Archive of SID

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۴۶، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۴ (ص ۶۰۴-۵۹۱)

تأثیر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی چغندرقند در شرایط تنش شوری

مریم محمدی چراغ‌آبادی[1*]، حبیب‌اله روشنفکر[2]، پیمان حسیبی[3] و موسی مسکرباشی[4]
۱، ۲، ۳ و ۴. دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، استادیاران و دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات،
دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۲/۱۰ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۵/۳)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر اسید سالیسیلیک بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی چغندرقند در شرایط تنش شوری برای شناسایی صفات مربوط به تحمل شوری، آزمایشی به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح پایهٔ بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به صورت گلدانی، در سال زراعی ۱۳۹۲-۱۳۹۱ در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشگاه شهید چمران اهواز انجام شد. عامل‌های مورد بررسی شامل اسید سالیسیلیک با غلظت‌های۰ (شاهد)، ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار به عنوان کرت اصلی، تنش شوری در دو سطح ۰ (شاهد) و ۱۵۰ میلی‌مولار و دو رقم چغندرقند شریف و جلگه بود. محلول-پاشی برگی در مرحلهٔ ۴ برگی، همزمان با تنش شوری انجام شد. نتایج نشان داد که تیمار اسید سالیسیلیک افزون بر افزایش معنی‌دار سطح برگ، سبزینهٔ (کلروفیل) برگ، هدایت روزنه‌ای، عملکرد کوانتومی نظام نوری (فتوسیستم) دو، بیشینه عملکرد کوانتومی نظام نوری دو، کل قندهای محلول و پرولین، موجب کاهش نفوذپذیری نسبی غشا نسبت به تیمار شاهد در شرایط تنش شوری شد. همچنین تیمار تنش شوری موجب کاهش معنی‌دار هدایت روزنه‌ای، سبزینهٔ برگ، عملکرد کوانتومی نظام نوری دو و بیشینه عملکرد کوانتومی نظام نوری دو شد، درحالی‌که نفوذپذیری نسبی غشا، کل قندهای محلول و پرولین به طور معنی‌داری افزایش یافت. بنابراین با توجه به نتایج به‌دست‌آمده به نظر می‌رسد استفاده از تیمار اسید سالیسیلیک در گیاه چغندرقند در شرایط تنش شوری با تحریک رشد و سوخت‌وساز، موجب تحمل به تنش شوری می‌شود.

واژه‌های کلیدی: پرولین، تحمل شوری، عملکرد کوانتومی، نفوذپذیری نسبی غشا.

مقدمه

شوری از جمله مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که گسترش آن، یکی از مهم‌ترین چالش‌های پیش روی کشاورزی نوین در ایران به شمار می‌آید (Joodmand *et al.*, 2008). در دسترس نبودن دانش کافی از ویژگی‌های زیست‌شیمیایی و فیزیولوژیکی پایه، در مورد اثرگذاری‌های زیان‌آور شوری بر رشد و عملکرد ریشهٔ چغندرقند در مناطق شور موجب لزوم بررسی جامع‌تر این گیاه تجارتی ارزشمند بیش‌ازبیش شده است. بنابراین، افزایش دانش پایه، سبب درک بهتر ویژگی‌های زیست‌شیمیایی و فیزیولوژیکی و شناخت سازوکار (مکانیزم)های تحمل یا حساسیت به شوری در چغندرقند می‌شود (Asadinasab *et al.*, 2013).

تنش شوری یکی از عامل‌های اصلی کاهش‌دهندهٔ رشد و عملکرد بسیاری از محصولات کشاورزی در سراسر جهان است. گزارش‌های بسیاری نشان می‌دهد،

* تلفن: ۰۹۳۷۷۵۰۶۲۷۸
E-mail: salviamohammady@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

تنش شوری بسته به شدت آن بر نورساخت (فتوسنتز) تأثیر می‌گذارد. کارایی نورساخت به توالی فرایندهای سوخت‌وسازی (متابولیک) مانند واکنش‌های نورشیمیایی، آنزیم‌های دخیل در تثبیت کربن، ساختار دستگاه نورساختی و انتقال حدواسط‌های نورساختی بین اجزای یاخته‌ای بستگی دارد. بنابراین، در تنش شوری آنچه نورساخت را تحت تأثیر قرار می‌دهد، کاهش میزان رنگدانه‌های نورساختی، کاهش سطح برگی (کاهش سطح نورساختی)، کاهش دسترسی به CO_2 به علت بسته شدن روزنه‌ها (کاهش هدایت روزنه‌ای)، کاهش هدایت میان‌برگی یا مزوفیلی (به علت کاهش نفوذپذیری غشا به CO_2 در اثر دهیدراته شدن غشاهای یاخته‌ای)، تغییر در فعالیت آنزیم‌ها به علت تغییرات در ساختار سیتوپلاسمی (آنزیم‌های روبیسکو و چرخهٔ کالوین)، سمیت نمک، افزایش پیری القاشده توسط شوری و آسیب اکسایشی (اکسیداتیو) به غشاهای نورساختی است (Orcutt & Nilsen, 2000; Parida & Das, 2005). به نظر می‌رسد در گیاهان متحمل که رشد و عملکرد آنها کمتر تحت تأثیر شوری قرار می‌گیرد، نورساخت نخستین فرایندی است که به تنش حساسیت بیشتری نشان می‌دهد (Niazi *et al.*, 2004). البته صفاتی همچون نورساخت و هدایت روزنه‌ای بر پایهٔ موقعیت برگ روی تاج‌پوشش و با مرور زمان و پیشرفت تنش تغییر کرده و بنابراین اندازه‌گیری در زمان مناسب که تفاوت‌های ژنتیکی بیشینه و منابع تغییر دیگر کمینه باشد، کار دشواری است (Ober *et al.*, 2005). تأثیر تنش‌های محیطی بر میزان سبزینه (کلروفیل) در گزارش‌های مختلف متفاوت است.گزارش شده که تنش خشکی موجب کاهش ۳ درصدی میزان سبزینه در چغندرقند می‌شود اما نمی‌تواند به عنوان معیاری مشخص برای تمایز ژنوتیپ‌ها به‌کار رود. بنابراین به نظر می‌رسد که فلورسانس سبزینه بتواند شاخص بهتری برای نشان دادن آسیب به دستگاه نورساختی چغندرقند در مقابل تنش باشد (Shaw *et al.*, 2002). افزون بر این محققان گزارش کردند که تجمع پرولین در برگ، راهکار سازشی مهمی برای تحمل به نمک است (Hale *et al.*, 1998). به نظر می‌رسد پرولین در بسیاری از گونه‌های گیاهی و در بسیاری از شرایط تنش از قبیل خشکی، شوری، دما و شدت نور زیاد تجمع می‌یابد (Claussen, 2005).

اسید سالیسیلیک یک ترکیب فنلی ساده است که در بسیاری از فرایندهای رشد و نمو گیاهی دخالت می‌کند (Arnao *et al.*, 1996). اسید سالیسیلیک نقش مهمی در ایجاد مقاومت به تنش‌های محیطی بر عهده دارد (Raskin, 1992). با وجود این آگاهی‌های اندکی در مورد تأثیر اسید سالیسیلیک بر عملکرد گیاهان صنعتی مانند چغندرقند در دست است. از سویی کاربرد برگی اسید سالیسیلیک به عنوان یک راهکار ارزشمند، به ویژه در عرصهٔ فعالیت‌های نوین کشاورزی در زمینهٔ گیاهان زراعی مطرح است. Aftab *et al.* (2010) گزارش کردند که کاربرد برگی اسید سالیسیلیک طیف گسترده‌ای از فرایندها را در گیاهان تحت تأثیر قرار می‌دهد که شامل جوانه‌زنی بذر، بسته شدن روزنه، جذب و انتقال یون، نفوذپذیری غشا، نورساخت و رشد گیاه است. در پژوهشی مشخص شد که محتوای پرولین در گیاهان تیمارشده با اسید سالیسیلیک افزایش اندکی نشان داد که با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک محسوس‌تر بود (Kiarostami *et al.*, 2013). افزون براین تیمار اسید سالیسیلیک در شرایط بدون تنش شوری موجب کاهش محتوای قندهای محلول نسبت به گیاهان شاهد شد (Khoshbakht *et al.*, 2013).

لذا با توجه به اینکه تنش شوری یکی از چالش‌های اصلی کشاورزان است و طیف گسترده‌ای از فرایندهای گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد و از سویی اثرگذاری‌های تنش شوری در گیاهان مختلف متفاوت بوده و علت کاهش رشد بر حسب گیاه فرق می‌کند، هدف از این تحقیق تعیین اثرگذاری‌های کاربرد برگی اسید سالیسیلیک بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی دو رقم چغندرقند در شرایط تنش شوری بود.

