نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد 15، شماره 4، زمستان 1396، ص. 746-735

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 15, No. 4, Winter. 2018, p. 735-746

# اثر پیش‌تیمار با اسید سالیسیلیک بر شاخص‌های رشد و جذب عناصر غذایی گیاهچه کنجد در شرایط تنش شوری

حسین صفری[1*]- شهاب مداح حسینی[2]- آرمان آذری[2]- محمد حشمتی رفسنجانی[3]

تاریخ دریافت: 1393/06/03
تاریخ پذیرش: 1395/10/05

## چکیده

به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف شوری و پیش‌تیمار با اسید سالیسیلیک (SA) بر برخی شاخص‌های رشد و جذب عناصر غذایی کنجد (*Sesamum indicum* L.)، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل با طرح پایه کاملاً تصادفی و چهار تکرار در گروه زراعت دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان اجرا شد. عامل‌های آزمایش پیش‌تیمار بذر در سه سطح (آب مقطر، اسید سالیسیلیک 1 میلی‌مولار و اسید سالیسیلیک 2/5 میلی‌مولار) و شوری در سه سطح (2/5، 6 و 9 دسی‌زیمنس بر متر) بودند. یک تیمار بذر خشک هم برای مقایسه با دیگر سطوح پیش‌تیمار در آزمایش در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد در شوری 9 دسی‌زیمنس بر متر پیش‌تیمار با هر دو غلظت SA، سبب افزایش معنی‌دار درصد سبز نسبت به بذر خشک و آب مقطر شد. سطح برگ بوته و شاخص سبزینگی آن نیز در اثر افزایش شوری در بذر خشک و پیش‌تیمار با آب مقطر کاهش یافتند اما با کاربرد 2/5 میلی‌مولار SA مقدار این دو صفت در شوری‌های 6 و 9 دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری با شوری شاهد نداشت. از سوی دیگر، پیش‌تیمار با SA سبب کاهش محتوای سدیم و افزایش محتوای پتاسیم اندام هوایی شد. با این حال غلظت منیزیم اندام هوایی در پیش تیمار با 1 و غلظت فسفر در غلظت 2/5 میلی‌مولار SA بیشتر از بقیه تیمارها بود. اثر پیش‌تیمار با SA بر وزن خشک گیاهچه چندان روشن نبود. در تیمارهای بذر خشک، آب مقطر و 2/5 میلی‌مولار SA بیشترین وزن خشک اندام هوایی، ریشه و گیاهچه به سطح شاهد شوری تعلق داشت و با افزایش شوری مقدار آن کاهش یافت. تنها در غلظت 1 میلی‌مولار و در شوری 9 دسی‌زیمنس بر متر، وزن خشک نسبت به شاهد کاهش معنی‌داری نداشت. به‌طور کلی در این آزمایش اثرات مثبت پیش تیمار با SA بیشتر بر بقای گیاهچه و جذب بهتر برخی عناصر غذایی بود.

**واژه‌های کلیدی:** پرایمینگ، کلرید سدیم، هورمون

## مقدمه

کنجد (*Sesamum indicum* L.) از گیاهان روغنی مهم و سازگار به مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا است که دانه آن دارای ارزش تغذیه‌ای خوب با پروتئین بالا و ترکیب تقریباً کامل غذایی می‌باشد (Dalia, 2001). باوجود تحمل بالا به گرما و تحمل نسبی به خشکی، این گیاه در دسته گیاهان نسبتاً حساس به شوری قرار می‌گیرد (Mass, 1986). شور و سدیمی بودن خاک، یکی از مشکلات مهم خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک است. در این مناطق به‌دلیل کمبود بارندگی و بالا بودن تبخیر و تعرق، املاح در سطح خاک تجمع پیدا می‌کنند (Heidary sharif abad, 2001).

جوانه‌زنی بذر و استقرار گیاهچه، یکی از حساس‌ترین مراحل رشد گیاه است و پدیدار شدن هریک از تنش‌های محیطی (خشکی، شوری، سرما و گرما) در این مرحله می‌تواند اثر کاهنده جدی بر تراکم و عملکرد نهایی گیاه بگذارد. یکی از روش‌های نسبتاً کارآمد و نو در کاهش اثرهای منفی شوری بر جوانه‌زنی و افزایش کارایی استقرار در گیاهان، استفاده از پیش‌تیمار بذر[4] می‌باشد. پیش‌تیمار روشی است که در آن بذور پیش از قرار گرفتن در بستر خود با مواجه شدن با شرایط اکولوژیکی ویژه، به لحاظ فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی آمادگی جوانه‌زنی را به‌دست می‌آورند (Foroodel *et al.*, 2011). از سوی

1- دانش‌آموخته‌ی کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان
2- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان
3- استادیار، گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان
(*- نویسنده مسئول: (Email: safari4141@yahoo.com
DOI: 10.22067/gsc.v15i4.38712

4- Seed priming

دیگر مشخص شده است که در شرایط نامساعد محیطی سطوح درون‌زای هورمون‌های گیاهی دچار تغییرات اساسی می‌شوند. هورمون‌های گیاهی نقش‌های مهمی در پاسخ به تنش و سازگاری به آن بازی می‌کنند (Sharma *et al.*, 2005) و عقیده کلی بر این است که اثر شوری در ممانعت از جوانه‌زنی بذر و رشد گیاه می‌تواند وابسته به کاهش در سطح هورمون‌های طبیعی باشد (Khan *et al.*, 1992). یکی از ترکیبات مؤثری که می‌تواند در تیمار بذر مورد استفاده قرار گیرد، سالیسیلیک اسید است. سالیسیلیک اسید (SA)، یک تنظیم‌کننده رشد درونی از گروه ترکیبات فنلی طبیعی است که در بسیاری از پدیده‌های فیزیولوژیکی گیاه ازجمله آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، افزایش میزان آبسیزیک اسید و ایندول استیک اسید، مهار سنتز اتیلن، افزایش تقسیم سلولی، تمایزیابی و ایجاد مقاومت به تنش‌های محیطی و پاتوژن مؤثر است و برخی گزارش‌ها حاکی از اثر مثبت آن بر القاء تحمل به شوری در مرحله جوانه‌زنی برخی گیاهان است (Wang *et al.*, 2006). با این حال پژوهش‌های بسیار اندکی در مورد اثر این تنظیم‌کننده و غلظت مناسب آن در مورد کنجد وجود دارد. در این پژوهش اثر سطوح مختلف شوری و پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید بر برخی شاخص‌های رشد و جذب عناصر کنجد در شرایط کنترل‌شده مورد بررسی قرار گرفت.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل دو عاملی در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در اتاقک رشد گروه زراعت دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان در سال 1392 به‌اجرا درآمد. عامل اول پیش‌تیمار در سه سطح شامل: پیش‌تیمار با آب مقطر، پیش‌تیمار با اسید سالیسیلیک یک میلی‌مولار (1mM SA)، پیش‌تیمار با اسید سالیسیلیک 2/5 میلی‌مولار (2/5mM SA) و عامل دوم شوری در سه سطح شاهد (محلول غذایی هوگلند استاندارد با هدایت الکتریکی dS $m^{-1}$ 2/5)، 6 و dS $m^{-1}$ 9 بود. همچنین یک تیمار بذر خشک (به‌عنوان شاهد) برای مقایسه با پیش‌تیمار به آزمایش اضافه شد. بستر کشت، پرلیت ریز بود که در گلدان‌های پلاستیکی با قطر دهانه 7/5cm و ارتفاع 15cm ریخته شد. در آغاز، 25 عدد بذر در پتری‌دیش‌های اتوکلاو شده درون کاغذ صافی واتمن قرارداده شدند. آن‌گاه بسته به تیمار مورد نظر محلول‌های پیش‌تیمار مورد نظر هریک به میزان 10 میلی‌لیتر اضافه شدند. پس از هشت ساعت درب پتری‌دیش‌ها برداشته شد و پس از خشک شدن، تعداد پنج عدد بذر سالم و به‌خوبی جوانه‌زده در گلدان‌ها کشت شدند و گلدان‌ها به اتاقک رشد با دوره نوری 14 ساعت روشنایی و 10 ساعت تاریکی با دمای شبانه‌روزی 27 درجه سلیسیوس (±0/5) منتقل شدند. زمان پرایمینگ در منابع مختلف بسیار متفاوت بوده است، برای نمونه 48 ساعت (Khan *et al.*, 2009)، 12 ساعت (Afzal *et al.*, 2006) و شش ساعت (El-Tayeb, 2005; Guatam and Singh, 2009). به‌نظر می‌رسد زمان پرایمینگ تا حدودی تجربی است. در این آزمایش با توجه به اندازه کوچک بذر کنجد از هشت ساعت استفاده شد.

