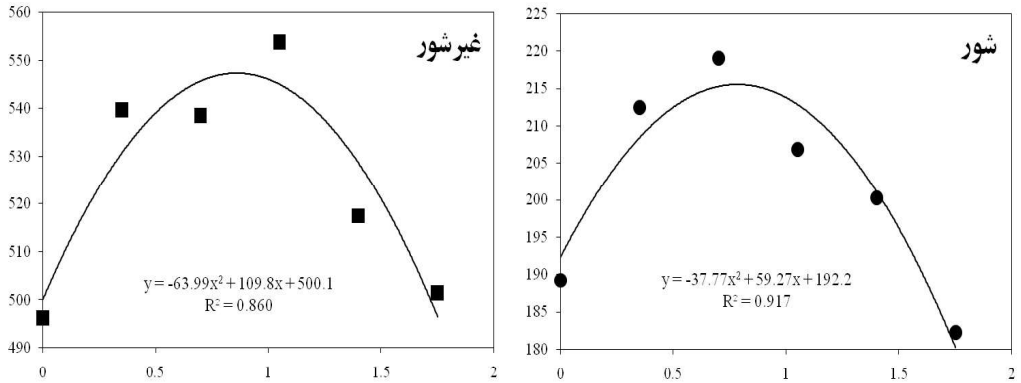
میانگین های با حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۱% تفاوت معنی دار ندارند.

در شرایط غیر شور، بیشترین عملکرد دانه از تیمارهای SE۱.۰۵ و SE۰.۷۰ به ترتیب برابر با ۵/۵۷۸ و ۲/۵۶۸ گرم در مترمربع به دست آمد. در شرایط شور نیز SE۰.۷۰ با عملکردی برابر با ۴/۲۲۴ گرم در مترمربع بیشترین عملکرد دانه را داشت (شکل ۱). از سوی دیگر، کمترین عملکرد دانه در شرایط غیرشور در تیمارهای شاهد (۱/۴۹۶ گرم در مترمربع) و محلول پاشی TSE۱.۷۵ (۵/۴۹۹ گرم در مترمربع) و در شرایط شور در تیمارهای شاهد (۲/۱۸۹ گرم در مترمربع)، SE۱.۷۵ (۵/۱۸۵ گرم در مترمربع)، و TSE۱.۷۵ (۰/۱۷۹ گرم در مترمربع) مشاهده شد (شکل ۱). به طور کلی بیشترین کاهش عملکرد در اثر تنش شوری در تیمارهای محلول پاشی SE۱.۷۵ (۱/۶۳ درصد) و TSE۱.۷۵ (۱/۶۴ درصد) بود. تیمارهای SE۰.۷۰ و TSE۰.۷۰ به ترتیب با ۵/۶۰ و ۰/۵۸ درصد کاهش، کمترین میزان کاهش عملکرد در اثر تنش شوری را داشتند (شکل ۱).



شکل ۱. عملکرد دانه جو تحت تاثیر محلول پاشی سالیسیلیک اسید در غلظت ها و زمان های مختلف در شرایط غیرشور و شور. میانگین های با حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن در سطح یک درصد تفاوت معنی دار ندارند.

به طور کلی در شرایط شور غلظت های پایین تر تاثیر بهتری را از خود نشان دادند و منحنی پاسخ عملکرد به غلظت سالیسیلیک اسید در شرایط شور زودتر رو به کاهش نهاد (شکل ۲). این بدین معنی است که در شرایط غیرشور غلظت های بالاتر و در شرایط شور غلظت های پایین تر تاثیر بهتری دارند. در هر دو شرایط با افزایش غلظت به ۷۵/۱ میلی مولار تاثیر مثبت آن به طور قابل توجهی کاهش یافت. پاکار و همکاران (۱۳۹۳) بیشترین تاثیر مثبت سالیسیلیک اسید در تعدیل اثرات منفی تنش شوری هم بر عملکرد دانه و هم بر عملکرد بیولوژیک بوته های جو در غلظت ۵/۱ میلی مولار مشاهده کرد. پیرسته انوشه و همکاران (Pirasteh-Anosheh et al., ۲۰۱۵) نیز با بررسی تاثیر غلظت های متفاوت شوری بر جو بیان داشتند که در دو سال آزمایش غلظت های ۰/۱ تا ۵/۱ میلی مولار بیشترین اثرات تعدیل کنندگی را داشتند. این پژوهشگران نشان دادند که غلظت ۲ میلی مولار در شرایط شور تاثیر منفی بر رشد و عملکرد جو داشت.