مواد روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۹۱ در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز، با موقعیت جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۱ دقیقهٔ شرقی (طول جغرافیایی) و ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقهٔ شمالی (عرض

www.SID.ir

Archive of SID

جغرافیایی) با ارتفاع ۲۰ متر از سطح دریا انجام شد. آزمایش به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. در این آزمایش سه عامل بررسی شد. عامل اول، محلول‌پاشی برگی با اسید سالیسیلیک در سه سطح، شامل ۰، ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار به عنوان کرت اصلی بود. عامل دوم، تیمار آبیاری با آب شور در دو سطح شوری، شامل آب تصفیه‌شدهٔ شهری (شاهد) و آبیاری با آب حاوی ۱۵۰ میلی‌مولار NaCl بود و عامل سوم شامل دو رقم جلگه و شریف بود، که ترکیب تیماری رقم‌ها و سطوح شوری به صورت فاکتوریل به طور تصادفی به کرت‌های فرعی اختصاص یافت. پیش از خاک‌گیری گلدان‌ها، از خاک مورد استفاده در آزمایش نمونه‌برداری شد و مورد تجزیهٔ شیمیایی قرار گرفت (جدول ۱).

جدول ۱. نتایج آزمون خاک گلدان

مواد آلی (درصد)	پتاسیم (میلی‌گرم برکیلوگرم)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	نیتروژن (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	اسیدیته -	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	بافت -
۱/۲	۲۲۰	۵	۰/۱۱	۷/۸	۲	لوم شنی

در طول دورهٔ رشد، متناسب با نیاز گیاه و رطوبت خاک گلدان، آبیاری‌ها به طور منظم انجام شد. اعمال تنش شوری از مرحلهٔ چهاربرگی، با ۲۵ میلی‌مولار آغاز و به صورت پلکانی افزایش یافت، تا به سطح تیمار مورد نظر رسید. برای پرهیز از تجمع املاح، هر ده روز یک بار نمونهٔ خاک یک گلدان از هر تیمار را گرفته و EC آنها اندازه‌گیری شد و درصورتی‌که EC بیشتر از تیمار مورد نظر بود، با آبشویی (آب تصفیه‌شده) به حد تیمار کاهش یافت (Asadinasab *et al.*, 2013). محلول‌پاشی برگی با اسید سالیسیلیک همزمان با اعمال تنش شوری آغاز شد، به این صورت‌که هفته‌ای یک بار برگ‌ها به‌طور کامل با محلول اسید سالیسیلیک پاشش شدند. نمونه‌برداری‌ها یک هفته پس از اعمال تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار (۱۵/۱ دسی‌زیمنس بر متر) آغاز و به فاصلهٔ زمانی هر هفته یک بار صورت گرفت. نخستین اندازه‌گیری نفوذپذیری نسبی غشا (RMP)، فلورسانس سبزینه، هدایت روزنه‌ای و غلظت نسبی سبزینهٔ برگ، ۶۸ روز پس از کاشت انجام شد. نمونه‌برداری‌ها در تاریخ ۱۳۹۱/۱۲/۱۵ آغاز شد و آخرین نمونه‌برداری در تاریخ ۱۳۹۲/۱/۲۶ صورت گرفت، درحالی‌که مدت زمان کل آزمایش ۲۱۰ روز طول کشید. در نهایت تأثیر کاربرد برگی اسید سالیسلیک بر شاخص‌های مورد بررسی با توجه به تنش اعمال‌شده و رقم‌های آزمایش، تعیین شد.

اندازه‌گیری سطح برگ

به منظور اندازه‌گیری سطح برگ توسط دستگاه Leaf Area Meter در برداشت آخر برگ‌های سه نمونهٔ گیاهی جدا شده و اندازه‌گیری سطح برگ صورت گرفت و سپس سطح برگ تک‌بوته به‌دست آمد.

اندازه‌گیری وزن خشک و محتوای سدیم ریشه

به منظور بررسی تأثیر تنش شوری بر وزن خشک ریشه، نمونه‌های تازهٔ گیاهی (سه گیاه) از هر تیمار برداشت و پس از پاک‌سازی، جدا کردن اجزا و قطعه قطعه کردن (تهیهٔ پولپ) با استفاده از ترازوی دیجیتالی توزین شد. سپس نمونه‌ها درون پاکت ریخته شده و به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجهٔ سلسیوس قرار داده شد و دوباره توزین شد و در نهایت وزن تک‌بوته تعیین شد. نمونه‌های خشک‌شده با آسیاب، پودر شدند. اندازه‌گیری محتوای سدیم ریشه با استفاده از روش Hamada & Elnay (1994) صورت گرفت.

اندازه‌گیری نفوذپذیری نسبی غشا (RMP)

اندازه‌گیری نفوذپذیری نسبی غشا به روش Zhao *et al.* (1991) انجام شد. بدین صورت‌که از آخرین برگ توسعه‌یافته برای هر تیمار نمونه‌برداری شد و قطعه‌هایی به اندازهٔ ۱ سانتی‌مترمربع از هر برگ جدا شدند (۰/۸ گرم وزن تازهٔ برگ) و در فالکون‌های

www.SID.ir

Archive of SID

حاوی ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر قرار گرفتند. پس از ۳۰ ثانیه نوک (ورتکس) نمونه‌ها، هدایت الکتریکی (EC_0) هر نمونه با استفاده از دستگاه EC متر اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴+ درجهٔ سلسیوس نگهداری و سپس EC_1 اندازه‌گیری شد و نمونه‌ها ۱۵ دقیقه در اتوکلاو (+۱۱۰°C) قرار داده و پس از خنک شدن در دمای اتاق EC_2 اندازه‌گیری شدند. نفوذپذیری نسبی غشا با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

$$RMP\ (\%) = ((EC_1 - EC_0) / (EC_2 - EC_0)) \times 100$$

اندازه‌گیری فلورسانس سبزینه

فلورسانس سبزینه در شرایط روشنایی و تاریکی توسط دستگاه فلورسانس‌متر ارزیابی شد. بدین صورت‌که در ساعت ۱۰ صبح از آخرین برگ توسعه‌یافته برای هر تیمار در سه نقطه اندازه‌گیری و میانگین آن محاسبه شد. مؤلفه‌های فلورسانس سبزینه شامل عملکرد کوانتومی نظام نوری دو (Φ_{PSII}) و بیشینه عملکرد کوانتومی نظام نوری دو (Fv/Fm) طی چهار مرحله با استفاده از روش Maxwell & Johnson (2000) اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری میزان هدایت روزنه‌ای

روند تغییرات هدایت روزنه‌ای در برگ طی سه مرحله، توسط دستگاه هدایت‌سنج روزنه‌ای (پرومتر) مدل ELE، اندازه‌گیری شد. بدین صورت‌که از آخرین برگ توسعه‌یافته برای هر تیمار از سه بوته اندازه‌گیری و میانگین آن محاسبه شد.

اندازه‌گیری غلظت نسبی سبزینه

روند تغییرات عدد SPAD در برگ در هفت مرحله، به طور هفتگی توسط دستگاه سبزینه‌متر، اندازه‌گیری شد. بدین ترتیب که از آخرین برگ توسعه‌یافته برای هر تیمار در سه نقطه اندازه‌گیری و میانگین آن محاسبه شد.

اندازه‌گیری میزان کل قندهای محلول و محتوای پرولین

به منظور اندازه‌گیری میزان کل قندهای محلول در برگ و محتوای پرولین با استفاده از مادهٔ خشک گیاهی، در مرحلهٔ برداشت پایانی، در آغاز اندام هوایی سه گیاه برداشت شد و نمونه‌ها در آون در دمای ۷۰ درجهٔ سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد، سپس نمونه‌های خشک‌شده با استفاده از آسیاب، پودر شد. میزان کل قندهای محلول و محتوای پرولین به ترتیب با استفاده از روش Bates *et al.* (1973) و Shlegil (1986) تعیین شد.

محاسبات آماری طرح

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SAS و برای مقایسهٔ میانگین‌ها از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵درصد استفاده شد. نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel ترسیم شدند.

نتایج و بحث

تجزیهٔ واریانس شاخص‌های فیزیولوژیکی مورد بررسی در سطوح مختلف محلول‌پاشی اسید سالسیلیک در دو رقم چغندرقند همزمان با تنش شوری نشان داد که تیمار اسید سالیسیلیک و تنش شوری بر سطح برگ، سبزینهٔ برگ، هدایت روزنه‌ای، عملکرد کوانتومی نظام نوری دو و بیشینه عملکرد کوانتومی نظام نوری دو، نفوذپذیری نسبی غشا، کل قندهای محلول و پرولین در سطح احتمال ۱ درصد تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۲).