اعمال شوری در روز سوم پس از کاشت، بسته به تیمار مورد نظر انجام شد بدین صورت که به گلدان‌ها محلول غذایی استاندارد هوگلند (جدول 1) همراه با میزان محاسبه شده کلرید سدیم اضافه شد. برای شوری‌های 6 و dS $m^{-1}$ 9 مقدار تقریبی کلرید سدیم مورد نیاز با استفاده از معادله وانت هوف (vant Hoff) (معادله 1) محاسبه شد

معادله (1) $\Psi s = -RTCS$

$\Psi s$: پتانسیل اسمزی محلول (مگاپاسکال)، R: ثابت عمومی گازها، 0/008 (مگاپاسکال لیتر / مول درجه کلوین)

T: دما (درجه کلوین)، C: غلظت ماده حل‌شونده (مول بر لیتر)، S: ضریب تفکیک ماده

با توجه به رابطه فوق (دما: 278 درجه کلوین، ضریب مشخص R و ضریب تفکیک 2 برای NaCl) و همچنین معادله تجربی 2 غلظت تقریبی نمک مورد نیاز برای حصول به شوری مورد نظر (6 و یا 9 دسی‌زیمنس بر متر) محاسبه شد.

معادله (2) $EC\ (dS/m^{-1}) = \Psi s / 0.036$

**جدول 1- ترکیبات مورد استفاده و مقدار آنها در محلول غذایی هوگلند**

**Table 1- Compounds and values of nutrients used in Hoagland solution**

| ترکیب Compound | میزان Concentration (g $L^{-1}$) | ترکیب Compound | میزان Concentration (g $L^{-1}$) |
|---|---|---|---|
| $MnS0_4$-$H_20$ | 1.18 | $KN0_3$ | 101 |
| $ZnS0_4$-$7H_20$ | 0.25 | $Ca(N0_3)_2$-$4H_20$ | 236.1 |
| $CuS0_4$-$5H_20$ | 0.07 | $NH_4H_2P0_4$ | 136.1 |
| $(NH4)_6Mo_7O_{24}$*$4H_2O$ | 0.25 | $MgS0_4$-$7H_20$ | 246.5 |
| Fe-EDDHA | 10 | $H_3B0_3$ | 0.6 |

با این حال در حین اضافه کردن نمک، EC محلول تا رسیدن به عدد مورد نظر کنترل گردید. یک هفته پس از کاشت با توجه به تعداد اولیه بذر کاشته شده و تعداد گیاهچه سبز شده درصد سبز محاسبه شد. سه هفته پس از نمونه‌برداری اول، نمونه‌برداری دوم انجام شد که

در آن، سطح برگ، شاخص اسپد، وزن خشک اندام هوایی و ریشه، محتوای پتاسیم، سدیم (هر دو به روش فلیم فتومتری)، فسفر (به روش اولسن و با دستگاه جذب اتمی) و منیزیم (به روش تیتراسیون) اندام هوایی اندازه‌گیری شد. همچنین با توجه به داده‌ها، نسبت سدیم به پتاسیم اندام هوایی نیز محاسبه و یادداشت گردید.

در پایان آزمایش، از نرم‌افزار SAS برای تجزیه آماری داده‌ها استفاده شد. در رویه تجزیه واریانس عامل پیش‌تیمار در سه سطح (آب مقطر، 1/5 و 2/5 میلی‌مولار سالیسیلیک اسید) در نظر گرفته شد. در آزمون مقایسه میانگین، که با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد، تیمار بذر خشک به مجموع تیمارهای آزمایش اضافه شد و معنی‌دار بودن یا نبودن تفاوت این تیمار با دیگر تیمارها هم بررسی شد.

## نتایج و بحث

### درصد سبزشدن

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر غلظت، شوری و برهم‌کنش غلظت و شوری بر درصد سبز شدن معنی‌داری بود (جدول 2). در شرایط شاهد (بدون پیش‌تیمار) با افزایش شوری درصد سبز گیاهچه کنجد کاهش یافت (جدول 3) به‌طوری‌که در شوری‌های6 و 9dS $m^{-1}$، درصد سبز در شرایط بدون شوری به‌ترتیب 64 و 48 درصد بود که به‌طور معنی‌داری از سطح شاهد (86/3 درصد) کمتر بود. پیش‌تیمار بذر با اسید سالیسیلیک 1 و 2/5mM در شرایط بدون شوری موجب کاهش درصد سبز نسبت به شاهد (بدون SA) شد اما با افزایش شوری تا 6 و 9dS $m^{-1}$، درصد سبز در اثر پیش‌تیمار با هر دو غلظت SA به‌طور معنی‌داری از پیش‌تیمار صفر (آب مقطر) و بذر خشک بالاتر بود. به‌نظر می‌رسد که پیش‌تیمار با SA در شرایط بدون شوری اثر کاهنده بر درصد سبز بذر کنجد دارد اما در شوری 9dS $m^{-1}$ سبب افزایش معنی‌دار نسبت به شاهد و بذر خشک می‌شود. کاهش جوانه‌زنی و درنتیجه سبز شدن بذور در اثر افزایش سطوح شوری ممکن است به دلیل کاهش شیب پتانسیل آب بین بذور و محیط اطراف باشد که درنتیجه سبب اختلال در سنتز آنزیم‌های لازم برای جوانه‌زنی می‌شود (Kaya *et al.*, 2006). سالیسیلیک اسید یک مولکول علامتی مهم برای میانجی‌گری پاسخ‌های گیاهان در برابر تنش‌های محیطی است. گزارش‌هایی وجود دارند که نشان می‌دهند SA و ترکیبات وابسته به آن بر جوانه‌زنی بذر و رشد و نمو گیاهان در شرایط تنش و غیر تنش تأثیر دارند (Hayate *et al.*, 2007). گزارش شده است پیش‌تیمار با 0/1 mM سالیسیلیک اسید سبب بهبود جوانه‌زنی بذر برنج در شرایط تنش خشکی شده است (Farooq *et al.*, 2009). با این حال نتیجه پژوهشی دیگر نشان داده است غلظت‌های بیش از 1 mM این ماده اثر بازدارنده داشته‌است (El-Tayeb, 2005).

