

# Investigating the effect of Salicylic Acid on Reduce Salinity Stress in Tomatoes

Jaber Pahanhande Yingjah<sup>1\*</sup>, Mohammad Sediq Zarefar<sup>2</sup>, Alireza Motallebi Azar<sup>1</sup>, Fariborz Zare Nahandi<sup>1</sup>, Mina Amani<sup>3</sup>

1. Associate Professor, Department of Horticultural Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Tabriz University, Tabriz, Iran.
2. Graduated from Department of Horticultural Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Tabriz University, Tabriz, Iran.
3. Ph.D. student of the physiology of production and post-harvest of medicinal plants, Department of Horticultural Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Tabriz University, Tabriz, Iran

## Introduction

Various methods of stress directly affected the growth and production yield of numerous plants. For example, environmental stress reduces the tomato manufacturing by the disrupting its natural metabolism, or, salinity stresses affect the it is growth and development from the germination stage to the fruit ripening stage. Salinity in tomatoes by stimulating the biosynthesis of growth regulators such as ethylene and abscisic acid leads to the acceleration of the aging of the leaves. Therefore, the development of different methods to induce salinity stress tolerance in plants is necessary. Some approaches were studied to develop the salinity tolerant plants such as genetic breeding, environmental improvements and usage of phytohormones and signal molecules. Salicylic acid or orthohydroxybenzoic acid plays an important role in regulating the physiological and biochemical responses of plants to stress conditions, which improves the plant's resistance to adverse environmental conditions. For instance, salicylic acid is a facile and effective way to increase plant productivity under salt stress conditions.

Considering the positive effects of salicylic acid in modulating the effects of salinity, this study was conducted with the aim of investigating the effects of salicylic acid's usage in modulating the harmful effects of salinity on some vegetative, physiological, quantitative and qualitative characteristics of two tomato cultivars of Baneh local mass and Semi Dwarf line.

## Materials and Methods

To investigate the effect of salicylic acid in modulating the effects of salinity stress in tomato, a factorial experiment was conducted in the form of a randomized complete block design, with 12 treatments, in 3 replications and with a total of 36 experimental units in the hydroponic greenhouse of the Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, and university of Tabriz. The treatments included two levels of salicylic acid (0 and 1 mM) and salinity levels (0, 35 and 70 mM NaCl) on two tomato cultivars of Baneh and Semi Dwarf .

## Results and Discussion

The results showed that in Baneh and Semi Dwarf cultivars, the increase in salinity levels caused a decrease in vegetative indices, meanwhile the treatment of salicylic acid along with salt stress increased same indices. Also, salt stress caused yield reduction in both Baneh and Semi Dwarf cultivars. By examining the qualitative indicators, it was observed that titratable acidity and vitamin C increased with salt stress and salicylic acid treatment in both cultivars. In terms of physiological indicators, the amount of proline increased at different salinity levels with salicylic acid treatment, but the amount of leaf chlorophyll index decreased with the increase of same condition.

## Conclusions

The results of testing the effect of salicylic acid and the effects of salinity stress on vegetative, quantitative, qualitative and physiological indicators in Baneh and Semi Dwarf tomatoes showed a remarkable difference in terms of significance. In terms of vegetative traits; Plant height, leaf area index, shoot wet in Baneh and Semi Dwarf cultivars decreased with increasing salinity levels of vegetative indices, but salicylic acid treatment along with salinity stress increased same indices. Indicators such as yield, fresh weight of fruit, and percentage of dry matter of fruit showed different responses to different levels of salinity and salicylic acid treatment. The fresh weight of fruit increased with the application of salicylic acid. Also, salt stress caused an increase in the percentage of dry matter of the fruit. But salt stress caused yield reduction in both Baneh and Semi Dwarf cultivars. In terms

of quality indicators; the amount of titratable acidity and vitamin C increased with salt stress and salicylic acid treatment in both cultivars. In case of physiological indicators; the amount of proline increased at different salinity levels with salicylic acid treatment. But the amount of leaf chlorophyll index decreased with the increase of salinity levels along with salicylic acid treatment. In general, salinity stress in Baneh and Semi Dwarf cultivars decreased in most of the analyzed traits. But it improved some quality traits and salicylic acid treatment improved the mentioned indices in most of the examined indices in both cultivars. Therefore, considering that salicylic acid treatment has positive effects in Baneh and Semi Dwarf cultivars under salinity stress conditions, it is recommended.

**Keywords:** Salinity stress, Proline, Salicylic acid, Tomato, Vitamin C.

مجله علمی پژوهشی  
پایه علمی  
پایه علمی

# بررسی اثر سالیسیلیک اسید بر تعدیل تنش شوری در گوجه فرنگی

جابر پناهنده ینگجه<sup>۱\*</sup>، محمد صدیق زارع فر<sup>۲</sup>، علیرضا مطلبی آذر<sup>۱</sup>، فریبرز زارع نهندي<sup>۱</sup>، مینا امانی<sup>۳</sup>

۱. دانشیار گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
۲. دانش آموخته گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
۳. دانشجوی دکتری فیزیولوژی تولید و پس از برداشت گیاهان دارویی، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

DOI: [10.22067/JHS.2023.79421.1206](https://doi.org/10.22067/JHS.2023.79421.1206)

## چکیده

سالیسیلیک اسید یکی از ترکیبات مفید برای گیاهان محسوب می‌شود که نقش مهمی در مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی از جمله تنش شوری دارد. بدین منظور جهت بررسی تأثیر سالیسیلیک اسید در تعدیل اثرات تنش شوری در گوجه فرنگی آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، با ۱۲ تیمار، در ۳ تکرار و با مجموع ۳۶ واحد آزمایش در گلخانه‌ی هیدروپونیک گروه باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز در بهار و تابستان سال ۱۳۹۷ صورت گرفت. تیمارها شامل دو سطح سالیسیلیک اسید (۰ و ۱ میلی‌مولار) و سه سطح شوری (۰، ۳۵ و ۷۰ میلی‌مولار NaCl) بر روی دو رقم گوجه فرنگی توده محلی بانه و لاین نیمه پاکوتاه (Semi Dwarf) بود. نتایج نشان داد که با افزایش تنش شوری تا سطح ۷۰ میلی‌مولار، شاخص‌های رویشی در هر دو رقم کاهش یافت. در حالی که برهمکنش تیمار سالیسیلیک اسید در تنش شوری باعث افزایش شاخص‌های رویشی شد. بیشترین عملکرد مربوط به رقم Semi Dwarf بدون تنش شوری (۱۳۷۳ گرم) است. با اعمال تنش شوری و سالیسیلیک اسید میزان اسیدیته قابل تیتراسیون و ویتامین ث در هر دو رقم افزایش یافت. برهمکنش سطوح مختلف شوری در سالیسیلیک اسید باعث افزایش میزان پرولین شد، اما اثر متقابل تنش شوری در اسید سالیسیلیک باعث کاهش میزان کلروفیل شد. این نتایج نشان می‌دهد که تیمار با سالیسیلیک اسید می‌تواند تحمل گیاه را در برابر تنش شوری از طریق تجمع پرولین و در نتیجه حفظ فشار تورژسانس سلول‌ها افزایش دهد.

**کلید واژه:** تنش شوری، پرولین، سالیسیلیک اسید، گوجه فرنگی، کلروفیل، ویتامین ث.

## مقدمه

تنش‌های محیطی از عوامل محدودکننده تولیدات گیاهان هستند که با مختل ساختن متابولیسم طبیعی گیاه، رشد آن را محدود کرده و در نهایت، محصول را کاهش می‌دهند. تنش شوری عمده‌ترین تنش محیطی است که از طریق کاهش پتانسیل اسمزی و اختلال در جذب برخی عناصر غذایی، رشد و عملکرد محصولات را محدود می‌کند (Egamberdieva *et al.*, 2019). گیاهانی که در خاک‌های شور رشد می‌کنند، به دلیل خواص اسمزی، علاوه بر تنش شوری، با تنش کم‌آبی مواجه شده، که این عامل سبب کاهش سرعت رشد گیاه می‌شود و اثرات نامطلوب بر رشد و نمو گیاه در هر دو سطح فیزیولوژیک و بیوشیمیایی دارد که مستقیماً بر عملکرد و کیفیت محصولات تأثیر می‌گذارد (Cheng *et al.*,

(2016). جدا از اثرهای سمی و اسمزی و شوری، تنش شوری باعث تولید گونه‌های فعال اکسیژن و افزایش نشت‌پذیری غشا سلول‌ها شده که علاوه بر آسیب اکسیداتیو وارد شده توسط گونه‌های فعال اکسیژن، باعث افزایش برخی پروتئین‌ها مانند پروتئین‌های شوک گرمایی، چپرون‌ها و سایر پروتئین‌های سم‌زدا می‌شود (Ahmad *et al.*, 2019). تحت تنش شوری، افزایش بیوسنتز اسمولیت‌هایی مانند قندهای محلول، پرولین و سوربیتول سلول‌ها را در برابر تنش اسمزی محافظت می‌کند. این اسمولیت‌ها در متعادل کردن غلظت نمک خارج سلولی و خنثی نمودن یون‌های سدیم و کلر در واکوئل‌ها نقش بسیار مهمی را ایفا می‌کنند (Nounjan *et al.*, 2012).