سطح برگ

نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که اثر متقابل اسید سالیسیلیک و شوری و رقم بر سطح برگ معنی‌دار شد ($P\leq ۰/۰۱$). کاربرد برگی اسید سالیسیلیک در هر دو غلظت ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار در شرایط تنش و بدون تنش سطح برگ هر دو رقم را افزایش داد (شکل ۱)، که این افزایش در غلظت ۰/۵ میلی‌مولار بیشتر بود. بیشترین و کمترین سطح برگ به ترتیب در رقم جلگه در غلظت ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در شرایط بدون تنش به میزان ۳۰۴/۰۴ سانتی‌متر مربع و در رقم جلگه در غلظت ۰ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در شرایط تنش به میزان ۱۴۰/۲۷ سانتی‌متر مربع به‌دست آمد.

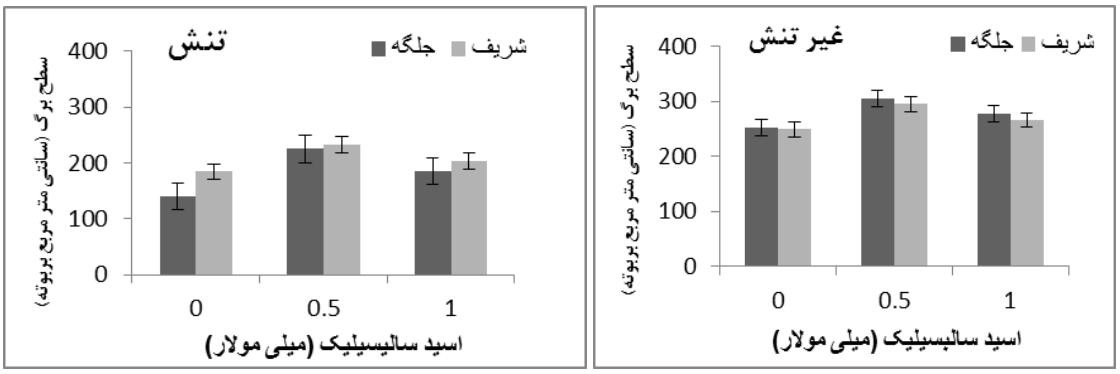
www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲. جدول تجزیهٔ واریانس صفات سطح برگ، سبزینهٔ برگ، هدایت روزنه‌ای، عملکرد کوانتومی نظام نوری دو، بیشینه عملکرد کوانتومی نظام نوری دو، نفوذپذیری نسبی غشا، کل قندهای محلول، پرولین، وزن خشک ریشه و محتوای سدیم ریشه

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	سطح برگ	سبزینهٔ برگ	هدایت روزنه‌ای	نفوذپذیری نسبی غشا	بیشینه عملکرد کوانتومی نظام نوری دو	عملکرد کوانتومی نظام نوری دو	کل قندهای محلول	پرولین	وزن خشک ریشه	محتوای سدیم ریشه
بلوک	۲	۰/۱۱^{ns}	۰/۶۴^{ns}	۰/۰۰۵^{ns}	۱/۵۳^{ns}	۰/۰۰۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۳^{ns}	۱۷/۰۶^{ns}	۸/۷۷^{ns}	۴/۹۸^{ns}	۰/۱۴^{ns}
اسید سالیسیلیک	۲	۱۰۰۱۵/۲۷**	۱۱/۵۶**	۰/۰۸**	۵۰۱/۸۱**	۰/۰۰۲**	۰/۰۱**	۲۷۴۲/۷۱**	۳۱۳/۷۸**	۳۶۰/۰۶**	۰/۳۳*
بلوک × اسید سالیسیلیک (خطای اول)	۴	۰/۳۹	۰/۴۲	۰/۰۰۲	۰/۷۲	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۰۰۰۶	۲۲/۶۵	۷/۴۲	۴/۰۳	۰/۰۰۲
رقم	۱	۵۴۹/۱۲**	۰/۶۴^{ns}	۰/۱۱**	۰/۴۱^{ns}	۰/۰۰۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۰۳^{ns}	۳۱۶۱/۰۶**	۷/۱۴^{ns}	۵۶۲/۸۷**	۱/۲۹**
شوری	۱	۵۵۸۷۸/۶۶**	۴۳/۵۶**	۰/۲۹**	۱۲۰۸/۳۷**	۰/۰۴**	۰/۲۶**	۸۵۵۸/۷۲**	۱۳۶۶/۱۶**	۱۲۲۲/۰۸**	۱۰/۰۳**
اسید سالیسیلیک × رقم	۲	۳۸۰/۲۴**	۲/۶۶*	۰/۰۰۴^{ns}	۷/۰۸**	۰/۰۰۰۰۳^{ns}	۰/۰۰۰۲^{ns}	۲۶۸۲/۷۶**	۱۹/۱۷^{ns}	۴۲/۴۷**	۰/۰۰۴^{ns}
اسید سالیسیلیک × شوری	۲	۲۴۱/۷۵**	۳/۵۲*	۰/۰۳**	۱۲۰۰/۵۴**	۰/۰۱**	۰/۰۳**	۱۵۳/۹۳**	۱۱۱/۷۷**	۱/۷۸^{ns}	۰/۱۹*
رقم × شوری	۱	۲۱۲۳/۶۷**	۰/۸۱^{ns}	۰/۰۲*	۸۶/۴۶**	۰/۰۰۰۵**	۰/۰۰۳**	۸۳۱/۵۵**	۵۹/۴۲*	۳۴۲/۰۶**	۴/۰۱**
اسید سالیسیلیک × رقم × شوری	۲	۱۷۳/۵۰**	۰/۵۰^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۲/۶۱^{ns}	۰/۰۰۰۱*	۰/۰۰۰۶*	۱۰۰۸/۸۸*	۲۸/۴۱^{ns}	۱۷/۵۶*	۰/۰۰۵^{ns}
خطای دوم	۱۸	۰/۲۴	۰/۹۸	۰/۰۰۳	۱/۰۴	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۱	۱۳/۴۴	۱۶/۴۲	۶/۴۲	۰/۰۷
ضریب تغییرات	-	۰/۲۱	۲/۲۰	۱۷/۶۵	۲/۱۲	۰/۸۰	۱/۶۴	۳/۴۹	۱۵/۳۲	۶/۰۴	۴/۸۷

ns، * و **: به ترتیب نبود اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵ و ۱درصد.



شکل ۱. اثرگذاری‌های متقابل اسید سالیسیلیک و شوری و رقم بر سطح برگ
(نشانگرهای میله‌ای خطای استاندارد میانگین سه تکرار هستند.)

سبزینهٔ برگ

نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که اثر متقابل اسید سالیسیلیک و رقم و اسید سالیسیلیک و شوری بر سبزینهٔ برگ معنی‌دار شد ($P\leq$۰/۰۵). در کاربرد برگی اسید سالیسیلیک در غلظت ۱ میلی‌مولار بین ارقام اختلاف معنی‌دار مشاهده شد. کاربرد برگی اسید سالیسیلیک در هر دو غلظت ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار، سبزینهٔ برگ هر دو رقم را افزایش داد (شکل ۲). کاربرد برگی اسید سالیسیلیک در غلظت ۰/۵ میلی‌مولار در شرایط تنش و در غلظت ۱ میلی‌مولار در شرایط تنش و بدون تنش، سبزینهٔ برگ را افزایش داد (شکل ۳) که این افزایش در شرایط تنش بیشتر بود. بیشترین و کمترین میزان سبزینهٔ برگ به ترتیب در شرایط تنش در غلظت ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک به میزان ۴۷/۰۲ و در شرایط بدون تنش در غلظت ۰ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک به میزان ۴۳/۴۰ به‌دست آمد.