### سطح برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های سطح برگ نشان داد که اثر غلظت، شوری و برهم‌کنش غلظت و شوری بر سطح برگ معنی‌دار بود (جدول 2). در سطح شوری شاهد (EC=2/5 dS $m^{-1}$)، تیمارهای بذر خشک و پیش‌تیمار با آب مقطر بیشترین سطح برگ را داشتند و تفاوت آنها با دو غلظت دیگر SA معنی‌دار بود (جدول 3). با افزایش شوری تا سطح 9 dS $m^{-1}$، سطح برگ در این دو تیمار کاهش یافت هرچند تفاوت 6 و 9 dS $m^{-1}$ در تیمار بذر خشک معنی‌دار نبود. با این حال، نتایج در مورد پیش‌تیمار با غلظت 1 و 2/5 mM SA متفاوت بود. سطح برگ در اثر این دو تیمار در سطح شوری شاهد به‌طور معنی‌داری کمتر از تیمارهای پیش‌تیمار با آب مقطر و بذر خشک بود که به نوعی نشان از بازدارندگی این ماده بر رشد و نمو سلولی دارد اما با افزایش شوری تا سطح 6 و 9 dS $m^{-1}$ تغییر معنی‌داری در سطح برگ این دو تیمار به‌وجود نیامد. به‌نظر می‌رسد پیش‌تیمار، چه با آب مقطر و چه با دو غلظت SA به‌کار رفته، می‌تواند تا حدودی از کاهش سطح برگ در شوری شدید جلوگیری کند. در همین رابطه گزارش شده است کاربرد شوری (200 mM- 50 نمک NaCl) سبب کاهش شدید سطح برگ ذرت می‌شود در حالی‌که پیش تیمار با 0/5 mM سالیسیلیک اسید سبب افزایش دو تا چهار برابری سطح برگ نسبت به شاهد بدون پیش‌تیمار شد (Gautam and Singh, 2009). همچنین در آزمایش دیگر روی گیاهچه‌های ذرت مشاهده شد که محلول‌پاشی SA با غلظت 10 میلی‌مولار سبب افزایش سطح برگ گیاهچه‌های در معرض تنش شوری به‌ویژه در سطوح بالا (150 میلی‌مولار کلرید سدیم) می‌شود (Khodary, 2004).

### شاخص کلروفیل برگ (عدد اسپد)

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر غلظت، شوری و برهم‌کنش غلظت در شوری بر این صفت معنی‌دار بود (جدول 2). همانند سطح برگ، اثر دو غلظت SA بر شاخص سبزینگی برگ کنجد در شرایط شوری شاهد، نسبت به پیش‌تیمار آب مقطر و بذر خشک به‌صورت کاهنده بود، با این حال در شوری 6 dS $m^{-1}$ تفاوت‌ها کاهش یافت و در شوری 9 dS $m^{-1}$ شاخص سبزینگی در پیش‌تیمار با آب مقطر به‌طور معنی‌داری کمتر از بقیه تیمارها بود (جدول 3). با مقایسه داده‌های سطح برگ و عدد اسپد می‌توان دریافت که در تیمار بذر خشک شدت کاهش در سطح برگ در اثر افزایش شوری از 2/5 به 9 dS $m^{-1}$ حدود 300 درصد بوده است (18/1 در برابر 6/6 سانتی‌متر مربع بر بوته) اما این کاهش برای شاخص SPAD تنها حدود 13 درصد بوده است (26/9 در برابر 23/3).

جدول۲- خلاصه نتایج تجزیه واریانس اثر غلظت و شوری بر برخی ویژگی‌های رشد کنجد

Table 2- Summarized ANOVA results of effect of SA concentration and salinity on some sesame growth characteristics

| منبع تغییر S. O. V | درجه آزادی d.f | درصد سبز شدن Emergence percentage | سطح برگ Leaf area | اسپد SPAD value | غلظت سدیم Na concentration | غلظت پتاسیم K concentration | نسبت سدیم به پتاسیم Na/K ratio | غلظت منیزیم Mg conc. | غلظت فسفر P conc. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| غلظت Concentration (C) | 2 | 320.1** | 84.4 ** | 5.7 ** | 0.348 ** | 1.124 ** | 0.051 ** | 4.41 ** | 0.0003 ns |
| شوری Salinity (S) | 2 | 560.7 ** | 35.6 ** | 6.9 ** | 0.267 ** | 0.335 ns | 0.055 ** | 0.06 ** | 0.001 ** |
| غلظت × شوری S × C | 4 | 982.4 ** | 34.5 ** | 14.4 ** | 0.350 ** | 0.372 ns | 0.103 ** | 0.09 ** | 0.001 ** |
| خطا Error | 24 | 18.3 | 3.8 | 0.5 | 0.004 | 0.201 | 0.002 | 0.009 | 0.0002 |
| ضریب تغییرات C.V (%) | | 6.7 | 17.0 | 3.5 | 15.8 | 22.3 | 21.4 | 13.8 | 19.1 |

** و * : به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۱ درصد و ۵ درصد، ns: عدم تفاوت معنی‌دار

**, *: significant at 0.01 and 0.05, respectively. ns: non-significant

جدول۳- مقایسه میانگین اثر متقابل پیش‌تیمار با اسید سالیسیلیک (SA) و سطوح مختلف شوری بر برخی شاخص‌های رشد و جذب عناصر در گیاهچه کنجد

**Table 3- Mean comparison of interaction effect of seed priming with salicylic acid (SA) and salinity on some growth characteristics and element uptake of sesame seedlings**