گوجه فرنگی *Solanum lycopersicom* Mill. متعلق به تیره سولاناسه و دومین سبزی مهم در سرتاسر دنیا است (Massaretto *et al.*, 2018). تنش‌های شوری بر جنبه‌های مختلف رشد و نمو گوجه فرنگی از مرحله جوانه‌زنی تا مرحله رسیدن میوه تأثیر می‌گذارد. در این ارتباط، اعمال شوری روی بذرهای در حال جوانه‌زنی گوجه‌فرنگی منجر به وارد شدن این بذرها به جوانه‌زنی شده است (Pessarakli, 2016). شوری در گوجه‌فرنگی با تحریک بیوسنتز تنظیم‌کننده‌های رشد همانند اتیلن و اسید آبسزیک منجر به تسریع پیری برگ‌ها و در نتیجه کوتاه شدن طول دوره میوه‌دهی می‌شود (Signore *et al.*, 2016). بنابراین توسعه روش‌های مختلف به منظور القای تحمل تنش شوری در گیاهان امری ضروری بوده و توجه زیادی را به خود جلب نموده است. رویکردهای مطالعه شده برای توسعه گیاهان مقاوم به شوری شامل بهبودهای ژنتیکی و محیطی است. در این میان، نقش برخی فیتوهورمون‌ها و مولکول‌های سیگنال در پاسخ گیاهان به محرک‌های محیطی مشخص شده است (Rivas-San Vicente and Plasencia, 2011). استفاده از اسید سالیسیلیک راهی آسان و مهم برای بهبود رشد و افزایش بهره‌وری گیاه تحت شرایط تنش شوری است (Farhadi and Ghassemi-Golezani, 2020).

اسیدسالیسیلیک یا ارتوهیدروکسی بنزوئیک اسید نقش مهمی در تنظیم پاسخ‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاهان به شرایط تنش دارد که مقاومت گیاه را در برابر شرایط نامساعد محیطی بهبود می‌بخشد (Ma *et al.*, 2017). این ماده یک ترکیب فنولی طبیعی است که در رشد گیاه و فرآیندهای فیزیولوژیک مانند جوانه‌زنی بذر، بسته شدن روزنه، جذب یون، فتوسنتز، ترقق، متابولیسم کربوهیدرات و کاهش پراکسیداسیون لیپید نقش دارد (Antonic *et al.*, 2016). به کار بردن سالیسیلیک اسید پاسخ دفاعی گیاه و مقاومت اکتسابی سیستماتیک (SAR) را فعال می‌کند و از این طریق باعث مقاومت گیاه در برابر تنش‌های غیرزنده مانند تنش شوری، دمای پایین و خشکی می‌شود (Jayakannan *et al.*, 2015). به احتمال زیاد اثر سالیسیلیک اسید به عوامل مختلفی از جمله دوز، گونه گیاهی، مرحله رشد و نحوه کاربرد بستگی دارد (Horvath *et al.*, 2015; Poor *et al.*, 2019). نشان داده شده است که استفاده از سالیسیلیک اسید در شرایط تنش شوری می‌تواند به‌طور مؤثری باعث کاهش آسیب رنگیزه‌ها در گیاهان جوز هندی (Li *et al.*, 2014) و میخک (Ma *et al.*, 2017) شود. نتایج آزمایش احمدی (Ahmadi, 2017) نشان داد که کاربرد سالیسیلیک اسید تحت تنش شوری در گوجه‌فرنگی تیمار شده باعث افزایش میانگین سطح تک برگ، افزایش در محتوای نسبی آب برگ، پایداری غشاء سلولی، میزان کلروفیل و کاروتنوئیدها، کربوهیدرات‌های محلول کل، پرولین، فعالیت آنزیم‌های پاداکساینده و به‌طور کلی سبب بهبود خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی در مقایسه با گوجه‌فرنگی‌های شاهد گردید. بنابراین در شرایط تنش شوری استفاده از پیش تیمار سالیسیلیک اسید جهت افزایش مقاومت گیاه توصیه می‌گردد.

تجمع مواد حل‌شونده سازگار در گیاهان طی تنش شوری ممکن است موجب تعدیل اسمزی و پایداری ساختارهای سلولی در برابر تنش شود (Nounjan *et al.*, 2012). بنابراین، می‌توان چنین فرض کرد که تیمار با سالیسیلیک اسید، احتمالاً از طریق افزایش غلظت اسمولیت‌ها سبب القای مقاومت در برابر تنش شوری شود. بنابراین این پژوهش با هدف

بررسی اثرات سالیسیلیک‌اسید بر کاهش خسارت در گیاه در برابر تنش شوری بر روی برخی ویژگی‌های رویشی، فیزیولوژیکی، کمی و کیفی در دو رقم گوجه‌فرنگی توده محلی بانه و لاین نیمه پاکوتاه (Semi Dwarf) انجام گرفت.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش در گلخانه تحقیقاتی گروه علوم باغبانی، دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه تبریز (ایستگاه تحقیقاتی خلعت‌پوشان) و بررسی‌های آزمایشگاهی در آزمایشگاه‌های گروه باغبانی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه تبریز انجام گردید. طرح آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، با ۱۲ تیمار، در سه تکرار و با مجموع ۳۶ واحد آزمایشی اجرا گردید. تیمارها شامل دو سطح سالیسیلیک‌اسید (صفر و یک میلی‌مولار) و دو سطح شوری (صفر، ۳۵ و ۷۰ میلی‌مولار NaCl) بر روی دو رقم گوجه‌فرنگی (لاین Semi Dwarf و توده محلی Baneh) در بهار و تابستان سال ۱۳۹۷ بود.

بستر مورد استفاده در مراحل اولیه کشت، برای جوانه‌زنی بذرها، مخلوط پرلایت با کوکوپیت با نسبت دو به یک بود که به داخل سینی‌های کشت ریخته شد. بستر مورد استفاده در مرحله اعمال تیمارها و بعد از انتقال نشاها به گلدان‌های اصلی جهت نگهداری و رشد گیاهان، مخلوطی از پرلایت و کوکوپیت به نسبت پنج به یک بود که پس از آماده‌سازی، این بستر به داخل گلدان‌های پلاستیکی ۱۲ لیتری ریخته شد. سپس گلدان‌ها آبیاری شدند تا بستر کاملاً خیس شده و برای کاشت نشاها آماده گردد. در این آزمایش از یک لاین نوترکیب گوجه‌فرنگی Semi Dwarf با ویژگی‌های رشدی معین و یک توده کشت شده گوجه‌فرنگی در شهرستان بانه استفاده شد. **بذور این ارقام در اوایل بهار** سینی‌های کاشت که تا دو سوم انتهایی با بستر پرلایت - کوکوپیت پر شده بودند، کشت و دوباره یک سوم قسمت بالایی سینی‌ها با مخلوط فوق پر گردید. سینی‌ها پس از کشت کاملاً آبیاری شده و در گلخانه تحت شرایط نوری مناسب قرار گرفتند. پس از سبز شدن کامل و ظاهر شدن اولین برگ حقیقی، نشاها با محلول غذایی پایه  $\frac{1}{2}$  هوگلد آبیاری شدند. **حدود دو هفته بعد از کشت بذور**، گیاهان به اندازه مطلوب جهت انتقال به بستر اصلی آماده شدند. به منظور انتقال نشاها به محل اصلی خود، ابتدا در کف گلدان‌ها به طور مساوی شن نخودی (جهت انجام زهکشی) ریخته شد و سپس گلدان‌ها تا نیمه با بستر کشت پرلایت پر شده و نشاهای یکنواخت که در مرحله‌ی سه تا چهار برگی قرار داشتند، به داخل گلدان‌ها به تعداد سه بوته منتقل شده و روی آن با مخلوط بستر پوشانده شده، به طوری که سه تا چهار سانتی‌متر از اندام هوایی بالایی نشا بیرون از بستر باشد و بعد از این مراحل، گیاهان آبیاری شدند. **از زمان تولید نشاء و انتقال آن به زمین اصلی تا تولید میوه ۶۰ تا ۷۰ روز طول کشید و تعداد دفعات برداشت براساس تک بوته سه تا چهار بار بود.**