شکل ۲. رابطه بین غلظت محلول پاشی سالیسیلیک اسید با عملکرد دانه در شرایط غیرشور و شور

نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد که تنها اثرات اصلی تنش شوری و سالیسیلیک اسید بر غلظت سدیم شاخساره به ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی دار شد. غلظت پتاسیم نیز تنها تحت تاثیر معنی دار شوری در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت. تنش شوری موجب افزایش غلظت سدیم و کاهش غلظت پتاسیم شد (جدول ۱)؛ به طوری که بوته های رشد یافته در شرایط شور به میزان ۷/۳۳ درصد سدیم بیشتری در شاخساره خود بودند. همچنین غلظت پتاسیم در شاخساره بوته های تحت شرایط غیرشور به میزان ۰/۴۹ درصد بیشتر از بوته های تحت شرایط شور بود.مطالعات نشان میدهد که افزایش غلظت نمك در محیط رشد گیاهان باعث افزایش غلظت سدیم میگردد. غلظتهای بالای نمک میتواند یک اثر رقابتی را در جذب یونها به وجود بیاورد. درغلظت بالای نمک، غلظت یون سدیم افزایش و غلظت یون پتاسیم در گیاه کاهش مییابدو باعث کمبود پتاسیم میگردد (Noble and Rogers, ۱۹۹۲). نسبت سدیم به پتاسیم میتواند به عنوان شاخصی مناسب در مورد اثرات متضاد سدیم و پتاسیم در گیاه مطرح باشد. این نسبت در بافت گیاه به عنوان شاخص سمیت سدیم بکار برده میشود. پایین بودن نسبت سدیم به پتاسیم به معنی کم بودن سمیت سدیم یا تحمل بالای گونه گیاهی مورد نظر میباشد (Schatchman et al., ۱۹۹۱).

جدول ۲. تاثیر غلظت و زمان محلول پاشی سالیسیلیک اسید بر تجمع یون های سدیم و پتاسیم در جو

مرحله کاربرد	غلظت (میلی مولار)	غلظت سدیم (%)		غلظت پتاسیم (%)	
شاهد		۲.۱۴	a	۱.۳۷	a
پنجه زنی+ساقه روی+ ظهور سنبله	۳۵/۰	۲.۰۱	bc	۱.۲۸	a
	۷۰/۰	۱.۷۱	d	۲.۰۶	a
	۰۵/۱	۲.۱۰	ef	۱.۳۶	a
	۴۰/۱	۱.۷۴	ef	۱.۴۱	a
	۷۵/۱	۱.۶۰	ab	۱.۲۱	a
ساقه روی+ظهور سنبله	۳۵/۰	۱.۸۵	cd	۱.۲۵	a
	۷۰/۰	۱.۶۹	e	۱.۲۸	a
	۰۵/۱	۱.۸۸	g	۱.۲۵	a
	۴۰/۱	۱.۴۹	fg	۱.۱۸	a
	۷۵/۱	۲.۰۸	ab	۱.۴۶	a

میانگین های با حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی دار ندارند.

جدول ۳. ضرایب همبستگی عملکرد دانه با تجمع یون ها در دو شرایط و غیرشور

	غلظت سدیم	غلظت پتاسیم
غیرشور	۰.۱۷۰ns	-۰.۰۸۱ns
شور	-۰.۴۳۸*	-۰.۰۷۹ns

ns: غیرمعنی دار؛ * و ** به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

بیشترین غلظت سدیم در تیمار شاهد بدون کاربرد سالیسیلیک اسید بود، و همه تیمارهای محلول پاشی سالیسیلیک اسید دارای غلظت سدیم کمتری بودند (جدول ۲). غلظت سدیم شاخساره در تیمارهای TSE۱۴۰، TSE۱۰۵، TSE۰۷۰، TSE۰۳۵ و TSE۱۷۵ به ترتیب معادل ۱/۲۰، ۱/۶، ۷/۱۸، ۶/۱۸ و ۲/۲۵ درصد کمتر از تیمار شاهد بود. این مقادیر برای تیمارهای SE۱۴۰، SE۱۰۵، SE۰۷۰، SE۰۳۵ و SE۱۷۵ به ترتیب برابر با ۵/۱۳، ۰/۲۱، ۱/۱۲، ۴/۳۰ و ۹/۲ درصد بود. غلظت سدیم در شرایط شور به طور معنی دار با عملکرد دانه همبستگی منفی (۴۳۸/۰-) داشت (جدول ۳).پژوهشگران بر این باورند که سالیسیلیک اسید هم «جذب سدیم از محلول خاک توسط ریشه» و هم «انتقال سدیم از ریشه به اندام های هوایی» را در شرایط شور کاهش می دهد (Hayat et al., ۲۰۰۵; Ashraf et al., ۲۰۱۰). برخی مطالعات پیشین نیز نشان دادند که کاربرد سالیسیلیک اسید می تواند بخشی از اثرات تنش شوری که موجب افزایش سدیم بوته های جو گردید، را جبران کند (پاکار و همکاران، ۱۳۹۳؛ El-Tayeb, ۲۰۰۵; Mutlu et al., ۲۰۱۳).