| تیمار SA Treatment | شوری Salinity (dS m$^{-1}$) | درصد سبز Emergence (%) | سطح برگ cm$^2$ per plant | عدد اسپد SPAD | محتوای سدیم Na content (%) | محتوای پتاسیم K content (%) | نسبت سدیم به پتاسیم Na/K ratio | محتوای منیزیم Mg content (mg g$^{-1}$ Dw) | محتوای فسفر P content (mg g$^{-1}$ Dw) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| بذر خشک dry seed | 2.5 | 86.3 $^{a}$ | 18.1 $^{a}$ | 26.9 $^{a}$ | 0.13 $^{f}$ | 3.04 $^{a}$ | 0.043 $^{f}$ | 0.55 $^{cd}$ | 0.083 $^{bc}$ |
| | 6 | 64.6 $^{bc}$ | 9.3 $^{cd}$ | 22.3 $^{bc}$ | 0.74 $^{b}$ | 2.73 $^{b}$ | 0.271 $^{c}$ | 0.37 $^{e}$ | 0.068 $^{cd}$ |
| | 9 | 48.8 $^{d}$ | 6.6 $^{d}$ | 23.3 $^{b}$ | 0.85 $^{a}$ | 2.52 $^{c}$ | 0.336 $^{c}$ | 0.14 $^{f}$ | 0.063 $^{cd}$ |
| آب مقطر Distilled water | 2.5 | 91.5 $^{a}$ | 18.8 $^{a}$ | 22.7 $^{b}$ | 0.14 $^{f}$ | 1.81 $^{f}$ | 0.075 $^{ef}$ | 0.61 $^{c}$ | 0.088 $^{bc}$ |
| | 6 | 63.2 $^{c}$ | 15.1 $^{b}$ | 21.8 $^{bcd}$ | 0.62 $^{c}$ | 1.53 $^{h}$ | 0.410 $^{a}$ | 0.44 $^{de}$ | 0.090 $^{bc}$ |
| | 9 | 45.4 $^{d}$ | 9.4 $^{cd}$ | 17.4 $^{g}$ | 0.675 $^{bc}$ | 1.79 $^{f}$ | 0.375 $^{ab}$ | 0.38 $^{e}$ | 0.068 $^{cd}$ |
| 1 mM SA | 2.5 | 48.5 $^{d}$ | 10.9 $^{c}$ | 18.2 $^{fg}$ | 0.37 $^{d}$ | 1.60 $^{gh}$ | 0.227 $^{c}$ | 1.43 $^{b}$ | 0.090 $^{bc}$ |
| | 6 | 64.3 $^{c}$ | 9.2 $^{cd}$ | 19.8 $^{ef}$ | 0.12 $^{f}$ | 2.20 $^{d}$ | 0.052 $^{f}$ | 1.39 $^{b}$ | 0.095 $^{ab}$ |
| | 9 | 59.0 $^{c}$ | 9.4 $^{cd}$ | 20.2 $^{e}$ | 0.15 $^{f}$ | 1.38 $^{i}$ | 0.106 $^{de}$ | 1.65 $^{a}$ | 0.077 $^{bc}$ |
| 2.5 mM SA | 2.5 | 64.5 $^{bc}$ | 9.5 $^{cd}$ | 20.6 $^{e}$ | 0.40 $^{d}$ | 1.64 $^{g}$ | 0.240 $^{c}$ | 0.47 $^{de}$ | 0.093 $^{abc}$ |
| | 6 | 70.5 $^{a}$ | 7.7 $^{cd}$ | 20.3 $^{de}$ | 0.26 $^{e}$ | 2.05 $^{e}$ | 0.130 $^{d}$ | 0.41 $^{de}$ | 0.117 $^{a}$ |
| | 9 | 62.6 $^{c}$ | 10.3 $^{c}$ | 20.7 $^{cde}$ | 0.37 $^{d}$ | 1.63 $^{g}$ | 0.231 $^{c}$ | 0.48 $^{cde}$ | 0.045 $^{d}$ |

درهرستون، میانگین‌های دارای یک حرف مشترک، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

In each column, means with similar letters are not significantly different (Dunacn, P = 0.05)

شدت کاهش در پیش‌تیمار با آب مقطر به‌ترتیب 50 و 23 درصد برای سطح برگ و SPAD بود اما در هر دو غلظت SA (1 و 2/5 میلی‌مولار) افزایش شوری اثر کاهنده مشخصی بر سطح برگ و شاخص سبزینگی برگ نداشت. کاهش بسیار شدید سطح برگ در اثر افزایش شوری در تیمار بذر خشک و کاهش بسیار کمتر SPAD نشان می‌دهد که احتمالاً تقسیم و گسترش سلولی در مقایسه با سنتز کلروفیل حساسیت بیشتری به اثرات سمی و یا اسمزی شوری دارد. به‌نظر می‌رسد پیش‌تیمار با 1 و 2/5 میلی‌مولار SA سبب حفظ نسبی دو شاخص مهم قدرت منبع یعنی سطح برگ و غلظت کلروفیل آن از اثرات کاهنده شوری شده است و بنابراین ممکن است در بقا و تولید گیاه در شوری‌های شدید مؤثر باشد. تیمار بذر خشک اگرچه بالاترین عدد اسپد را دارد اما احتمالاً به سبب داشتن پایین‌ترین سطح برگ از دیدگاه قدرت منبع در کنار پیش‌تیمار با آب مقطر قرار می‌گیرد. گزارش شده است که در شوری‌های بالا، به‌سبب آسیبی که یون‌هایی مانند سدیم و کلر به پروتئین‌ها وارد می‌سازند، اتصال بین کلروفیل و پروتئین‌های کلروپلاستی سست شده و کلروفیل‌ها تخریب می‌شوند (Misra and Sricastatva, 2000). همچنین ممکن است کاهش محتوای کلروفیل به‌دلیل عدم سنتز این ماده در اثر افزایش اتیلن در شرایط تنش باشد (Khan, 2003). از سوی دیگر، فعالیت آنزیم کلروفیلاز با کاربرد تنش شوری افزایش می‌یابد. بنابراین می‌توان گفت کاهش کلروفیل در شرایط تنش شوری، هم به‌دلیل کاهش سنتز آن و هم افزایش تجزیه و تخریب کلروفیل می‌باشد (Singh and Jain, 1981). در پژوهشی بر روی گیاه تربچه با چهار سطح شوری (0، 4/7، 9/4 و 14/1 دسی‌زیمنس بر متر) مشخص شد که با افزایش شوری محتوای کلروفیل کاهش یافت به‌طوری‌که کمترین آن در شوری 14/1 بود (Jamil *et al.*, 2007). با این حال نتیجه پژوهشی دیگر نشان داده است که پیش‌تیمار بذور جو با محلول 0/01 مولار SA محتوای کلروفیل را افزایش می‌دهد (El-Tayeb, 2005). به اعتقاد لی و همکاران (Li *et al.*, 1992)، SA مانع فعالیت آنزیم ACC سنتتاز شده و از تشکیل اتیلن و به دنبال آن کاهش کلروفیل جلوگیری می‌کند.