**جهت تهیه محلول غذایی، مقدار لازم از نمک‌های مورد نظر (جدول ۱) با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شده و در مخازن ۲۰۰ لیتری آماده گردید.** از زمان تهیه محلول غذایی و همچنین هر هفته یک‌بار، pH محلول‌ها با استفاده از pH متر کنترل گردیده و با استفاده از اسید سولفوریک، pH در سطوح ۵/۸ تا ۶/۱ برای هر تیمار تنظیم می‌گردید. برای اعمال شوری از سدیم کلرید استفاده شد و شوری در سطوح ۳۵ میلی‌مولار NaCl و ۷۰ میلی‌مولار NaCl تنظیم شده و ۴۰ روز بعد از انتقال نشاها به بستر اصلی تیمار شوری تا مرحله برداشت میوه به مدت حدود ۵۰ روز به میزان ۱۰۰ میلی‌لیتر اعمال شد، همچنین برای تیمار سالیسیلیک‌اسید از غلظت ۱ میلی‌مولار استفاده شد که ۲ هفته قبل از شروع اعمال تیمار شوری، گیاهان مورد نظر با سالیسیلیک‌اسید تیمار شده و تا زمان برداشت محصول، هر ۱۴ روز یک‌بار به صورت اسپری کردن برگ‌ها مخصوصاً زیر برگ‌ها اعمال تیمار سالیسیلیک‌اسید ادامه داشت.

جدول ۱- فرمول شیمیایی و مقادیر نمک‌های تشکیل‌دهنده‌ی محلول غذایی مورد استفاده (g/100L)

Table 1- Chemical formula and the amount of salts used in the food solution (g/100L)

محلول‌های غذایی (Food solutions)

نمک‌های کودی (Fertilizer salts)	Hoagland 1
KNO <sub>3</sub>	50.5
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	82
MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	24
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	13.6
Fe-EDDHA	4
MnCl <sub>2</sub> .4H <sub>2</sub> O	0.181
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	0.286
ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	0.022
CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	0.008
H <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	0.002

### صفات مورد بررسی و روش‌های اندازه‌گیری آن‌ها

در این مطالعه گیاهان بعد از پایان آزمایش، جهت اندازه‌گیری صفات موردنظر برداشت شدند. صفاتی مانند سطح برگ با استفاده از دستگاه سطح برگ‌سنج مدل LI-3100 Area Meter، ارتفاع بوته، وزن تر و خشک اندام هوایی و میوه، شاخص کلروفیل برگ با استفاده از دستگاه کلروفیل‌سنج مدل SPAD-502، درصد ماده خشک میوه، عملکرد کل بوته و اسیدیته قابل تیتراسیون، ویتامین ث میوه‌ها (AOAC, 2005) و پرولین برگ (Bates *et al.*, 1973) اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری ویتامین ث میوه‌ها از روش تیتراسیون با محلول رنگی ۲-۶ دی کلروفنل ایندوفنل استفاده گردید. در این روش، اسید اسکوربیک، معرف رنگی ۲-۶ دی کلروفنل را به محلول بی‌رنگ احیا می‌کند و در پایان واکنش، محلول احیا شده در محیط اسیدی به رنگ صورتی در می‌آید (AOAC, 2005).

برای اندازه‌گیری پرولین، ۰/۵ گرم ماده‌ی تر گیاهی را با هاون خرد شده و درون یک تیوب ریخته شد، سپس ۱۰ میلی‌لیتر سولفوسالیسیلیک اسید ۳ درصد آماده‌شده را به آن اضافه نموده و نمونه درون یخ قرار داده شد. سپس تیوب را در ۱۵۰۰۰ دور به مدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ نموده تا مواد اضافی از محلول جدا گردد. می‌توان به جای سانتریفیوژ از قیف شیشه‌ای و کاغذ صافی برای صاف کردن نمونه‌ها استفاده کرد. سپس مقدار ۲ میلی‌لیتر از عصاره‌ی صاف شده را درون تیوب جدید ریخته و ۲ میلی‌لیتر اسید ناین‌هیدرین و ۲ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال به آن افزوده و سپس خوب مخلوط شد. همزمان مقدار ۲ میلی‌لیتر از محلول‌های استاندارد صفر، ۴، ۸، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر پرولین را درون تیوب‌های جدید ریخته و ۲ میلی‌لیتر اسید ناین‌هیدرین و ۲ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال به آن‌ها افزوده و سپس خوب مخلوط شد. نمونه‌ها را در حمام آب گرم به مدت ۱ ساعت حرارت داده و سپس درون حمام یخ قرار داده شد. مقدار ۴ میلی‌لیتر تولوئن به محلول اضافه نموده و آن را به مدت ۲۰ ثانیه با دستگاه ورتکس هم زده شد. استانداردهای پرولین محلول در فاز تولوئن را به اندازه لازم در کووت دستگاه اسپکتروفتومتر ریخته و مقدار پرولین را در طول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت کرده و منحنی استاندارد رسم شد. سپس میزان جذب در نمونه‌های گیاهی را قرائت نموده و با قرار دادن آن در معادله خط مقدار پرولین برحسب mg/kg fw به دست آمد (Bates *et al.*, 1973).

### تجزیه‌های آماری

پس از جمع‌آوری و مرتب کردن داده‌های به‌دست آمده حاصل از سنجش شاخص‌ها به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار، تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها نیز با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار کامپیوتری Excel استفاده شد.

## نتایج و بحث

### ویژگی‌های رویشی

نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های رویشی در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به صفات رویشی

Table 2- Results of variance analysis of data related to vegetative traits

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares			
		وزن خشک اندام هوایی Dry weight of aerial parts	وزن تر اندام هوایی Fresh weight of aerial parts	شاخص سطح برگ Leaf surface index	ارتفاع بوته Plant height
رقم (Plant variety)	1	50.95**	192**	48.8**	8573.1**
شوری (Salinity)	2	13.35**	347.9**	49.97**	990.84**
سالیسیلیک‌اسید (Salicylic acid)	1	9.3*	0.86 <sup>ns</sup>	2.5 <sup>ns</sup>	64.02 <sup>ns</sup>
رقم × شوری (Plant variety × salinity)	2	1.78 <sup>ns</sup>	12.5 <sup>ns</sup>	2.06 <sup>ns</sup>	90 <sup>ns</sup>
رقم × سالیسیلیک‌اسید (Plant variety × salicylic acid)	1	11.24*	58.6*	0.1 <sup>ns</sup>	99.22 <sup>ns</sup>
شوری × سالیسیلیک‌اسید (Salicylic acid × salt)	2	2.98 <sup>ns</sup>	80.2**	8.78**	50.96 <sup>ns</sup>
رقم × شوری × سالیسیلیک‌اسید (Plant variety × salinity × salicylic acid)	2	3.91 <sup>ns</sup>	17.98 <sup>ns</sup>	1055**	172.52*
خطا (error)	-	2.06	7.57	1.7	34.17