به طور کلی محلول پاشی سالیسیلیک اسید بسته به زمان و غلظت های متفاوت توانست عملکرد دانه جو را افزایش دهد. بهترین تیمار را می‌توان تیمار محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید با غلظت ۰۵/۱ میلی مولار برای شرایط غیرشور و با غلظت ۷۰/۰ میلی‌مولار برای شرایط شور در دو مرحله ساقه‌روی+ظهور سنبله دانست.

منابع

امام ی.، حسینی ا.، رفیعی ن. و پیرسته انوشه، ه. ۱۳۹۲. رشد اولیه و جذب یون های سدیم و پتاسیم در ده رقم جو در شرایط تنش شوری. مجله فیزیولوژی گیاهان زراعی، شماره ۱۹، صفحه‌های ۵ تا ۱۵.

پاکار ن.، پیرسته انوشه،ه. امام، ی. ۱۳۹۳. اثر غلظت‌های متفاوت سالسیلیك‌اسید بر ویژگی‌های کمی و کیفی جو در شرایط تنش شوری. مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی، شماره ۱۴، صفحه‌های ۱۹۱ تا ۲۰۱.

Ashraf, M., Akram, N.A., Arteca, R.N. and Foolad, M.R. ۲۰۱۰.The physiological, biochemical and molecular roles of brassinosteroids and salicylic acid in plant processes and salt tolerance. Critical Reviews in Plant Science, ۲۹: ۱۶۲-۱۹۰.

El-Tayeb, M.A. ۲۰۰۵. Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Journal of Plant Growth Regulation, ۴۵: ۲۱۵-۲۲۴.

Hayat, S., Fariduddin, Q., Ali, B. and Ahmad, A., ۲۰۰۵.Effect of salicylic acid on growth and enzyme activities of .wheat seedlings.ActaAgronomicaHungarica, ۵۳: ۴۳۳-۴۳۷
Metwally, A., Finkmeier, A., George, M. and Dietz, K. ۲۰۰۳. Salicylic acid alleviates the cadmium toxicity in .barley seedling. Plant Physiology, ۱۳۲۱: ۲۷۲-۲۸۱
Mutlu, S., Karadagoglu, O., Atici, O., Tasgin, E. and Nalbantoglu, B. ۲۰۱۳.Time-dependent effect of salicylic acid on alleviating cold damage in two barley cultivars differing in cold tolerance. Turkish Journal of Botany, ۳۷: .۳۴۳-۳۴۹
Noble, C.L. and M.E. Rogers. ۱۹۹۲. Arguments for the use of physiological criteria for improving the salt .tolerance in crops. Plant Physiology, ۱۴۶: ۹۹-۱۰۷
Pirasteh-Anosheh, H., Emam, Y. and Sepaskhah, A.R. ۲۰۱۵.Improving barley performance by proper foliar .applied salicylic-acid under saline conditions. International Journal of Plant Production, ۹: ۴۶۷-۴۸۶
Schatchman, D.P., Munns, R. Whitecross, M.I. ۱۹۹۱. Variation in sodium exclusion and salt tolerance in .Triticumtauschii. Crop Science, ۳۱: ۹۹۲-۹۹۷

Abstract:

To evaluate the effect of concentration (۰.۰, ۰.۳۵, ۰.۷۰, ۱.۰۵, ۱.۴۰ and ۱.۷۵ mM) and time (tillering+stemelongation+ear emergence and stem elongation+ear emergence) of salicylic acid (SA) foliar application on grain yield and ion accumulation on barley under non-saline and saline conditions (۲ and ۱۲ dSm^{-1}, respectively), a field experiment was done in National Salinity Research Center during ۲۰۱۲-۲۰۱۳ and ۲۰۱۳-۲۰۱۴ growing seasons. Results showed that salt stress decreased yield components and potassium concentration and decreased sodium concentration; however, grain yield of barley plants were increased when treated by SA foliar application at different time and concentrations. In regard to negative correlation between sodium concentration and grain yield, the positive impact of SA could be due to its effect on reduction of sodium concentration. In addition, SA foliar application by ۱.۰۵ and ۰.۷۰ mM at stem elongation+ear emergence could be considered as the best treatments in non-saline and saline conditions; which increased grain by ۱۶.۶%, ۱۸.۶%,