### وزن خشک اندام هوایی و ریشه

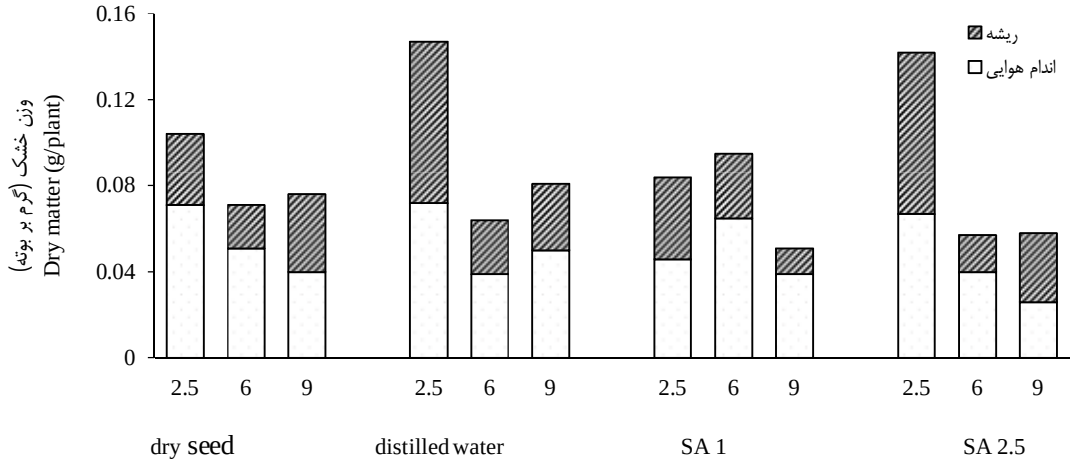
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر غلظت، شوری و بر همکنش شوری و غلظت بر وزن خشک اندام هوایی و ریشه گیاهچه کنجد معنی‌دار بود (جدول 2). در شرایط بدون پیش‌تیمار (بذر خشک) و پیش‌تیمار با آب مقطر، با افزایش شوری ماده خشک اندام هوایی کاهش یافت اما تفاوت معنی‌داری بین سطوح 6 و 9 $dS\ m^{-1}$ مشاهده نشد (شکل 1). همین روند کاهشی در پیش‌تیمار با 2/5 mM SA هم مشاهده شد اما وزن خشک اندام هوایی در شوری 6 به‌طور معنی‌داری بیش از 9 $dS\ m^{-1}$ بود. اما در پیش‌تیمار با 1mM SA وزن خشک اندام هوایی در همین شوری (6 $dS\ m^{-1}$) به‌طور معنی‌داری بیش از دو شوری دیگر بود و به‌طور کلی اثر مثبتی از SA بر وزن خشک اندام هوایی به‌جز در EC =6 $dS\ m^{-1}$ و 1mM SA مشاهده نشد. به همین ترتیب، اثر روشن و مشخصی از پیش‌تیمار SA بر ماده خشک ریشه مشاهده نشد. روند تغییرات وزن خشک ریشه با افزایش شوری تا 6 و 9 $dS\ m^{-1}$ به‌طور کلی کاهشی بود و تنها در پیش‌تیمار با 1 mM SA، وزن خشک ریشه در شوری 6 $dS\ m^{-1}$ با شاهد تفاوتی نداشت. به‌طور کلی بیشترین وزن خشک ریشه مربوط به شوری شاهد در هر پیش‌تیمار بود (به‌جز تیمار بذر خشک). بیشترین وزن خشک بوته (اندام هوایی + ریشه) نیز از پیش تیمار با 0 (آب مقطر) و 2/5 mM SA در شرایط شوری شاهد به‌دست آمد و در مورد وزن خشک بوته نیز اثر SA روشن نبود.

به‌طور کلی در گیاهان غیر هالوفیت، شوری از طریق کمبود آب در یاخته‌های در حال توسعه (Mirmohammadi and Ghareiazi, 2002) و همچنین کاهش سرعت فتوسنتز (Ashraf and Foolad, 2007) باعث کاهش رشد گیاه می‌شود. گزارش شده است که کاربرد SA به‌صورت پیش‌تیمار بذر یا محلول‌پاشی برگی سبب افزایش ماده خشک بوته برنج در شرایط تنش خشکی می‌شود (Farooq *et al.*, 2009). همچنین در آزمایشی دیگر، روش‌های گوناگون پیش‌تیمار بذرهای چند ژنوتیپ کنجد ازجمله پیش‌تیمار با آب مقطر سبب بهبود تمام ویژگی‌های رشدی گیاهچه ازجمله وزن تر و خشک شده است (Shabbir *et al.*, 2014).

### غلظت سدیم اندام هوایی

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به غلظت سدیم گیاهچه کنجد نشان داد که اثر شوری و برهمکنش شوری و SA بر غلظت سدیم معنی‌دار بود (جدول 2). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در تیمار شاهد (بذر خشک) و پیش‌تیمار با آب مقطر با افزایش شوری غلظت سدیم به‌شدت و به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد، به‌طوری‌که در شوری 9 $dS\ m^{-1}$، غلظت سدیم در بذر خشک و آب مقطر به‌ترتیب به 0/85 و 0/675 درصد وزن خشک رسید. در پیش‌تیمار با آب مقطر (SA صفر)، غلظت سدیم در سطوح شوری 6 و 9 $dS\ m^{-1}$ تفاوتی با هم نداشتند اما به‌طور معنی‌داری از سطح شاهد بیشتر بودند (جدول 3). اما در پیش‌تیمار با 1 و 2/5 mM SA غلظت سدیم اندام هوایی در شوری‌های 6 و 9 $dS\ m^{-1}$ کمتر از شاهد (EC =2/5 $dS\ m^{-1}$) بود و تنها در شوری 9 و پیش‌تیمار 2/5 میلی‌مولار SA این تفاوت معنی‌دار نبود. به‌نظر می‌رسد پیش‌تیمار بذر

با SA در هر دو غلظت 1 و 2/5 mM SA توانسته است تا حد زیادی مانع از افزایش انباشتگی سدیم در اندام هوایی گیاهچه کنجد شود. نتیجه پژوهشی نشان داده است کاربرد SA موجب کاهش غلظت سدیم و کلر و افزایش کاتیون‌ها ازجمله پتاسیم در بوته‌های ذرت در تنش‌های مختلف گردیده است (Hussein *et al.*, 2007; Guness *et al.*, 2007). همچنین کاربرد SA در گیاه جو در شرایط تنش شوری موجب کاهش سدیم و افزایش میزان پتاسیم شد. به نظر می‌رسد کاهش جذب سدیم در کاهش آسیب به غشاء و افزایش ماده خشک مؤثر است (El-Tayeb, 2005).




**شکل 1- تغییرات وزن خشک اندام هوایی گیاهچه کنجد در تیمارهای مختلف شوری (2/5، 6 و 9 دسی‌زیمنس بر متر) و پیش‌تیمارهای مختلف با غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید (1و 2/5 میلی‌مولار) به همراه پیش‌تیمار با آب مقطر (SA0) و بذر خشک حروف مقایسه میانگین برای مقایسه میانگین‌های اندام هوایی و ریشه به‌صورت جداگانه است (Duncan, $p \leq 0.05$).**

**Table 1- Shoot and root dry matter changes of sesame seedlings along with salinity (2.5, 6 and 9 dS $m^{-1}$) and SA seed priming (dry seed, distilled water, 1 and 2.5 mM)**
**Mean comparison letters are to compare root and shoot values, separately.**

### غلظت پتاسیم اندام هوایی

غلظت پتاسیم اندام هوایی گیاهچه کنجد نیز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر شوری و اثر متقابل شوری و SA قرار گرفت (جدول 2). نتیجه مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش شوری، محتوای پتاسیم اندام هوایی در سطح شاهد (بذر خشک) به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (به‌ترتیب 10 و 17 درصد نسبت به شاهد برای شوری‌های 6 و 9dS $m^{-1}$) (جدول 3). پیش‌تیمار، چه با آب مقطر و چه با هر دو غلظت SA، اثر مثبتی بر محتوای پتاسیم اندام هوایی نداشت و در همه موارد سبب کاهش معنی‌دار محتوای پتاسیم نسبت به بذر خشک شد. با این‌حال، در شوری 6 dS $m^{-1}$، پیش‌تیمار با 1 و 2/5mM SA سبب افزایش محتوای پتاسیم اندام هوایی نسبت به شوری شاهد در هریک از این دو پیش‌تیمار شد (برای نمونه، 2/20 در برابر 1/60 درصد به‌ترتیب برای شوری‌های 6 و 2/5 dS $m^{-1}$ و پیش‌تیمار با 1 میلی‌مولار SA). به‌طور کلی تنش شوری از طریق اختلال در مکانیسم جذب پتاسیم به‌وسیله ریشه، باعث کاهش غلظت پتاسیم اندام‌های گیاه می‌شود (Ashraf and Oleary, 1996). با این حال، نتایج آزمایش ما با آزمایش گونزو همکاران (Gunes *et al.*, 2007)، که در آن گزارش شده است غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید (0/1، 0/5 و 1 میلی‌مولار) غلظت پتاسیم را در ذرت، چه در شرایط شور (40 NaCl mM) و چه در شرایط غیر شور کاهش داد، همخوانی دارد.