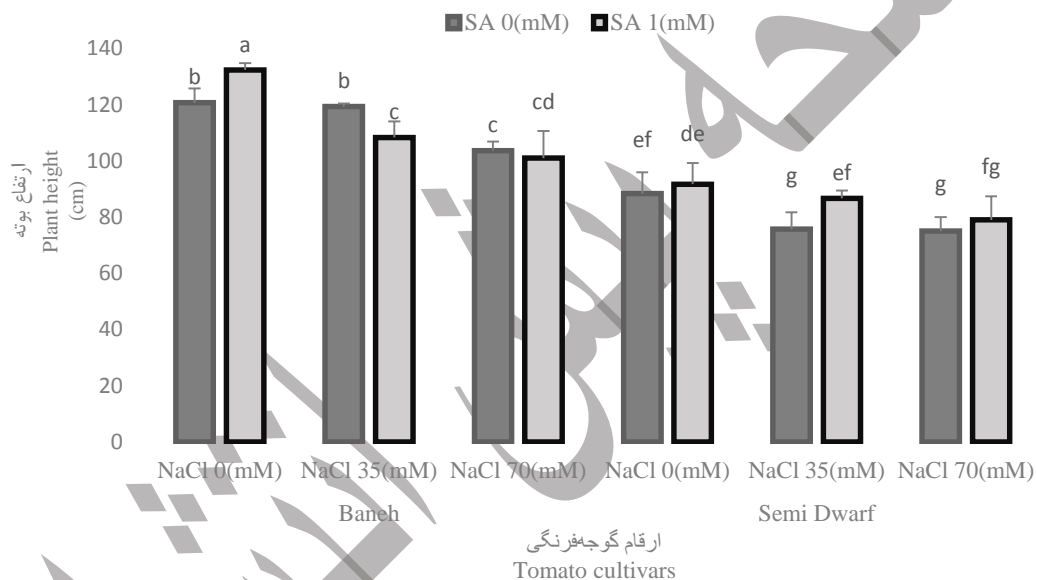
<sup>ns</sup>, \*\*, \* و \* به ترتیب عدم معنی داری، معنی داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

<sup>ns</sup>, \*\*, \* and \*: non-significant, significant at  $p \leq 0.01$  and  $p \leq 0.05$ , respectively

### - ارتفاع بوته

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نوع رقم و غلظت‌های مختلف شوری تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد داشتند، همچنین اثرات متقابل رقم × شوری × سالیسیلیک‌اسید بر ارتفاع بوته در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود، اما ارتفاع بوته به‌طور معنی‌داری از اثر سالیسیلیک‌اسید و اثرات متقابل رقم × شوری و رقم × سالیسیلیک‌اسید و شوری × سالیسیلیک‌اسید متأثر نشد. مقایسه میانگین ترکیب تیماری رقم و شوری و سالیسیلیک‌اسید نشان داد که به ترتیب بیشترین و کمترین ارتفاع بوته مربوط به رقم Baneh تیمار شده با سالیسیلیک‌اسید بدون تنش شوری و Semi Dwarf در سطح شوری ۷۰ میلی‌مولار NaCl بدون تیمار سالیسیلیک‌اسید بود، در هر دو رقم با افزایش سطح شوری ارتفاع بوته کاهش یافت. البته در رقم Semi Dwarf استفاده از

سالیسیلیک اسید در سطح شوری ۳۵ میلی مولار NaCl باعث افزایش ارتفاع بوته شد (شکل ۱). رشد گیاهان در شرایط تنش شوری ممکن است از راه اسمزی و بر اثر پایین رفتن پتانسیل آب در محیط رشد ریشه، یا به دلیل تأثیرات ویژه یون‌ها در فرآیندهای متابولیسمی کاهش یابد. تنش شوری همانند بسیاری از تنش‌های غیرزیستی دیگر، رشد گیاه را محدود می‌کند. کاهش رشد یک نوع سازگاری برای زنده ماندن در شرایط تنش است (Khorsandi *et al.*, 2010). گزارش‌های زیادی حاکی از اثر منفی تنش شوری بر ارتفاع بوته گیاهان و اثر مثبت سالیسیلیک اسید در بهبود صفات ارتفاع بوته در مواجهه با تنش شوری می‌باشد (Gharib *et al.*, 2007; Hossein *et al.*, 2007). در گیاه گوجه فرنگی، مقاومت به شوری و خسارت اکسیداتیو ناشی از کلرید سدیم، به اسید سالیسیلیک نسبت داده شده است. بیات و همکاران (Bayat *et al.*, 2012) با کاربرد کلرید سدیم در غلظت‌های صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی مولار بر گل همیشه بهار نشان دادند که طول شاخساره در اثر تیمارهای شوری نسبت به شاهد کاهش معنی‌داری نشان داد که با کاربرد برگساره‌ای اسید سالیسیلیک در غلظت‌های یک و دو میلی مولار طول شاخساره به صورت معنی‌داری نسبت به گیاهان تحت تنش بیشتر شد.



شکل ۱- میانگین ارتفاع بوته در ترکیبات تیماری رقم (Semi Dwarf و Baneh) و شوری NaCl (mM) و سالیسیلیک اسید (mM). شاخص بالای هر ستون نشان‌دهنده خطای استاندارد ( $\pm SE$ ) می‌باشد.

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 1- The average plant height in cultivar treatment combinations (Baneh and Semi Dwarf) and NaCl salinity (mM) and salicylic acid (mM).

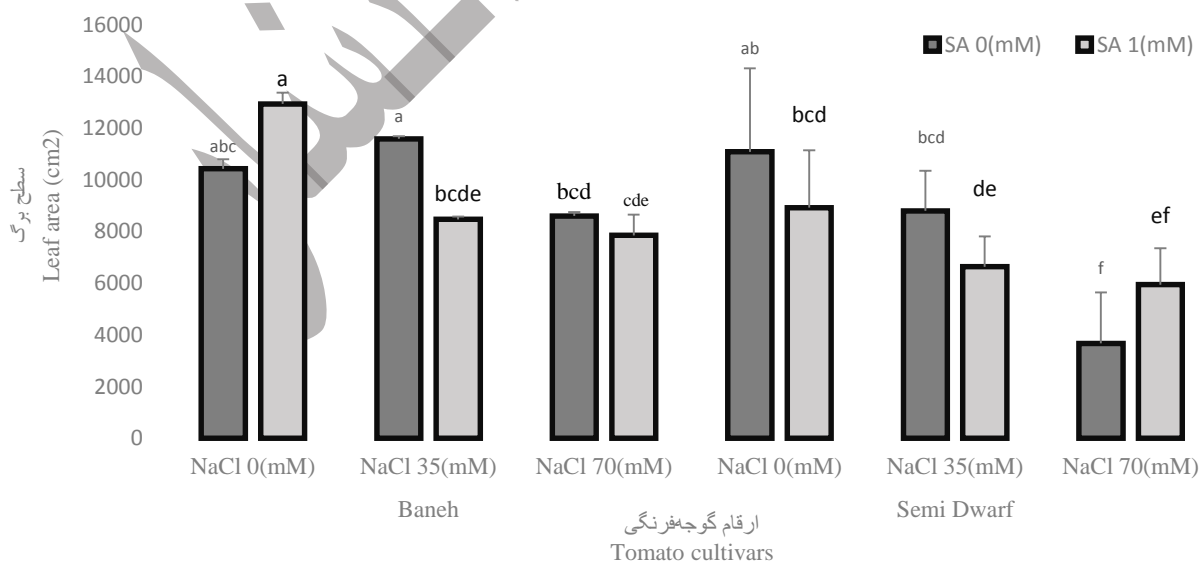
The index above each column indicates the standard error.

Treatments with at least one common letter did not differ significantly from each other in Duncan test at the level of 5% probability.