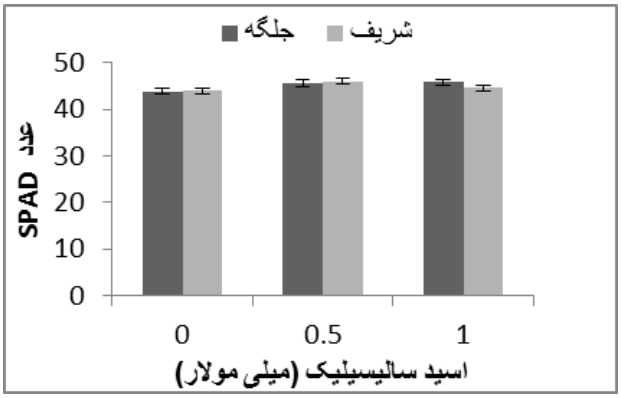
هدایت روزنه‌ای

نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل رقم و شوری بر هدایت روزنه‌ای معنی‌دار شد ($P\leq$۰/۰۵). همچنین اثر متقابل محلول‌پاشی در شوری بر هدایت روزنه‌ای معنی‌دار شد ($P\leq$۰/۰۱). تنش شوری هدایت روزنه‌ای هر دو رقم را کاهش داد

www.SID.ir

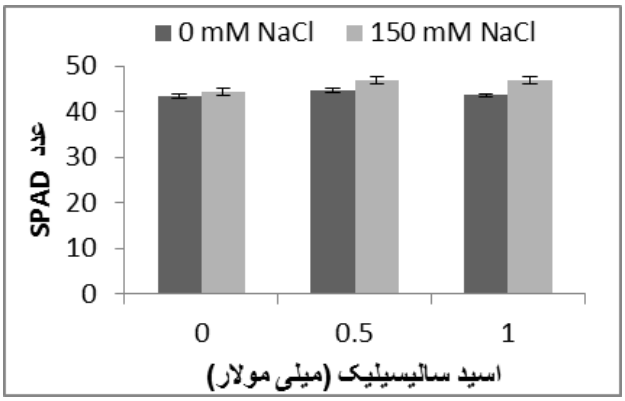
Archive of SID

(شکل۴). کاربرد برگی اسید سالیسیلیک در هر دو غلظت ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار در شرایط تنش و بدون تنش هدایت روزنه‌ای را افزایش داد (شکل ۵)، که این افزایش در شرایط بدون تنش بیشتر بود. بیشترین و کمترین میزان هدایت روزنه‌ای به ترتیب در شرایط بدون تنش در غلظت ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک به میزان ۰/۵۴ سانتی‌متر بر ثانیه و در شرایط تنش در رقم جلگه به میزان ۰/۲۲ سانتی‌متر بر ثانیه به‌دست آمد.



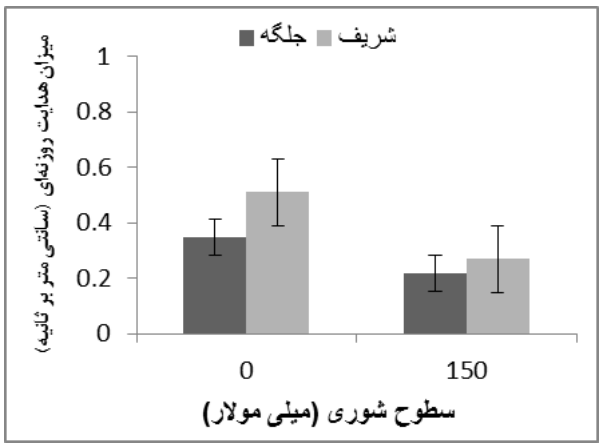
شکل ۲. اثرگذاری‌های متقابل اسید سالیسیلیک و رقم بر عدد SPAD

(نشانگرهای میله‌ای خطای استاندارد میانگین سه تکرار هستند.)



شکل ۳. اثرگذاری‌های متقابل اسید سالیسیلیک و بر عدد شوری SPAD

(نشانگرهای میله‌ای خطای استاندارد میانگین سه تکرار هستند.)

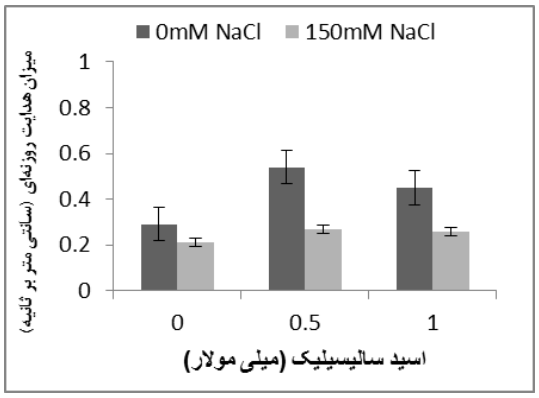


شکل ۴. اثرگذاری‌های متقابل شوری و رقم بر هدایت روزنه‌ای

(نشانگرهای میله‌ای خطای استاندارد میانگین سه تکرار هستند.)

www.SID.ir

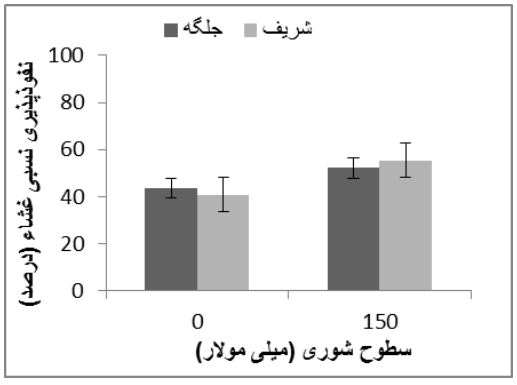
Archive of SID



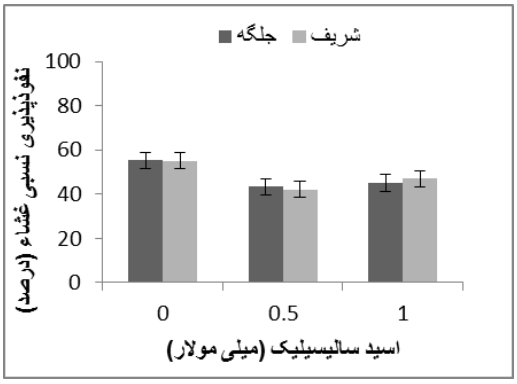
شکل ۵. اثرگذاری‌های متقابل اسید سالیسیلیک و شوری بر هدایت روزنه‌ای
(نشانگرهای میله‌ای خطای استاندارد میانگین سه تکرار هستند)

نفوذپذیری نسبی غشا

نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل رقم و شوری، اثر متقابل اسید سالیسیلیک و رقم، اثر متقابل اسید سالیسیلیک و شوری، بر نفوذپذیری نسبی غشا معنی‌دار شد ($P\leq$۰/۰۱). تنش شوری نفوذپذیری نسبی غشا هر دو رقم را افزایش داد (شکل۶). کاربرد برگی اسید سالیسیلیک در هر دو غلظت ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار نفوذپذیری نسبی غشا هر دو رقم را کاهش داد (شکل۷). کاربرد برگی اسید سالیسیلیک در هر دو غلظت در شرایط تنش و بدون تنش نفوذپذیری نسبی غشا را کاهش داد (شکل ۸)، که این کاهش در شرایط تنش بیشتر بود. بیشترین و کمترین میزان نفوذپذیری نسبی غشا به ترتیب در غلظت ۰ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در شرایط تنش به میزان ۷۲/۵۲ درصد و در غلظت ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در شرایط بدون تنش به میزان ۳۷/۹۳ درصد به‌دست آمد.



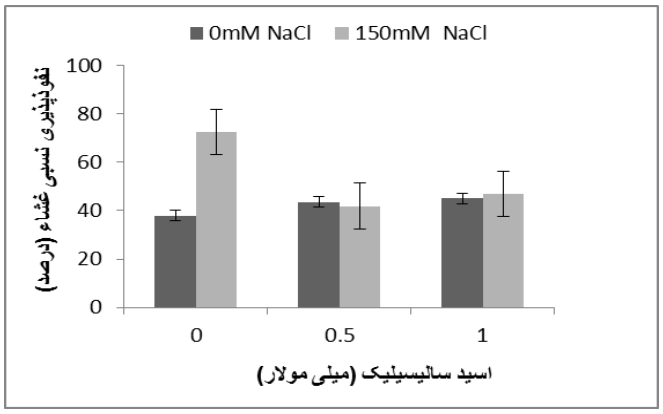
شکل ۶. اثرگذاری‌های متقابل شوری و رقم بر نفوذپذیری نسبی غشا



شکل ۷. اثرگذاری‌های متقابل اسید سالیسیلیک و رقم بر نفوذپذیری نسبی غشا

www.SID.ir

Archive of SID

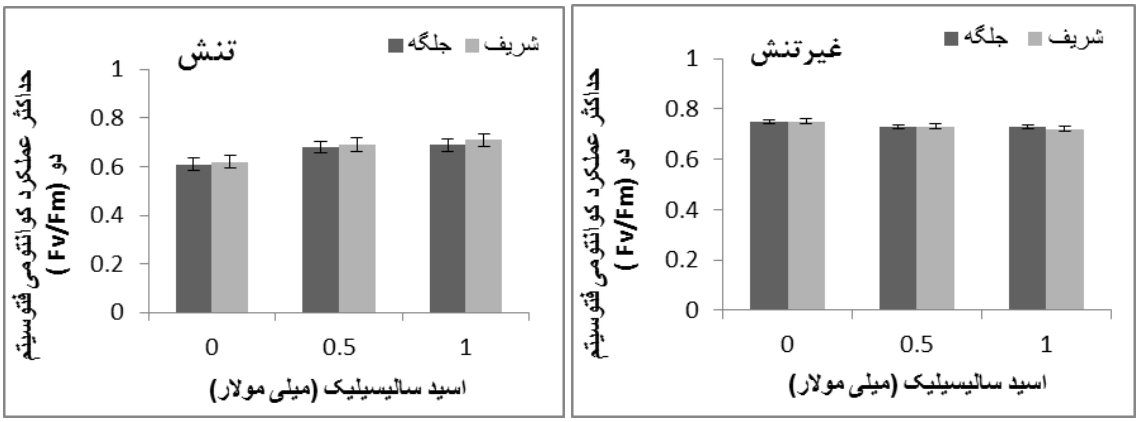


شکل ۸. اثرگذاری‌های متقابل اسید سالیسیلیک و شوری بر نفوذپذیری نسبی غشا
(نشانگرهای میله‌ای خطای استاندارد میانگین سه تکرار هستند.)