### نسبت سدیم به پتاسیم

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به نسبت غلظت سدیم به پتاسیم اندام هوایی گیاهچه کنجد نشان داد که اثر شوری، غلظت و اثر متقابل شوری و غلظت بر نسبت غلظت سدیم به پتاسیم معنی‌دار بود (جدول 2). نتایج صفت نسبت سدیم به پتاسیم اندام هوایی شباهت زیادی با غلظت سدیم دارد. در شوری‌های 6 و 9 dS $m^{-1}$ نسبت سدیم به پتاسیم در تیمارهای 1 و 2/5 mM سالیسیلیک اسید به‌طور معنی‌داری از تیمارهای بذر خشک و پیش‌تیمار آب مقطر کمتر بود (جدول 3). با مقایسه با غلظت‌های

سدیم و پتاسیم می‌توان دریافت کم بودن این نسبت در دو تیمار SA به سبب جذب کمتر سدیم بوده است نه جذب بیشتر پتاسیم. نتایج پیشنهاد می‌کنند که پیش‌تیمار با 1 و 2/5 mM SA سبب کاهش نسبت سدیم به پتاسیم و احتمالاً بهبود رشد گیاهچه‌ای کنجد می‌شود. در همین رابطه گزارش شده است کاربرد SA نسبت سدیم به پتاسیم در اندام هوایی گندم را در شرایط شوری کاهش می‌دهد (Hamada and Al-Hakimi, 2001). به‌طور کلی، یکی از مکانیسم‌های مؤثر در مقاومت به شوری نسبت سدیم به پتاسیم پایین در اندام‌های گیاه تحت تیمار شوری می‌باشد که ازطریق توانایی گیاهچه در جذب فعال پتاسیم و جلوگیری از ورود سدیم به ریشه حاصل می‌شود. به گونه‌ای که در ارقام مقاوم به شوری در مقایسه با ارقام حساس به شوری نسبت سدیم به پتاسیم پایین‌تری دارند (Khan *et al.*, 1992).

## غلظت منیزیم اندام هوایی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر شوری، غلظت هورمون و اثر متقابل شوری و غلظت بر غلظت منیزیم اندام هوایی گیاهچه کنجد معنی‌دار بود (جدول 1). با افزایش شوری در بذر خشک و پیش‌تیمار با آب مقطر، غلظت منیزیم نسبت به شاهد به‌ترتیب حدود 75 و 38 درصد کاهش یافت (0/14 در برابر 0/55 میلی‌گرم بر گرم برای بذر خشک و 0/38 در برابر 0/61 میلی‌گرم بر گرم برای پیش‌تیمار با آب مقطر) (جدول 3). در تیمار 1 mM سالیسیلیک اسید در هر سه سطح شوری غلظت منیزیم به‌طور معنی‌داری از دیگر سطوح پیش‌تیمار بالاتر بود. اما در تیمار 2/5 mM تفاوت قابل توجهی بین سطوح شوری وجود نداشت و همچنین غلظت منیزیم به‌طور معنی‌داری کمتر از تیمار 1 mM سالیسیلیک اسید بودند. به‌طورکلی به نظر می‌رسد کاربرد سالیسیلیک اسید توانسته از اثر منفی شوری بر جذب منیزیم جلوگیری کند اگرچه غلظت 1 mM آن در مجموع بهتر از mM بوده است. گرجی (Gorji, 2008) گزارش کرد که با افزایش شوری محتوای منیزیم اندام هوایی و ریشه گلرنگ کاهش یافت. در آزمایش بورسی‌یر و همکاران (Boursier *et al.*, 1987)نیز کاهش غلظت منیزیم در اثر تنش شوری در سورگوم مشاهده شد. همچنین دیوید و گوسوامی (Dravid and Goswami, 1986) دریافتند افزایش شوری در سویا منجر به کاهش جذب عناصر کلسیم، منیزیم، پتاسیم و فسفر گردید. نتیجه آزمایشگونز و همکاران (Gunes *et al.*, 2007) و کارلیداگ و همکاران (Karlidag *et al.*, 2009) نیز نشان داد که با افزایش غلظتSA محلول‌پاشی شده بر بوته‌های ذرت از 0/1 تا 1 میلی‌مولار محتوای منیزیم اندام هوایی بوته‌های ذرت و توت فرنگی در شرایط تنش شوری افزایش یافت.

## غلظت فسفر اندام هوایی

غلظت فسفر گیاهچه کنجد به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمار شوری و اثر متقابل تیمار شوری و غلظت قرار گرفت، اما اثر غلظت معنی‌دار نبود (جدول 1). با افزایش شوری از سطح شاهد تا 9 $dS\ m^{-1}$، در تیمار بذر خشک و پیش‌تیمار با آب مقطر، تغییر معنی‌داری در غلظت فسفر مشاهده نشد (جدول 3). پیش تیمار با 2/5 میلی‌مولار SA در شوری 6 $dS\ m^{-1}$ سبب افزایش معنی‌دار و تقریباً 72 و 30 درصدی غلظت منیزیم نسبت به تیمارهای بذر خشک و آب مقطر شد (0/117 در برابر 0/068 و 0/090 میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) اما در شوری 9 $dS\ m^{-1}$ اثر مثبتی از هیچ‌یک از دو غلظت SA دیده نشد.

نتایج متفاوتی از اثر SA بر جذب فسفر در شرایط شوری گزارش شده است. نتیجه یک آزمایش نشان داده است که شوری حاصل از کلرید سدیم در هر سه غلظت SA (0/1، 0/5 و 1 mM) به‌صورت محلول‌پاشی سبب کاهش غلظت فسفر در گیاهچه ذرت شده است (Gunes *et al.*, 2007) در حالی‌که پرایمینگ بذر ذرت با 20 mg/Lit SA در شرایط تنش سرمایی سبب افزایش غلظت فسفر اندام هوایی و ریشه گیاهچه ذرت شد (Ahmad *et al.*, 2015). یکی از دلایل احتمالی کاهش جذب فسفر در شرایط شوری، وجود مقدار زیادی از یون‌های کلسیم و منیزیم در محیط است که موجب غیر فعال شدن فسفر در خاک می‌شود. بالا بودن قدرت یونی محیط‌های شور نیز عامل دیگری برای کاهش فعالیت فسفر در خاک می‌باشد (Awad *et al.*, 1990). همچنین پاپادوپولوس و رندینگ (Papadopoulos and Rendig, 1983) معتقدند که در خاک‌های شور، آنیون‌های $Cl^-$ و $H_2PO_4^-$ برای جذب توسط گیاه با یکدیگر رقابت می‌کنند و درنتیجه جذب فسفر و تجمع آن در اندام هوایی سیب زمینی کاهش می‌یابد.