## - شاخص سطح برگ

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) شاخص سطح برگ به‌طور معنی‌داری از اثر رقم و شوری و همچنین اثرات متقابل شوری × سالیسیلیک‌اسید و رقم × شوری × سالیسیلیک‌اسید در سطح احتمال یک درصد متأثر شد، اما اثر سالیسیلیک‌اسید و اثرات متقابل رقم × شوری و رقم × سالیسیلیک‌اسید بر شاخص سطح برگ معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین ترکیب تیماری رقم و شوری و سالیسیلیک‌اسید نشان داد که به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار شاخص سطح برگ مربوط به رقم Baneh تیمار شده با سالیسیلیک‌اسید بدون تنش شوری و Semi Dwarf در سطح شوری ۷۰ میلی مولار NaCl بدون تیمار سالیسیلیک‌اسید بود، همچنین در هر دو رقم با افزایش سطح شوری شاخص سطح برگ کاهش یافت و تیمار سالیسیلیک‌اسید باعث تعدیل اثرات شوری بر شاخص سطح برگ نگردید (شکل ۲). کاهش سطح برگ یکی از اولین پاسخ‌های مورفولوژیک در برابر تنش شوری می‌باشد و چنین به‌نظر می‌رسد، گیاه با این مکانیسم سعی در حفظ آب در بافت‌های خود را دارد. گزارش شده است که کاربرد سالیسیلیک‌اسید باعث افزایش در سطح برگ و افزایش فتوسنتز کل و در نتیجه باعث تجمع ماده خشک در گیاه می‌شود. اثرات تحریکی سالیسیلیک‌اسید بر رشد می‌تواند به دلایلی مانند افزایش میزان تقسیم در مناطق مریستمی و رشد سلولی باشد که موجب افزایش رشد می‌گردد و دلیل دیگر آن نیز ممکن است تأثیر سالیسیلیک‌اسید بر سایر هورمون‌های گیاهی باشد. پیری و همکاران (Piri *et al.*, 2018) در پژوهشی بیان کردند اصلی‌ترین اثر تنش شوری، کاهش سطح برگ در گیاه است (Kiani and Mirlatifi, 2012). کاهش در رشد اندام هوایی در نتیجه شوری به‌طور معمول با کاهش سطح برگ و بازماندن از رشد ساقه توضیح داده می‌شود. کاهش شاخص سطح برگ در اثر تنش شوری می‌تواند به‌دلیل اثر مستقیم نمک بر سرعت تقسیم سلولی یا کاهش مدت زمان توسعه سلولی باشد. چنین به‌نظر می‌رسد که در گیاهان، سرعت انتقال نمک از ریشه به اندام هوایی بیش از ظرفیت ذخیره برگ‌ها برای نمک می‌باشد که باعث کند شدن آهنگ رشد برگ و در نهایت سبب کاهش شاخص سطح برگ می‌گردد. همچنین تنش شوری از طریق کاهش جذب عناصر غذایی، کمبود آب قابل استفاده در گیاه و سمیت عناصر، قدرت رشد سلولی را کاهش داده و باعث کاهش سطح برگ می‌شود (Safari Mohamadieh *et al.*, 2014).



شکل ۲- میانگین شاخص سطح برگ در ترکیبات تیماری رقم (Baneh و Semi Dwarf) و شوری NaCl (mM) و سالیسیلیک‌اسید (mM).

شاخص بالای هر ستون نشان‌دهنده خطای استاندارد ( $\pm SE$ ) می‌باشد.

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

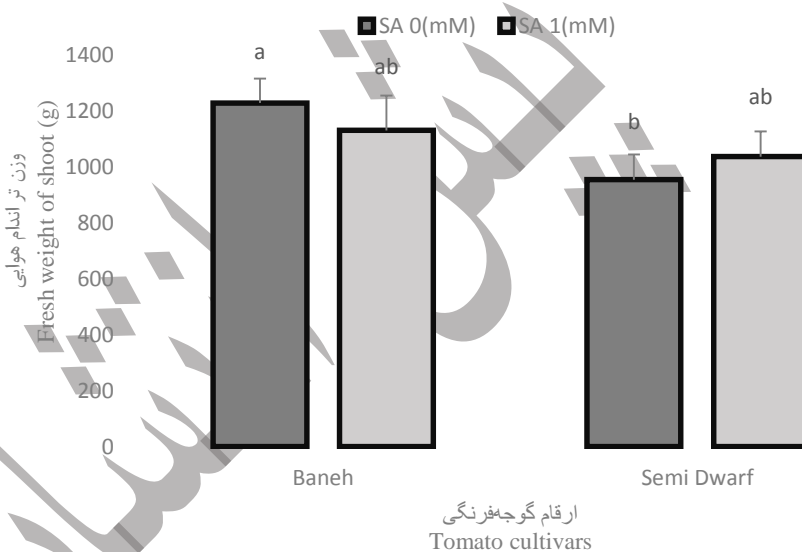
Figure 2- The average leaf area index in the treatment combinations of Baneh and Semi Dwarf varieties and NaCl salinity (mM) and salicylic acid (mM).

The index above each column indicates the standard error.

Treatments with at least one common letter did not differ significantly from each other in Duncan test at the level of 5% probability.

– وزن تر و خشک اندام هوایی

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) اثر رقم و شوری و اثرات متقابل شوری × سالیسیلیک‌اسید بر وزن تر اندام هوایی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، همچنین اثرات متقابل رقم × سالیسیلیک‌اسید بر وزن تر اندام هوایی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود، اما اثر سالیسیلیک‌اسید و اثرات متقابل رقم × شوری و رقم × شوری × سالیسیلیک‌اسید بر وزن تر اندام هوایی معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین ترکیب تیماری رقم و سالیسیلیک‌اسید نشان داد که بیشترین وزن تر اندام هوایی مربوط به رقم Baneh بدون تیمار سالیسیلیک‌اسید بود و کمترین وزن تر اندام هوایی مربوط به رقم Semi Dwarf بدون تیمار سالیسیلیک‌اسید بود، اما مقایسه میانگین ترکیب تیماری شوری و سالیسیلیک‌اسید نشان داد که بیشترین وزن تر اندام هوایی مربوط به شرایط بدون تنش شوری همراه با تیمار سالیسیلیک‌اسید و کمترین وزن تر اندام هوایی مربوط به بالاترین سطح شوری بدون تیمار سالیسیلیک‌اسید بود، از طرفی با افزایش غلظت شوری وزن تر اندام هوایی کاهش می‌یابد و استفاده از سالیسیلیک‌اسید نتوانست در بهبود وزن تر اندام هوایی موثر واقع شود (شکل ۳ و ۴).



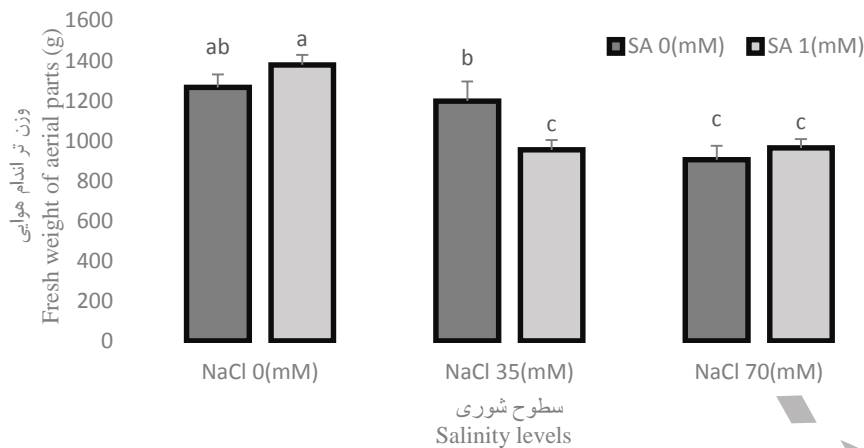
شکل ۳- تأثیر استفاده از ترکیبات تیماری رقم (Semi Dwarf و Baneh) و سالیسیلیک‌اسید (mM) بر میانگین وزن تر اندام هوایی. شاخص بالای هر ستون نشان‌دهنده خطای استاندارد ( $\pm SE$ ) می‌باشد.

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 3- The effect of using treatment combinations of varieties (Baneh and Semi Dwarf) and salicylic acid (mM) on the average fresh weight of aerial parts.

The index above each column indicates the standard error.

Treatments with at least one common letter did not differ significantly from each other in Duncan test at the level of 5% probability.



شکل ۴- میانگین وزن تر اندام هوایی در ترکیب تیماری شوری NaCl (mM) و سالیسیلیک اسید (mM) شاخص بالای هر ستون نشان دهنده خطای استاندارد ( $\pm SE$ ) می باشد.

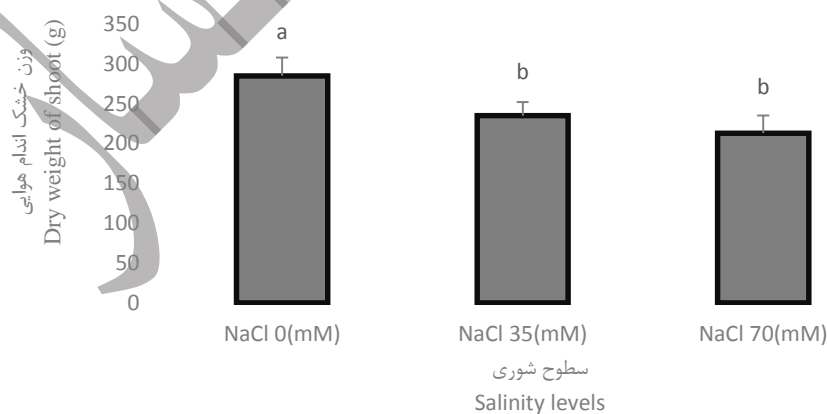
تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 3- The effect of using treatment combinations of varieties (Baneh and Semi Dwarf) and salicylic acid (mM) on the average fresh weight of aerial parts

The index above each column indicates the standard error.