مؤلفه‌های فلورسانس سبزینه

نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل اسید سالیسیلیک و شوری و رقم بر بیشینه عملکرد کوانتومی نظام نوری دو (F_v/F_m) و عملکرد کوانتومی نظام نوری دو (Φ_{PSII}) معنی‌دار شد ($P\leq$۰/۰۵). کاربرد برگی اسید سالیسیلیک در هر دو غلظت ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار در شرایط بدون تنش بیشینه عملکرد کوانتومی نظام نوری دو (F_v/F_m) هر دو رقم را کاهش داد (شکل ۹). کاربرد برگی اسید سالیسیلیک در هر دو غلظت ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار در شرایط تنش، بیشینه عملکرد کوانتومی نظام نوری دو، هر دو رقم را افزایش داد (شکل ۹). بیشترین میزان بیشینه عملکرد کوانتومی نظام نوری دو (F_v/F_m) در شرایط بدون تنش در غلظت ۰ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم شریف و جلگه به میزان ۰/۷۵ و کمترین میزان بیشینه عملکرد کوانتومی نظام نوری دو (F_v/F_m) در شرایط تنش در غلظت ۰ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم جلگه به میزان ۰/۶۱ به‌دست آمد.

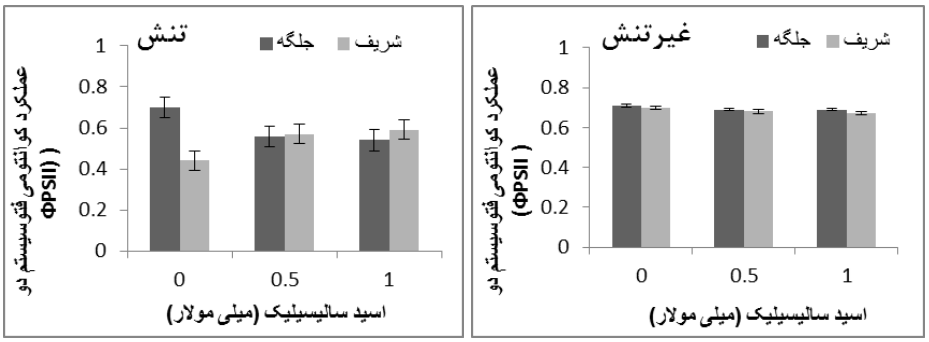
همچنین کاربرد برگی اسید سالیسیلیک در هر دو غلظت ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار در شرایط بدون تنش عملکرد کوانتومی نظام نوری دو (Φ_{PSII}) (شکل ۱۰) هر دو رقم را کاهش داد. کاربرد برگی اسید سالیسیلیک در هر دو غلظت ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار در شرایط تنش عملکرد کوانتومی نظام نوری دو (Φ_{PSII}) هر دو رقم را افزایش داد (شکل ۱۰). بیشترین و کمترین میزان عملکرد کوانتومی نظام نوری دو (Φ_{PSII}) به ترتیب در شرایط بدون تنش در غلظت ۰ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم جلگه به میزان ۰/۷ و در شرایط تنش در غلظت ۰ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم شریف به میزان ۰/۴۴ به‌دست آمد.



شکل ۹. اثرگذاری‌های متقابل اسید سالیسیلیک و شوری و رقم بر بیشینه عملکرد کوانتومی نظام نوری دو
(نشانگرهای میله‌ای خطای استاندارد میانگین سه تکرار هستند.)

www.SID.ir

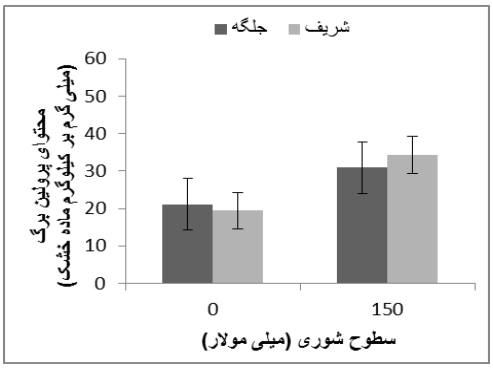
Archive of SID



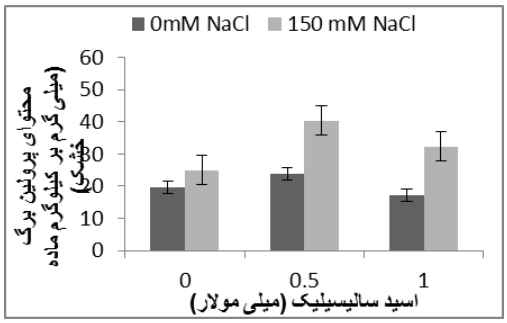
شکل ۱۰. اثرگذاری‌های متقابل اسید سالیسیلیک و شوری و رقم بر عملکرد کوانتومی نظام نوری دو
(نشانگرهای میله‌ای خطای استاندارد میانگین سه تکرار هستند.)

محتوای پرولین برگ

نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل رقم و شوری بر محتوای پرولین برگ معنی‌دار شد (P≤۰/۰۵). همچنین اثر متقابل اسید سالیسیلیک و شوری بر محتوای پرولین برگ معنی‌دار شد (P≤۰/۰۱). تنش شوری محتوای پرولین برگ هر دو رقم را افزایش داد (شکل۱۱). کاربرد برگی اسید سالیسیلیک در غلظت ۰/۵ میلی‌مولار در شرایط تنش و بدون تنش محتوای پرولین برگ (شکل ۱۲) را افزایش داد. همچنین در غلظت ۱ میلی‌مولار در شرایط تنش محتوای پرولین برگ را افزایش داد که این افزایش در غلظت ۰/۵ میلی‌مولار بیشتر بود. بیشترین و کمترین محتوای پرولین برگ به ترتیب در غلظت ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در شرایط تنش به میزان ۴۰/۴۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم مادهٔ خشک و در غلظت ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در شرایط بدون تنش به میزان ۱۷/۳۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم مادهٔ خشک به‌دست آمد.



شکل ۱۱. اثر متقابل شوری و رقم بر میزان پرولین برگ
(نشانگرهای میله‌ای خطای استاندارد میانگین سه تکرار هستند.)



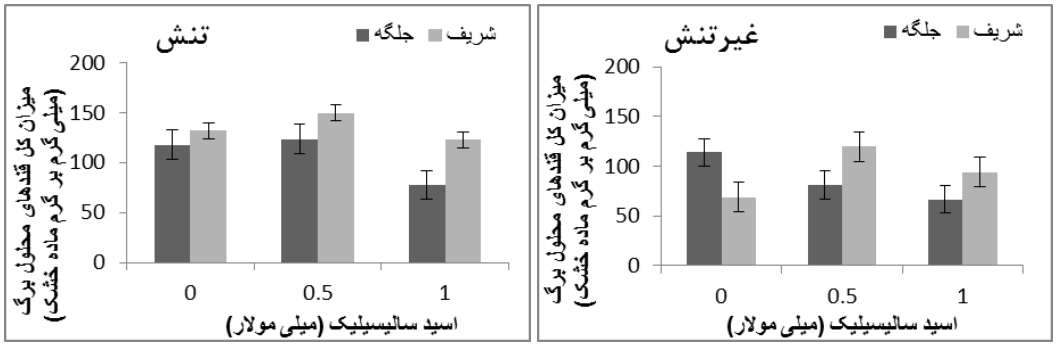
شکل ۱۲. اثر متقابل اسید سالیسیلیک و شوری بر میزان پرولین برگ
(نشانگرهای میله‌ای خطای استاندارد میانگین سه تکرار هستند.)