## همبستگی

نتیجه آزمون همبستگی (جدول 4) نشان داد که سطح برگ بوته‌های کنجد با هیچ‌یک از صفات اندازه‌گیری شده در این پژوهش همبستگی معنی‌داری نداشت. این مشاهده ممکن است به سبب سن کم گیاهچه و عدم گسترش کافی آن تا زمان اندازه‌گیری (یک ماه پس از کاشت) باشد و بدین ترتیب تغییرات آن چندان تعیین‌کننده نبوده است. برخلاف آن، بررسی ضرایب همبستگی شاخص کلروفیل برگ (SPAD) حاکی از رابطه مثبت و معنی‌دار آن با وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک کل و محتوای پتاسیم اندام هوایی است. از آن‌جا که محتوای کلروفیل برگ رابطه نزدیکی با سرعت فتوسنتز آن دارد می‌توان چنین فرض کرد که توان فتوسنتزی برگ و نه مساحت سطح آن، اثر مشخصی بر تولید ماده خشک داشته است.

جدول ٤- ضرایب همبستگی بین صفات وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک کل، سطح برگ، عدد اسپد، محتوای سدیم و محتوای پتاسیم اندام هوایی، نسبت سدیم به پتاسیم و محتوای منیزیم و فسفر اندام هوایی

**Table 4- Covariance coefficients of root dry weight, shoot DW, plant DW, leaf area, SPAD value, shoot Na content, shoot K content, Na/K ratio and shoot Mg and P content**

| صفت Trait | وزن خشک ریشه Root DW | وزن خشک اندام هوایی Shoot DW | وزن خشک کل Plant DW | سطح برگ Leaf area | عدد اسپد SPAD | غلظت سدیم Na content | غلظت پتاسیم K content | نسبت سدیم به پتاسیم Na/K | غلظت منیزیم Mg content |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| وزن خشک اندام هوایی Shoot DW | 0.42 ** | | | | | | | | |
| وزن خشک کل Plant DW | 0.83 ** | 0.84 ** | | | | | | | |
| سطح برگ Leaf area | -0.24 ns | -0.09 ns | 0.21 ns | | | | | | |
| عدد اسپد SPAD | 0.25 ns | 0.31 * | 0.37 ** | 0.15 ns | | | | | |
| سدیم Na content | -0.03 ns | -0.08 ns | -0.10 ns | -0.18 ns | 0.12 ns | | | | |
| پتاسیم K content | 0.08 ns | 0.41 ** | 0.30 * | 0.07 ns | 0.67 ** | 0.08 ns | | | |
| نسبت سدیم به پتاسیم Na/K | -0.28 ns | -0.22 ns | -0.39 ** | 0.06 ns | 0.10 ns | -0.19 ns | -0.01 ns | | |
| منیزیم Mg content | -0.18 ns | -0.11 ns | -0.17 ns | -0.07 ns | -0.32 * | -0.58 ** | -0.34 ** | 0.07 ns | |
| فسفر P content | 0.08 ns | 0.17 ns | -0.17 ns | -0.11 ns | -0.29 * | -0.91 ** | -0.27 ns | -0.17 ns | 0.46 ** |

** ، * و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۱درصد، در سطح ۵ درصد معنی‌دار و غیر معنی‌دار

*, ** and ns : significant at 0.01, 0.05 and non-significant

از سوی دیگر، غلظت سدیم اندام هوایی با هیچ‌یک از پارامترهای رویشی گیاه (وزن خشک، سطح برگ و شاخص SPAD) رابطه همبستگی نداشت در حالی‌که با محتوای منیزیم و به‌ویژه فسفر همبستگی منفی معنی‌داری داشت که نشان از کاهش جذب منیزیم و فسفر در شرایط افزایش محتوای سدیم خاک دارد. در مقابل، محتوای پتاسیم اندام هوایی با وزن خشک اندام هوایی و وزن خشک کل و شاخص SPAD همبستگی مثبت معنی‌دار و با محتوای منیزیم اندام هوایی همبستگی منفی معنی‌داری داشت. به نظر می‌رسد جذب منیزیم با سدیم و پتاسیم حالت رقابتی[1] دارد. درنهایت، وزن خشک کل تقریباً به یک اندازه با وزن خشک ریشه و اندام هوایی همبستگی مثبت معنی‌دار دارد (ضرایب همبستگی به‌ترتیب 0/83 و 0/84). بدین ترتیب می‌توان حدس زد که در دروه رشد یک ماهه گیاهچه‌های کنجد، رشد ریشه و اندام هوایی تقریباً به یک اندازه تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفته است.

## نتیجه‌گیری

استفاده از پیش‌تیمار سالیسیلیک اسید سبب افزایش درصد سبز شد و این اثر به‌ویژه در شوری‌های بالا بسیار روشن بود. اما برخی از شاخص‌های مرتبط با رشد رویشی مانند سطح برگ و عدد اسپد در اثر کاربرد سالیسیلیک اسید نسبت به شاهد کاهش یافت که احتمالاً به سبب ویژگی بازدارندگی این هورمون بوده است. با این حال در شوری 9 دسی‌زیمنس بر متر اثر مثبتی از کاربرد این تنظیم‌کننده بر حفظ شاخص کلروفیل برگ و سطح برگ مشاهده شد. همچنین جذب کمتر سدیم و جذب بیشتر پتاسیم از دیگر اثرهای کاربرد سالیسیلیک اسید بوده است. به نظر می‌رسد کاربرد سالیسیلیک اسید اثر قابل توجهی بر القا تحمل تنش شوری در مرحله جوانه‌زنی داشته باشد اما اثر آن بر رشد گیاهچه‌ای در شوری‌های شدید، بیشتر در جهت بقاء آن است.

## References


1. Ashraf, M., and Foolad, M. R. 2007. Improving plant abiotic-stress resistance by exogenous application of osmoprotectants glycine betaine and proline. Environmental and Experimental Botany 59: 206-16.
2. Ashraf, M., and Oleary, W. 1996. Response of some newly developed salt tolerant genotypes of spring wheat to salt stress, I. Yield components and ion distribution. Journal of Agronomy and Crop Science 176: 91-101.
3. Awad, A. S., Edward, D. G., and Campbell, L. C. 1990. Phosphorus enhancement of salt tolerance of tomato. Crop Science 30: 123-128.
4. Boursier, P., Lynch, J., Lauchli, A., and Epstein, E. 1987. Chloride partitioning in leaves of salt-stressed sorghum, maize, wheat and barley. Functional Plant Biology14: 463-473.
5. Dalia, M. N. 2001. Studies for improving yield potential of some sesame genotypes. PhD dissertation, Cairo University, Cairo, Egypt.
6. Dravid, M. S., and Goswami, N. N. 1986. Significance of leaf phosphorus remobilization in yield production in soybean. Crop Science 32: 420-424.
7. El-Tayeb, M. A. 2005. Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regulation 45: 215-224.
8. Farooq, M., Basra, S., Wahid, A., Ahmad, N., and Saleem, B. 2009. Improving the drought tolerance in rice (*Oryzasativa* L.) by exogenous application of salicylic acid. Journal of Agronomy and Crop Science 195: 237-246.
9. Foroodel, S., Sadrabadi Haghighi, R., and Nabavi Kalat, S. M. 2011. Effect of seed priming on seedling growth of sesame under salinity stress. Iranian Journal of Field Crop Research 9: 535-543. (in Persian with English abstract).
10. Gautam, S., and Singh, P. K. 2009. Salicylic acid – induced salinity tolerance in corn grown under NaCl stress. Acta Physiologia Plantarum 31: 1185-1190.
11. Gorji, M. 2008. Effect of Ca and K concentration in hydroponic solution on safflower response to salinity.MSc dissertation, Industrial University of Isfahan, Iran. (in Persian with English abstract).
12. Gunes, A., Inal, A., Alpaslan, M., Eraslan, F., Guneri Bagci, E., and Cicek, N. 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 164: 728-736.
13. Hamada, A. M., and Al-Hakimi, A. M. A. 2001. Salicylic acid versus salinity – drought -induced stress on wheat seedlings. Plant, Soil and Environment 47: 444-450.
14. Hayat, S., Ali, B., and Ahmad, A. 2007. Salicylic acid: biosynthesis, metabolism and physiological role in plants. Springer, Netherlands.