Treatments with at least one common letter did not differ significantly from each other in Duncan test at the level of 5% probability.

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) اختلاف معنی داری بین ارقام و سطوح شوری از نظر وزن خشک اندام هوایی در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد، همچنین وزن خشک اندام هوایی به طور معنی داری از اثر سالیسیلیک اسید و اثرات متقابل رقم  $\times$  سالیسیلیک اسید در سطح احتمال ۵ درصد متأثر شد، اما اثرات متقابل رقم  $\times$  شوری و شوری  $\times$  سالیسیلیک اسید و رقم  $\times$  شوری  $\times$  سالیسیلیک اسید بر وزن خشک اندام هوایی معنی دار نبود. مقایسه میانگین ترکیب تیماری رقم و سالیسیلیک اسید نشان داد که بیشترین وزن خشک اندام هوایی مربوط به رقم Baneh بدون تیمار سالیسیلیک اسید بود و کمترین وزن خشک اندام هوایی مربوط به رقم Semi Dwarf بدون تیمار سالیسیلیک اسید بود، اما مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش غلظت شوری وزن خشک اندام هوایی کاهش یافت (شکل ۵ و ۶).



شکل ۵- اثر تیمار شوری NaCl (mM) بر میانگین وزن خشک اندام هوایی.

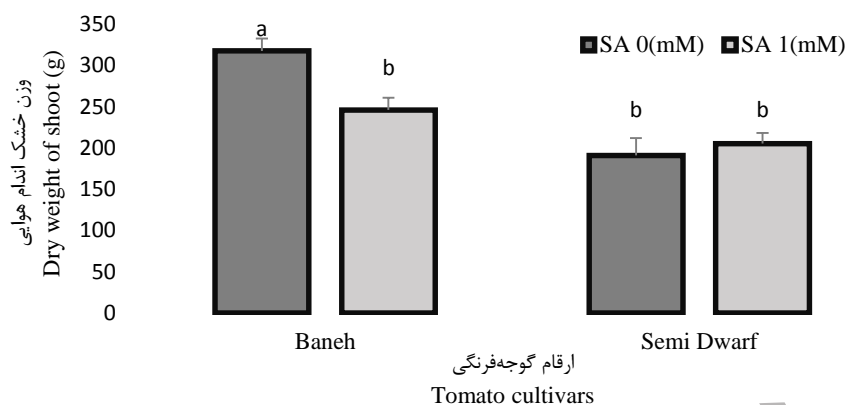
شاخص بالای هر ستون نشان دهنده خطای استاندارد ( $\pm SE$ ) می باشد.

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 5- Effect of NaCl (mM) salinity treatment on average dry weight of shoot.

The index above each column indicates the standard error.

Treatments with at least one common letter did not differ significantly from each other in Duncan test at the level of 5% probability.



شکل ۶- میانگین وزن خشک اندام هوایی در ترکیب تیماری رقم (Baneh و Semi Dwarf) و سالیسیلیک اسید (mM). شاخص بالای هر ستون نشان دهنده خطای استاندارد ( $\pm SE$ ) می باشد. تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 6- The average dry weight of aerial parts in the treatment combination of varieties (Baneh and Semi Dwarf) and salicylic acid (mM).

The index above each column indicates the standard error.

Treatments with at least one common letter did not differ significantly from each other in Duncan test at the level of 5% probability.

محمد و ردی (Mohamed and Rady, 2015) گزارش کردند که تیمار بذرها و شاخساره لوبیا با اسید سالیسیلیک تحت تنش شوری باعث افزایش پارامترهای مربوط به رشد رویشی شد. در این بررسی تنش شوری باعث کاهش معنی دار وزن تر خشک اندام هوایی و ارتفاع گیاه نسبت به شاهد شد. با توجه به اینکه یکی از آثار تنش شوری جلوگیری از جذب آب و ایجاد تنش خشکی است. به همین دلیل پتانسیل آب جهت آماس سلول ها، کاهش می یابد و در نتیجه وزن گیاه کم می شود. محمدزاده و همکاران (Mohammadzadeh *et al.*, 2013) نشان دادند که شوری کاهش قابل ملاحظه ای را در وزن اندام هوایی سبب می شود. این محققین گزارش نمودند که تحت تأثیر تیمار شوری، روزنه ها بسته شده و در نتیجه از تثبیت دی اکسید کربن و در نهایت از میزان وزن خشک گیاه کاسته می شود. از سوی دیگر جذب آب و مواد غذایی نیز تحت تأثیر شوری کاهش می یابد که این کاهش بر رشد گیاه تأثیر منفی خواهد گذاشت.

## ویژگی های کمی

نتایج به دست آمده از ویژگی های کمی در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس داده های مربوط به صفات کمی

Table 3- The results of variance analysis of data related to quantitative traits

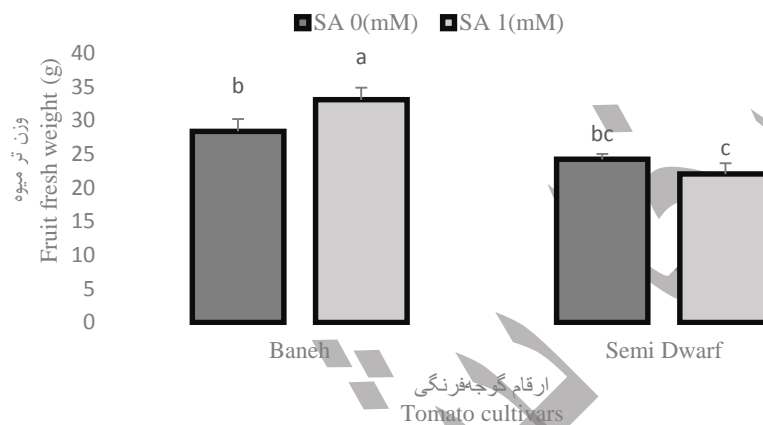
منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات		
		عملکرد Yield	درصد ماده خشک میوه Fruit dry matter (%)	وزن تر میوه Fruit fresh weight
رقم (Plant variety)	1	183 <sup>ns</sup>	0.813 <sup>ns</sup>	445.95 <sup>**</sup>
شوری (Salinity)	2	15505 <sup>*</sup>	۱۲/۶۵۶ <sup>**</sup>	17.83 <sup>ns</sup>
سالیسیلیک اسید (Salicylic acid)	1	1668 <sup>ns</sup>	0.376 <sup>ns</sup>	15.75 <sup>ns</sup>
رقم × شوری (Plant variety × salinity)	2	80869 <sup>**</sup>	3.201 <sup>*</sup>	6.2 <sup>ns</sup>
رقم × سالیسیلیک اسید (Plant variety × salicylic acid)	1	562 <sup>ns</sup>	0.169 <sup>ns</sup>	90.37 <sup>*</sup>
شوری × سالیسیلیک اسید (Salicylic acid × salt)	2	18880 <sup>ns</sup>	0.948 <sup>ns</sup>	11.88 <sup>ns</sup>
رقم × شوری × سالیسیلیک اسید (Plant variety × salinity × salicylic acid)	2	20981 <sup>ns</sup>	0.626 <sup>ns</sup>	25.35 <sup>ns</sup>
خطا (error)	-	12329	0.886	24.417

<sup>ns</sup>, <sup>\*\*</sup> و <sup>\*</sup> به ترتیب عدم معنی داری، معنی داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

<sup>ns</sup>, <sup>\*\*</sup> and <sup>\*</sup>: non-significant, significant at  $p \leq 0.01$  and  $p \leq 0.05$ , respectively

- وزن تر و درصد ماده خشک میوه

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) اثر رقم بر وزن تر میوه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، همچنین وزن تر میوه به‌طور معنی‌داری از اثرات متقابل رقم  $\times$  سالیسیلیک‌اسید در سطح احتمال ۵ درصد متأثر شد، اما اثر شوری و سالیسیلیک‌اسید و اثرات متقابل رقم  $\times$  شوری و شوری  $\times$  سالیسیلیک‌اسید  $\times$  سالیسیلیک‌اسید بر وزن تر میوه معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین ترکیب تیماری رقم و سالیسیلیک‌اسید نشان داد که به‌ترتیب بیشترین و کمترین وزن تر میوه مربوط به رقم Baneh تیمار شده با سالیسیلیک‌اسید و Semi Dwarf تیمار شده با سالیسیلیک‌اسید بود که به‌عبارتی استفاده از سالیسیلیک‌اسید در رقم Baneh باعث افزایش وزن تر میوه شده بود، اما در رقم Semi Dwarf تأثیری نداشته بود (شکل ۷).