محتوای کل قندهای محلول برگ

نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان داد، اثر متقابل اسید سالیسیلیک و شوری و رقم بر محتوای کل قندهای محلول برگ معنی‌دار شد (P≤۰/۰۱). کاربرد برگی اسید سالیسیلیک در غلظت ۰/۵ میلی‌مولار در شرایط تنش و در هر دو غلظت ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار در شرایط بدون تنش در رقم شریف محتوای کل قندهای محلول برگ (شکل ۱۳) را افزایش داد. همچنین در غلظت ۰/۵ میلی‌مولار در شرایط بدون تنش و در هر دو غلظت ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار در شرایط تنش در رقم جلگه، محتوای کل قندهای محلول برگ را کاهش داد. بیشترین و کمترین میزان کل قندهای محلول برگ به ترتیب در رقم شریف در غلظت ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در شرایط تنش به میزان ۱۴۹/۵۱ میلی‌گرم بر گرم مادهٔ خشک و در رقم جلگه در غلظت ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در شرایط بدون تنش به میزان ۶۶/۵ میلی‌گرم بر گرم مادهٔ خشک به‌دست آمد (شکل ۱۳).

www.SID.ir

Archive of SID

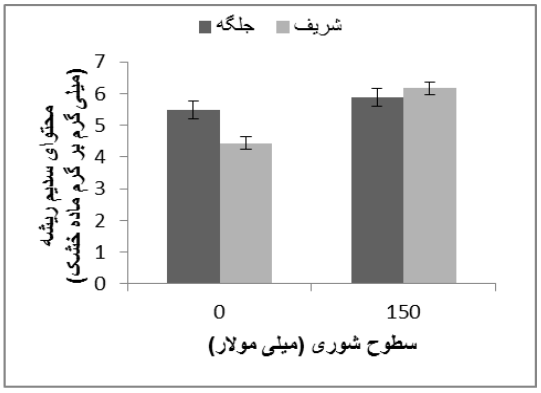


شکل ۱۳. اثرگذاری‌های متقابل اسید سالیسیلیک و رقم و شوری بر میزان کل قندهای محلول برگ

(نشانگرهای میله‌ای خطای استاندارد میانگین سه تکرار هستند.)

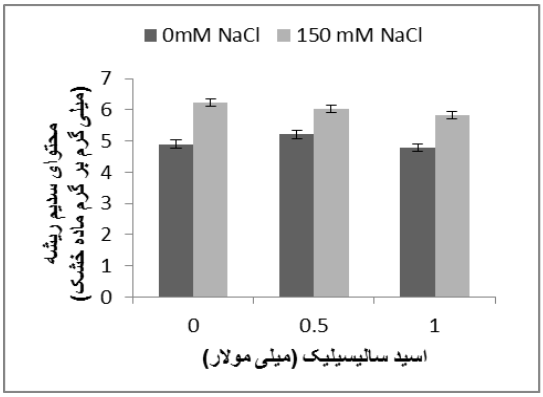
محتوای سدیم ریشه

نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان داد، اثر متقابل رقم و شوری بر محتوای سدیم ریشه معنی‌دار شد (P≤۰/۰۱). همچنین اثر متقابل اسید سالیسیلیک و شوری بر محتوای سدیم ریشه معنی‌دار شد (P≤۰/۰۱). تنش شوری محتوای سدیم ریشهٔ هر دو رقم را افزایش داد (شکل ۱۴). کاربرد برگی اسید سالیسیلیک در هر دو غلظت ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار در شرایط تنش محتوای سدیم ریشه را کاهش داد. همچنین در غلظت ۰/۵ میلی‌مولار در شرایط بدون تنش محتوای سدیم ریشه را افزایش داد. بیشترین و کمترین محتوای سدیم ریشه به ترتیب در غلظت ۰ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در شرایط تنش به میزان ۶/۲۲ گرم در بوته و در شرایط بدون تنش در رقم شریف به میزان ۴/۴۴ گرم در بوته به‌دست آمد (شکل۱۵).



شکل۱۴. اثرگذاری‌های متقابل شوری و رقم بر محتوای سدیم ریشه

(نشانگرهای میله‌ای خطای استاندارد میانگین سه تکرار هستند.)



شکل ۱۵. اثرگذاری‌های متقابل اسید سالیسیلیک و شوری بر محتوای سدیم ریشه

(نشانگرهای میله‌ای خطای استاندارد میانگین سه تکرار هستند.)

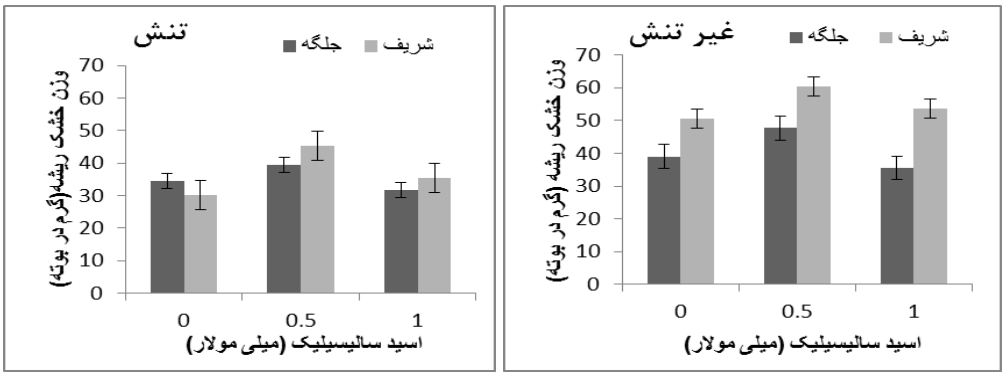
وزن خشک ریشه

نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل رقم و شوری، اثر متقابل اسید سالیسیلیک و رقم بر وزن خشک ریشه معنی‌دار شد (P≤۰/۰۱). همچنین اثر متقابل اسید سالیسیلیک و رقم و شوری بر وزن خشک ریشه معنی‌دار شد (P≤۰/۰۵). تنش شوری وزن خشک ریشهٔ هر دو رقم را کاهش داد (شکل ۱۶). در شرایط کاربرد برگی اسید سالیسیلیک بین ارقام، اختلاف معنی‌دار مشاهده شد. غلظت ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک وزن خشک ریشه هر دو رقم را افزایش داد. در شرایط بدون تنش بین ارقام و کاربرد برگی اسید سالیسیلیک اختلاف معنی‌دار مشاهده شد و کاربرد برگی اسید سالیسیلیک در غلظت ۰/۵ میلی‌مولار در شرایط تنش و بدون تنش وزن خشک ریشهٔ هر دو رقم را افزایش داد. بیشترین و کمترین

www.SID.ir

Archive of SID

میزان وزن خشک ریشه به ترتیب در رقم شریف در غلظت ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در شرایط بدون تنش به میزان ۶۰/۳۸ گرم در بوته و در رقم شریف در غلظت ۰ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در شرایط تنش به میزان ۳۰/۲۳ گرم در بوته به‌دست آمد (شکل ۱۶).



شکل ۱۶. اثرگذاری‌های متقابل اسید سالیسیلیک و شوری و رقم بر وزن خشک ریشه
(نشانگرهای میله‌ای خطای استاندارد میانگین سه تکرار هستند.)

بحث

شوری، میزان انرژی لازم برای حفظ شرایط طبیعی یاخته را افزایش می‌دهد و در نتیجه میزان انرژی کمتری برای نیازهای رشد باقی می‌ماند. بنابراین گیاهان در شرایط شوری به‌طور کلی ضعیف‌ترند و برگ‌های کوچکتری نسبت به گیاهان معمولی دارند. نتایج این آزمایش نشان داد که با افزایش غلظت کلرید سدیم، میزان سطح برگ کاهش یافت. Heydari Sharifabad (2002) و Baiat *et al.* (2013) نیز در تحقیقی در این مورد به نتایج همسانی رسیدند. به نظر می‌رسد کاهش میزان نورساخت در نتیجه کاهش شمار برگ و یا کاهش اندازهٔ برگ، تحت تأثیر کاهش فشار آماس (تورژسانس) باشد. در پی کاهش سطح برگ، جذب نور کاهش یافته و ظرفیت کل نورساختی گیاه با تاج‌پوشش کاهش می‌یابد که موجب کاهش تأمین فرآورده‌های نورساختی لازم برای رشد می‌شود. در مقابل کاربرد اسید سالیسیلیک به صورت محلول‌پاشی برگی در گیاه موجب افزایش سطح برگ شد. Khodary (2004) نیز افزایش سطح برگ را با کاربرد اسید سالیسیلیک در گیاه ذرت گزارش کرد.

در این آزمایش، شوری به افزایش نفوذپذیری نسبی غشا منجر شد. درصد نشت الکترولیت میزان آسیب به غشای یاخته‌ای را نشان می‌دهد. تنش شوری موجب آسیب و تخریب غشاهای زیستی و افزایش نفوذپذیری و نشت الکترولیت‌ها و غیر فعال شدن پروتئین‌های غشا شده، که خود می‌تواند منجر به کاهش فعالیت نورساختی یا میتوکندریایی و کاهش توانایی غشای پلاسمایی در به‌دست آوردن آب و مواد محلول و در نتیجه مرگ یاخته‌ای شود. به‌طور کلی در این آزمایش کاربرد اسید سالیسیلیک، موجب کاهش میزان نشت الکترولیت در تنش شوری شده است، که با گزارش Mohammadi *et al.* (2012) در مورد تأثیر اسید سالیسیلیک بر مقاومت به شوری گیاه کاهو، در سه سطح تنش شوری شامل ۰، ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار و چهار غلظت اسید سالیسیلیک (SA) شامل ۰، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار همخوانی دارد.