1- Antagonistic

15. Heidary sharif abad, H. 2001. Plant and salinity. Research Institute of Forests and Grasslands Publication.199 P. (in Persian).
16. Hussein, M. M., Balbaa, L. K., and Gaballah, M. S. 2007. Salicylic acid and salinity effects ongrowth of maize plants. Journal of Agriculture and Biological Sciences 3: 321-328.
17. Jamil, M., Rehman, S., Lee, K. J., Man Kim, J., Kim, H. S. E., and Rhal, S. 2007. Salinity reduced growth PS2 photochemistry and chlorophyll content in radish. Scientia Agricola 64: 111-118.
18. Karlidag, H., Yildirim, E., and Turan, M. 2009. Salicylic acid ameliorates the adverse effect of salt stress on strawberry. Scientia Agricola 66: 180-187.
19. Kaya, M. D., Okçu, G., Atak, M., Çıkılı, Y., and Kolsarıcı, Ö. 2006. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annus* L.). European Journal of Agronomy 24: 291-295.
20. Khan, H. A., Pervez, M. A., Ayub, C. M., Ziaf, K., Bilal, R. M., Shahid, M. A., and Akhtar, N. 2009. Hormonal priming alleviates salt stress in hot pepper (*Capsicum annuum* L.). Soil and Environment 28: 130-135.
21. Khan, M. Y., Rauf, A., Makhdoom, I., Ahmad, A., and Shah, S. M. 1992. Effect of saline sodic soils on mineral composition of eight wheat cultivars under field conditions. Sarhad Journal of Agriculture 8: 477-486.
22. Khan, N. A. 2003. NaCl inhibited chlorophyll synthesis and associated changes in ethylene evolution and antioxidative enzyme activities in wheat. Plant Biology 47: 437-440.
23. Khodary, A. S. E. 2004. Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed maize plants. International Journal of Agriculture and Biology 226: 1560-8530.
24. Li, N., Parsons, B. L., Liu, D. R., and Mattoo, A. K. 1992. Accumulation of wound-inducible ACC synthase transcript in tomato fruit is inhibited by salicylic acid and polyamines. Plant Molecular Biology 18: 477-487.
25. Maas, E. V. 1986. Crop tolerance to saline soil and water.Prospects for Biosaline Research Workshop. Karachi. Pakistan, 205.
26. Mirmohammadi Meibodi, S. A. M., and Gharehiazi, B. 2002. Physiological and breeding aspects of salinity stress in field crops. Industrial University of Isfahan, Iran. (in Persian).
27. Misra, A., and Sricastatva N. K. 2000. Influence of water stress on Japanese mint. Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants 7: 51-58.
28. Shabbir, I., Ayub, M., Tahir, M., Bilal, M., Tanveer, A., Hussain, M., and Afzal, M. 2014.Impact of priming techniques on emergence and seedling growth of sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes. Scientia Agricola 1: 92-96.
29. Sharma, N., Abrams, S. R., and Waterer, D. R. 2005. Uptake, movement, activity, and persistence of an abscisic acid analog (80 acetylene ABA methyl ester) in marigold and tomato. Journal of Plant Growth Regulation 24: 28-35.
30. Singh, G., and Jain, S. 1981. Effect of some growth regulators on certain biochemical parameters during seed development in chickpea under salinity. Indian Journal of Plant Physiology 20: 167-179.
31. Wang, L., Chen, S., Kong, W., Li, S., and Archbold, D. D. 2006. Salicylic acid pretreatment alleviates chilling injury and affects the antioxidant system and heat shock proteins of peaches during cold storage. Postharvest Biology and Technology 41: 244-251.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 15, No. 4, Winter. 2017, p. 735-746

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد 15، شماره 4، زمستان 1396، ص. 746-735

# Effects of Pretreatment with Salicylic Acid on Growth and Nutrient Uptake of Sesame Seedlings under Salt Stress

**H. Safari[1*]- Sh. Madah Hosseini[2]- A. Azari[2]- M. Heshmati Rafsanjani[3]**

Received: 25-08-2014
Accepted: 25-12-2016

**Introduction**

Salinity stress is regarded as one of the most important abiotic factors limiting plant growth and agricultural products, particularly in arid and semi-arid regions. Sesame (*Sesamum indicum* L.) is an important oilseed crop rated moderately salt tolerant and capable of producing profitable crops in saline conditions. Germination and seedling establishment are critical stages in the life cycle of plants especially under stress conditions. Different methodologies have been adopted by plant physiologists in different crops to alleviate salt stress. Seed priming has proven beneficial in this regard in many important agricultural crops. Salicylic acid is one of the physiological processes regulators that it increases resistant of plants to environmental stresses such as salinity stress.

**Materials and Methods**

To evaluate the effect of different levels of salinity and seed pretreatment with salicylic acid (SA), on some growth indices and nutrient uptake of sesame (*Sesamum indicum* L.) seedling, a factorial experiment with completely randomized design and four replicates was conducted in Department of Agronomy, Rafsanjan University of Vali-e- Asr. Factors were seed pretreatment with three levels including, distilled water, 1 mM salicylic acid and 2.5 Mm salicylic acid and salinity at three levels: control (Hoagland standard solution, 2.5 $dS.m^{-1}$), 6 and 9 $dS.m^{-1}$. A dry seed treatment (no pretreatment) was also added and considered as control.

**Results and Discussion**

Results showed that at 9 $dS/m^{-1}$both SA concentrations caused significant increase in emergence percentage compared to dry seed and distilled water. Plant leaf area and SPAD values decreased along with salinity in dry seed and distilled water, nevertheless, at 2.5 mM SA, values were not significantly different between 6 and 9 $dS.m^{-1}$. On the other hand, SA seed pretreatment decreased shoot Na and increased K content, although shoot Mg and P contents were the highest at 1 and 2.5 mM SA, respectively. The effects of SA pretreatment on shoot dry mass was not clear. The highest shoot, root and seedling dry weights were observed at control salinity in dry seed, distilled water and 2.5 mM SA and decreased with salinity level. Seedling dry weight was not significantly lower than control only in 1 mM SA and 9 $dS.m^{-1}$ salinity.

**Conclusions**

Generally, in this experiment ameliorative effects of SA pretreatment were more pronounced on seedling survival and some nutrient uptake.

**Keywords:** Hormon, Priming, Sodium Chloride

1- MS.c. Agriculture College, Vali-E-Asr University, Rafsanjan
2- Assistant Professor, Department of Agronomy, Agriculture College, Vali-E-Asr University, Rafsanjan
3- Assistant Professor, Department of Soil Science, Agriculture College, Vali-E-Asr University, Rafsanjan
(*- Corresponding Author Email: safari4141@yahoo.com)