شکل ۷- میانگین وزن تر میوه در ترکیب تیماری رقم (Semi Dwarf و Baneh) و سالیسیلیک‌اسید (mM).

شاخص بالای هر ستون نشان‌دهنده خطای استاندارد ( $\pm SE$ ) می‌باشد.

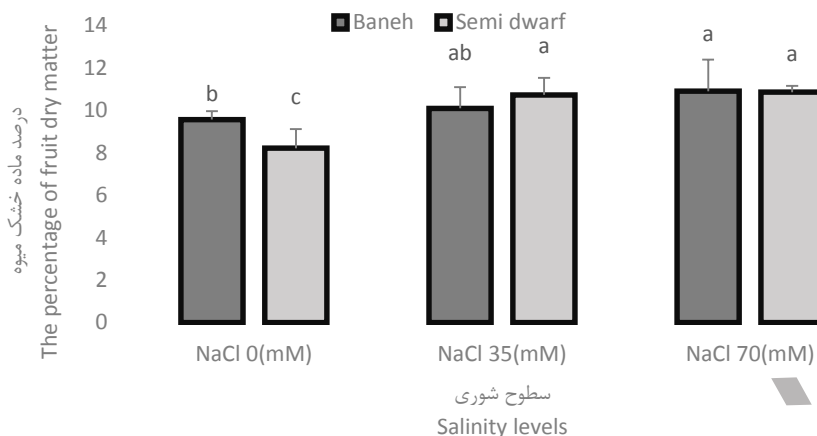
تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 7- The average fresh weight of the fruit in the treatment combination of varieties (Baneh and Semi Dwarf) and salicylic acid (mM).

The index above each column indicates the standard error.

Treatments with at least one common letter did not differ significantly from each other in Duncan test at the level of 5% probability.

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) سطوح مختلف شوری تأثیر معنی‌داری بر درصد ماده خشک میوه در سطح احتمال یک درصد داشت، همچنین اثرات متقابل رقم  $\times$  شوری بر درصد ماده خشک میوه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود، اما اثر رقم و سالیسیلیک‌اسید و اثرات متقابل رقم  $\times$  سالیسیلیک‌اسید و شوری  $\times$  سالیسیلیک‌اسید و رقم  $\times$  شوری  $\times$  سالیسیلیک‌اسید بر درصد ماده خشک میوه معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین ترکیب تیماری رقم و شوری نشان داد که با افزایش غلظت شوری درصد ماده خشک میوه افزایش یافت. به‌طوری‌که به‌ترتیب بیشترین و کمترین درصد ماده‌ی خشک میوه مربوط به رقم Baneh در بالاترین سطح شوری و رقم Semi Dwarf بدون تنش شوری بود (شکل ۸).



شکل ۸- میانگین درصد ماده خشک میوه در ترکیب تیماری رقم (Baneh و Semi Dwarf) و شوری NaCl (mM). شاخص بالای هر ستون نشان‌دهنده خطای استاندارد ( $\pm SE$ ) می‌باشد.

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 8- The average percentage of fruit dry matter in the treatment combination of varieties (Baneh and Semi Dwarf) and NaCl salinity (mM).

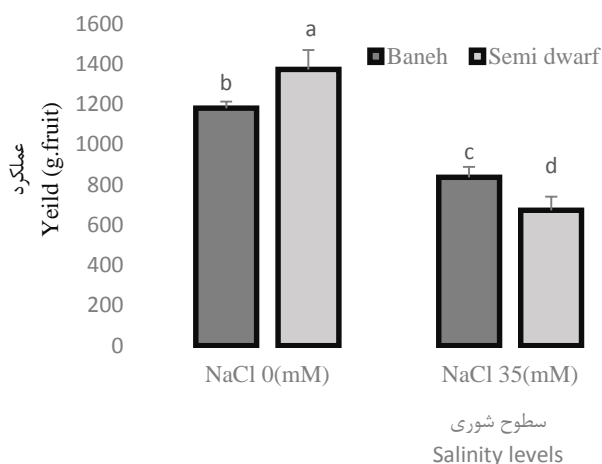
The index above each column indicates the standard error.

Treatments with at least one common letter did not differ significantly from each other in Duncan test at the level of 5% probability.

گزارش شده است اندازه و وزن میوه‌ی گوجه‌فرنگی تحت تنش شوری کاهش پیدا می‌کند که دلیل آن جلوگیری از جذب آب توسط ریشه و بنابراین کاهش انتقال آب به سمت میوه می‌شود (Hajiaghaei-Kamrani and Hosseinniya, 2013). کاظمی (Kazemi, 2013) نیز با اعمال تیمار ۵-سولفوسالیسیلیک اسید در غلظت‌های مختلف به صورت محلول پاشی بر روی توت‌فرنگی نشان داد که وزن میوه‌ها با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک به صورت معنی‌داری افزایش یافت. تنش شوری از طریق افزایش فشار اسمزی، عدم بالانس یونی و اختلال در جذب عناصر غذایی و نیز کاهش فتوسنتز موجب کاهش وزن میوه‌ها در گیاهان می‌گردد.

- عملکرد

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۴) اثرات متقابل رقم  $\times$  شوری بر عملکرد در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، همچنین اثر شوری بر عملکرد در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود، اما اثر رقم و سالیسیلیک‌اسید و اثرات متقابل رقم  $\times$  سالیسیلیک‌اسید و شوری  $\times$  سالیسیلیک‌اسید و رقم  $\times$  شوری  $\times$  سالیسیلیک‌اسید بر عملکرد معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین ترکیب تیماری رقم و شوری نشان داد که بیشترین عملکرد مربوط به رقم Semi Dwarf بدون تنش شوری است و کمترین عملکرد مربوط به رقم Semi Dwarf در بالاترین سطح تنش بود و همچنین لازم به ذکر است که در هر دو رقم با افزایش سطح شوری میزان عملکرد کاهش یافت (شکل ۹). فلاویرز (Flowers, 2004) گیاه گوجه‌فرنگی رقم Danilla را تحت تأثیر شوری‌های مختلف قرار داد. نتایج حاکی از آن بود که شوری عملکرد میوه گوجه‌فرنگی را کاهش داد. از طرفی دیگر افزایش شوری سبب ازدیاد قندها و اسیدهای آلی و در نتیجه بهبود کیفیت گوجه‌فرنگی گردید. این محققان گزارش کردند که تأثیر تیمارهای شوری بر گیاه گوجه‌فرنگی با افزایش در کیفیت میوه و کاهش در عملکرد آن همراه بود.



شکل ۹- میانگین عملکرد در ترکیب تیماری رقم (Semi Dwarf و Baneh) و شوری NaCl (mM).

شاخص بالای هر ستون نشان دهنده خطای استاندارد ( $\pm SE$ ) می باشد.

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 9- The average yield in the cultivar treatment combination (Baneh and Semi Dwarf) and NaCl salinity (mM).

The index above each column indicates the standard error.

Treatments with at least one common letter did not differ significantly from each other in Duncan test at the level of 5% probability.

## - ویژگی های کیفی

نتایج تجزیه واریانس به دست آمده از ویژگی های کیفی در جدول ۴ آورده شده است.