کاهش هدایت روزنه‌ای با حساسیت به شوری مرتبط است. در شرایط تنش شوری به دلیل ایجاد خشکی فیزیولوژیک و افزایش هورمون اسید آبسزیک، گیاه به منظور حفظ محتوای آب یاخته‌های خود و کاهش تعرق، با بستن روزنه‌ها، مقاومت روزنه‌ای را افزایش و هدایت روزنه‌ای را کاهش داد. به نظر می‌رسد در این آزمایش کاهش در سرعت جذب و ساخت (آسیمیلاسیون) که سبب کاهش وزن خشک شد بیشتر به خاطر بسته شدن روزنه‌ها بوده است. در بررسی تأثیر کاربرد برگی اسید سالیسیلیک بر

www.SID.ir

Archive of SID

واکنش‌های نورساختی دو گیاه ذرت و سویا در شرایط گلخانه‌ای گزارش شده است که اسید سالیسیلیک موجب افزایش در میزان هدایت روزنه‌ای و در نهایت موجب افزایش نورساخت شده است (Khan *et al*., 2003).

استفاده از اسید سالیسیلیک در شرایط تنش، میزان غلظت سبزینه در واحد سطح برگ را افزایش داد، که با گزارش Singh & Usha (2003) در زمینهٔ تأثیر اسید سالیسیلیک بر برخی مشخصه‌های نورساختی ذرت، از جمله افزایش سبزینه در شرایط تنش شوری همخوانی داشت. فلورسانس سبزینه یک معیار خوب فعالیت نورساخت است و می‌تواند برای بررسی خسارت به دستگاه نورساختی استفاده شود. در این آزمایش در تنش شوری، میزان کارایی نورساخت کاهش نشان داد. محققان دیگری نیز در این مورد با بررسی تأثیر اسید سالیسیلیک و شوری بر رشد گیاه ذرت، نتایج همسانی گزارش کردند (Hussein *et al*., 2007). به نظر می‌رسد کاهش مشاهده‌شده در کارایی عملکرد کوانتومی نظام نوری دو در شرایط تنش، اشاره به کاهش سرعت انتقال الکترون در زنجیرهٔ انتقال الکترون کلروپلاستی می‌کند و کاهش پذیرنده‌های الکترون ممکن است سبب افزایش احتمال تولید رادیکال‌های واکنش‌پذیر شود، که این رادیکال‌های آزاد می‌توانند به اجزای نظام نوری دو آسیب وارد کنند.

نتایج این آزمایش نشان داد که افزایش پرولین با کاربرد برگی اسید سالیسیلیک منجر به افزایش تحمل به تنش شوری می‌شود. میزان این افزایش در میان رقم‌های مختلف، متفاوت است (Sairam *et al*., 2005). مقایسهٔ میزان پرولین رقم‌ها در شرایط تنش و کاربرد برگی اسید سالیسیلیک نشان داد که هر دو رقم، سطح بیشتری از پرولین را تجمع دادند که این دلیل پاسخ مثبت این دو رقم به کاربرد برگی اسید سالیسیلیک در شرایط شوری است. پرولین در زمان تنش شوری افزون بر، از بین بردن رادیکال‌های آزاد، موجب تثبیت غشاهای فسفولیپیدی نیز می‌شود. اما افزایش میزان پرولین با کاربرد برگی اسید سالیسیلیک تا حدودی توانست موجب القای تحمل نسبت به تنش شوری شود. تجمع پرولین در برخی گیاهان به عنوان یک معیار گزینش برای تحمل تنش است. در شرایطی که تنش متوسط یا شدید باشد، غلظت اسید آمینهٔ پرولین نسبت به دیگر اسیدهای آمینه افزایش می‌یابد. سطح بالای آنزیم‌های پاداکسنده (آنتی‌اکسیدان)ها و پرولین با تیمار اسید سالیسیلیک در شرایط شوری، توسط شماری از محققان گزارش شده است (Tasgin *et al*., 2003; Yusuf *et al*., 2008; He *et al*., 2005).

در این آزمایش تنش شوری موجب افزایش کل قندهای محلول در گیاه شد که کاربرد برگی اسید سالیسیلیک این افزایش را بیشتر کرد. این یافته‌ها با نتایج Khosravi *et al*. (2011) مبنی بر افزایش قندهای محلول در شرایط اعمال تنش شوری همزمان با کاربرد اسید سالیسیلیک در گیاه مریم گلی (*Salvia officianlis* L.) همخوانی داشت. افزایش غلظت قندهای محلول تحت تنش شوری، به احتمال در سازگاری و ایجاد تحمل به شوری مؤثر است. با توجه به اینکه رقم جلگه به‌دلیل نیمه‌متحمل بودن در شرایط تنش و بدون تنش میزان قندهای محلول آن نسبت به رقم شریف که نیمه‌حساس بوده، بالاست، درحالی‌که رقم شریف به‌دلیل نیمه‌حساس بودن در شرایط تنش میزان قندهای محلول آن بالا و در شرایط بدون تنش پایین است. افزون بر این یک دلیل برابر بودن میزان قند در شرایط تنش و بدون تنش در رقم جلگه ممکن است به دلیل ماهیت نیمه‌متحمل بودن این رقم باشد، هرچند سازوکارهای فیزیولوژیکی خاصی در این مورد درگیرند که در این آزمایش مشخص نیست و نیاز به بررسی‌های بیشتری دارد. گیاهان، تنظیم اسمزی سیتوپلاسمی را با تجمع مواد آلی مختلف مانند قندهای محلول و دیگر مواد تنظیم‌کنندهٔ اسمزی انجام می‌دهند که موجب افزایش فشار اسمزی سیتوپلاسمی می‌شود. کاربرد برگی اسید سالیسیلیک به افزایش قندهای محلول منجر شد، که این افزایش در رقم شریف به دلیل نیمه‌حساس بودن آن به تنش شوری بیشتر بود. کاربرد برگی اسید سالیسیلیک می‌تواند موجب مصرف سوخت‌وساز فعال قندها به صورت محلول در ترکیبات یاختهٔ جدید، به عنوان یک سازوکار برای افزایش رشد در شرایط تنش شوری به شمار آید. Nazarbeigi *et al*. (2010) نیز در تحقیقی روی گیاه روغنی کلزا برای بررسی تأثیر اسید

www.SID.ir

Archive of SID

سالیسیلیک و غلظت‌های مختلف نمک بر محتوای پرولین گیاه نتایج همسانی ارائه دادند.

نتایج نشان داد که با افزایش شوری، میزان سدیم ریشه افزایش پیدا کرد. تجمع سدیم در گیاه فشار اسمزی را افزایش می‌دهد و گیاه از این راه با کاهش پتانسیل اسمزی محیط ریشه مقابله می‌کند. در محیط‌های شور، گیاهان مقادیر زیادی از یون سدیم را به جای یون‌های کلسیم و پتاسیم جذب می‌کنند که این امر سبب کمبود عناصر پتاسیم و کلسیم در گیاه می‌شود و در نهایت رشد گیاه کاهش می‌یابد (Yassen & Jurgees, 1998).

نتیجه‌گیری نهایی

با توجه به تأثیر معنی‌دار تیمار اسید سالیسیلیک بر همهٔ شاخص‌های فیزیولوژیکی مورد بررسی در این پژوهش، در ارتباط با تحمل به تنش شوری به نظر می‌رسد اسید سالیسیلیک در مقابله با کاهش اثرگذاری‌های منفی تنش شوری بر گیاه، نقش حفاظتی مهمی ایفا می‌کند. بنابراین ترکیباتی که قادر به کاهش تأثیر تنش‌های محیطی در گیاهان و در نتیجه افزایش بهره‌وری هستند، می‌توانند اهمیت فراوانی برای کشاورزی و زراعت داشته باشند. می‌توان گفت که استفاده از تیمار اسید سالیسیلیک در گیاه چغندرقند در شرایط تنش شوری می‌تواند موجب تحریک رشد و سوخت‌وساز کربوهیدرات‌ها شده و در نتیجه تحمل به تنش شوری را افزایش دهد. همچنین بنابر نتایج این آزمایش، در بین تیمارهای اسید سالیسیلیک استفاده‌شده، غلظت ۰/۵ میلی‌مولار قابل توصیه است.

REFERENCES

1. Aftab, T., Khan, Idrees, M.M.A., Naeem, M. & Moinuddin, M. (2010). Salicylic acid acts as potent enhancer of growth, photosynthesis and artemisinin production in *Artemisia annua* L. *Journal Crop Scibiotech*, 13, 183-188.
2. Arnao, M.B., Cano, A., Hernandez-Ruiz, J., Garcia- Canovas, F. & Acosta, M. (1996). Inhition by L-ascorbic acid and other antioxidants of the 2, 2-azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid) oxidation catalyzed by Peroxidase: a new approach for determining total antioxidant status off foods. *Journal of Analytical Biochemistry*, 236, 255-261.
3. Asadinasab, N., Hassibi, P., Roshanfekr, H. & Meskarbashee, M. (2013). Study on some physiological and morphological responses of three varieties of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) to salinity. *Crops Journal*, 15, 94-79. (in Farsi)
4. Baiat, H., Mardani, H., Aroei, H. & Selahvarzi, Y. (2012). Effect of salicylic acid on morphological and physiological characteristics of cucumber seedlings (*Cucumic sativus* cv. SuPer Dominus) under drought stress. *Journal of Plant Production Research*, 18(3), 260-253. (in Farsi)
5. Bates, I.S., Waldern, R.P. & Tear, I.D. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. *Journal of Plant and Soil*, 39, 205-207.
6. Claussen, W. (2005). Proline as a measure of stress in tomato plant. *Journal of Plant Science*, 168, 241-248.
7. Hale, M.C. & Oreuh, D.M. (1998). The physiology of plant under stress. Jon Wiley & Sons, London. *Journal of Agricultural Science*, 10, 165-173.
8. Hamada, A.M. & Elnay, A.E. (1994). Effect of NaCl Salinity on growth, Pigment and mineral element contents, and gas exchange of broad bean and Pea Plants. *Journal of Biological Plantarum*, 36, 75-81.
9. He, Y., Liu, Y., Cao, W., Huai, M., Xu, B. & Huang, B. (2005). Effects of salicylic acid on heat tolerance associated with antioxidant metabolism in Kentuky Blue grass. *Journal of Crop Science Direct*, 45, 988-995.
10. Heydari sharif abad, H. (2002). Plant and salt stress. First edition. *Forest and Rangeland Research Publication*. p 199. (in Farsi)
11. Hussein, M.M. Balbaa, L.K. & Gaballah, M.S. (2007). Salicylic acid and salinity effect on growth of maize plants. Research Journal *of Agriculture and Biological Sciences*, 3, 321-328.
12. Joodmand, M., Hajibland, R. and Fotoohi, K. (2008). Investigate of biochemical characterization of some varieties of sugar beet in salt stress conditions. *Master's thesis of Plant Breeding*, Tabriz University, Iran. (in Farsi)
13. Khan, W., Prithiviraj, B. & Smith, D.L. (2003). Photosynthetic response of corn and soybean to foliar application of salicylates. *Journal of Plant Physiology*, 160, 485-492.
14. 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.

www.SID.ir

Archive of SID

15. Khoshbakht, D., Ramin, AA. & Bagbanha, M. (2013). Reduce the effect of salt stress by application of salicylic acid in bean. *Journal of Production of Crops and Garden*, 5(2), 165-173. (in Farsi)
16. Khosravi, S., Baghizadeh, A. & Nezami Mohammad, T. (2011). The salicylic acid effect on the *Salvia officianlis* L. sugar, protein and proline contents under salinity (NaCl) stress. *Journal of Stress Physiology and Biochemistry*, 7, 80-87.
17. Kiarostami, KH., Abdolmaleki, N. & Heydari, M. (2013). Effect of salicylic acid on canola salinity stress reduction. *Plant Biology*, 12(4), 69-82. (in Farsi)
18. Maxwell, K. & Johnson, GN. (2000). Chlorophyll fluorescence-a practical guide. *J Exp Bot*, 51, 659-668.
19. Mohammadi, M., Khazaei, Z., Sayari, M. & Seyedi, M. (2012). Effect of salicylic acid on resistance to salt stress in Lettuce. *Seventh Congress of Horticultural Sciences*, Isfahan University of Technology. (in Farsi)
20. Nazarbeygi, A. & Lari Yazdi, H. (2010). Effects of different concentrations of salt, salicylic acid and gibberellic acid on proline content and chlorophyll in two varieties of oilseed rape. *National Conference on Water, Soil, Plant and Agricultural Mechanization*, 24(3), 211-240. (in Farsi)
21. Niazi, BH., Athar, M. & Rozema, J. (2004). Salt tolerance in the fodder beet and sea beet: Analysis of Biochemical relations. *Bulg Journal of Plant Physilogy*, 30(1-2), 78-88.
22. Ober, ES., Bloa, ML., Clark, CJA., Royal, A., Jaggard, KW. & Pidgon, JD. (2005). Evaluation of Physiological traits as indirect selection criteria for drought tolerance in sugar beet. *Field CroPs Research*, 91, 231-249.
23. Orcutt, D. M. & Nilsen, E. T. (2000). The physiology of plants under stress, soil and biotic factors. *1st edition. John Wiley and Son*s, New York.
24. Parida, A.K. & Das, A.B. (2005). Salt tolerance and salinity effects on Plants: areview. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60, 324-349.
25. Raskin, I. (1992). Role of salicylic acid in plants. *Journal of Plant physiologyand Plant Molecular Biology*, 43, 439-463.
26. Sairam, R.K., Srivasta, G.C., Agarwal, S. & Meena, R.C. (2005). Difference in antioxidant activity in response to salinitystress in tolerant and suscePtible wheat genotyPes. *Journal of Biologia Plantarum*, 49(1), 85-91.
27. Shaw, B., Thomas, T.H. & Cooke, D.T. (2002). Response of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) to drought and nutrient deficiency stress. *Plant Growth Regulators*, 37, 77-83.
28. Shlegil, H.G. (1986). Die verwertung organgischer souren durch chlorella lhncht. *Journal of Plant Sciences*, 41, 47-51.
29. Singh, B. & Usha, K. (2003). Salicylic acid induced physiological and biochemical in wheat seedling under water stress. *Journal of Plant Growth Regulation*, 39, 137-141.
30. Tasgin, E., Atici, Q. & Nalbantoglu, B. (2003). Effects of salicylic acid and cold onfreezing tolerance in winter wheat leaves. *Journal of Plant Growth Regulation*, 41, 231-236.
31. Yassen, B.Y. & Jurgees, G.A. (1998). The response of sugar beet leaf growth and its ionic composition to sodium chloride. *Journal Agriculture and water Resource Research Soil and Water Resources*, 7(1), 47-59.
32. Yusuf, M., Aiman Hasan, S., Ali, B., Hayat, S., Fariduddin, Q. & Ahmad, A. (2008). Effect of salicylic acid on salinity-induced changes in *Brassica juncea. Journal of Integrative Plant Biology*, 50, 1096-1102.
33. Zhao, H.J., Lin, X.W., Shi, H.Z. & Chang, S.M. (1991). The regulating effects of phenolic compounds on the Physiological characteristics and yield of soybeans. *Journal of Acta Agronomica Sinica*, 21, 351-255.

www.SID.ir

Archive of SID

Iranian Journal of Filed Crop Science, Vol. 46, No. 4, Winter 2016

Effect of foliar application of salicylic acid on some physiological traits of sugar beet in salt stress conditions

Maryam Mohammadi Cheraghabadi[1*], Habibollah Roshanfekr[2], Payman Hasibi[3] and Mousa Meskarbashi[4]

1, 2, 3, 4. M.Sc. Student, Assistant Professors and Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran

(Received: Mar. 1, 2015 - Accepted: Jul. 25, 2015)

ABSTRACT

To investigate the effect of salicylic acid (SA) on salinity tolerance of two sugar beet cultivars, this experiment was conducted as split factorial based on a randomized complete block design with three replications during growing seasons of 2012 and 2013 in Research Farm of Shahid Chamran University. The studied factors were three levels of SA (0 mM, 0.5 mM and 1 mM), two levels of salinity (150 mm sodium chloride and control) and two sugar beet cultivars (Jolgeh and Shariff). SA was applied as foliar spray along with salinity in the 4-leaf stage. Results showed that foliar application of SA caused significant increase of leaf area (LA), chlorophyll, stomatal conductance, Φ_{PSII}, F_v/F_m, proline and total soluble sugars, and decrease membrane permeability compared to control under salt stress conditions. Salinity caused a significant decrease in LA, Chlorophyll, stomatal conductance, Φ_{PSII} and F_v/F_m, while increase proline, total soluble sugars and membrane permeability. Therefore, according to the results of this research, it seems, foliar application of salicylic acid could enhance sugarbeet growth and increases resistance to salt stress.

Keywords: membrane permeability, proline, salinity tolerance, quantum yield.

* Corresponding author E-mail: salviamohammady@yahoo.com Tel: +98 9377506278

www.SID.ir