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس داده های مربوط به صفات کیفی

Table 4- The results of variance analysis of data related to qualitative traits

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares	
		ویتامین ث Vitamin C	اسیدیته قابل تیتراسیون Titratable acidity
رقم (Plant variety)	1	173.7**	50.62*
شوری (Salinity)	2	32.8**	245.8**
سالیسیلیک اسید (Salicylic acid)	1	41.8**	40.46 <sup>ns</sup>
رقم × شوری (Plant variety × salinity)	2	7.9 <sup>ns</sup>	23.57 <sup>ns</sup>
رقم × سالیسیلیک اسید (Plant variety × salicylic acid)	1	3.2 <sup>ns</sup>	30.31 <sup>ns</sup>
شوری × سالیسیلیک اسید (Salicylic acid × salt)	2	12.8*	35.8 <sup>ns</sup>
رقم × شوری × سالیسیلیک اسید (Plant variety × salinity × salicylic acid)	2	13.5*	54.6*
خطا (error)	-	4.8	13.15

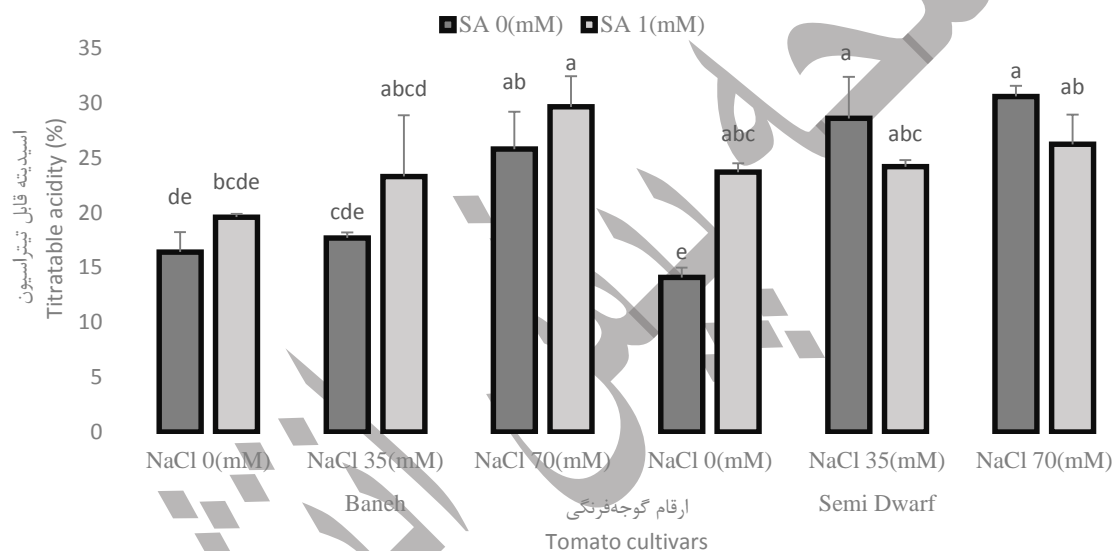
<sup>ns</sup>, \*\*, \* به ترتیب عدم معنی داری، معنی داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

<sup>ns</sup>, \*\*, and \*: non-significant, significant at  $p \leq 0.01$  and  $p \leq 0.05$ , respectively

## - اسیدیته قابل تیتراسیون میوه (TA)

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها (جدول ۴) اثر شوری بر اسیدیته قابل تیتراسیون میوه در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود، همچنین اثر رقم و اثرات متقابل رقم × شوری × سالیسیلیک اسید بر اسیدیته قابل تیتراسیون میوه در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بود، اما اثر سالیسیلیک اسید و اثرات متقابل رقم × شوری و رقم × سالیسیلیک اسید و شوری × سالیسیلیک اسید بر اسیدیته قابل تیتراسیون میوه معنی دار نبود. مقایسه میانگین ترکیب

تیماری رقم و شوری و سالیسیلیک اسید نشان داد که رقم Baneh در بالاترین سطح شوری همراه با تیمار سالیسیلیک اسید بیشترین اسیدیته قابل تیتراسیون را دارا بود و همچنین رقم Semi Dwarf بدون تنش شوری کمترین اسیدیته قابل تیتراسیون مشاهده شد، همچنین با افزایش سطح شوری اسیدیته قابل تیتراسیون افزایش یافت و در شرایط تنش شوری، استفاده از سالیسیلیک اسید در رقم Baneh تأثیر مثبت بیشتری نسبت به رقم Semi Dwarf داشت (شکل ۱۰). افزایش اسیدهای قابل تیتراسیون در شرایط شوری برای گیاهان مختلف در تحقیقات متعددی گزارش شده است. صالحی و همکاران (Salehi *et al.*, 2012) طی تحقیقی با محلول پاشی اسید سالیسیلیک روی بوته‌های توت فرنگی نشان دادند که مقدار اسیدیته قابل تیتراسیون در نمونه‌های تیمار شده با اسید سالیسیلیک نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد نشان داد. یکی از علل افزایش اسیدهای آلی در گیاهان تحت تیمار شوری، جذب و موازنه‌ی بیشتر کاتیون‌های معدنی ( $K^+$ ,  $Na^+$ ) در مقایسه با آنیون‌های معدنی ( $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$ ) است که به حفظ pH میوه نیز کمک می‌کند. تفاوت بین مقادیر کاتیون و آنیون‌های معدنی در میوه‌های تحت تیمار شوری منجر به ایجاد غلظت‌های بالاتر اسیدهای آلی در این میوه می‌شود.



شکل ۱۰- میانگین اسیدیته قابل تیتراسیون در ترکیبات تیماری رقم (Semi Dwarf و Baneh) و شوری NaCl (mM) و سالیسیلیک اسید (mM). شاخص بالای هر ستون نشان‌دهنده خطای استاندارد ( $\pm SE$ ) می‌باشد.

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 10- The average titratable acidity in cultivar treatment combinations (Baneh and Semi Dwarf) and NaCl salinity (mM) and salicylic acid (mM).

The index above each column indicates the standard error.

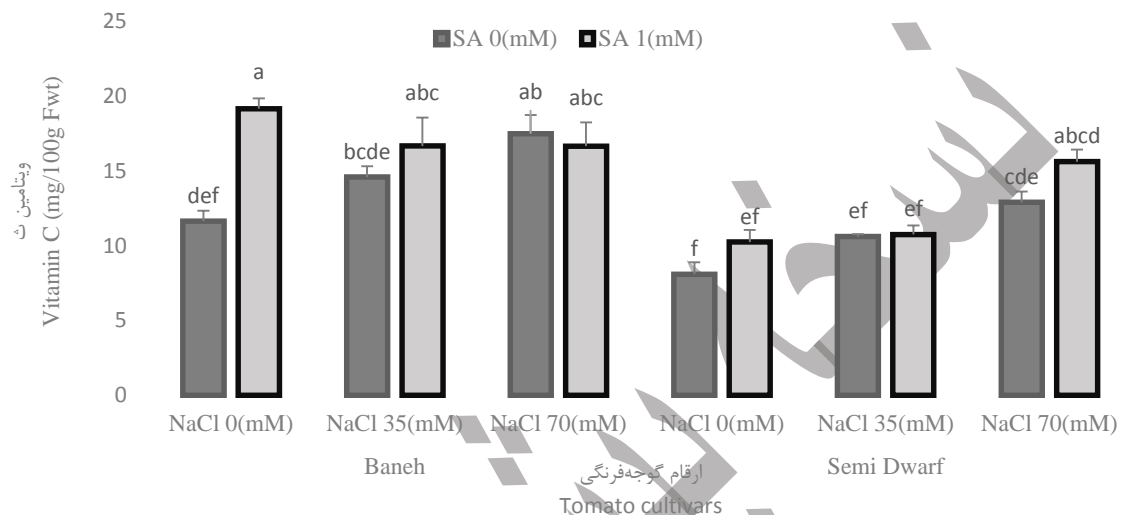
Treatments with at least one common letter did not differ significantly from each other in Duncan test at the level of 5% probability.

#### - ویتامین ث میوه

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۴) نوع رقم و غلظت‌های مختلف شوری و تیمار سالیسیلیک اسید تأثیر معنی‌داری بر ویتامین ث میوه در سطح احتمال یک درصد داشتند، همچنین اثرات متقابل شوری  $\times$  سالیسیلیک اسید و رقم  $\times$  شوری  $\times$  سالیسیلیک اسید بر ویتامین ث میوه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود، اما اثرات متقابل رقم  $\times$  شوری و رقم  $\times$  اسید بر ویتامین ث میوه معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین ترکیب تیماری رقم و شوری و سالیسیلیک اسید نشان داد که بیشترین ویتامین ث مربوط به رقم Baneh بدون تنش شوری همراه با تیمار سالیسیلیک اسید بود و کمترین ویتامین ث در رقم Semi Dwarf بدون تنش شوری مشاهده شد، همچنین در هر دو رقم با افزایش سطح شوری میزان ویتامین ث افزایش پیدا کرد و از طرفی در رقم Baneh نسبت به Semi Dwarf در



تمام سطوح شوری میزان بیشتری ویتامین ث تولید شده بود و تیمار سالیسیلیک اسید فقط در رقم Baneh و در شرایط بدون تنش شوری باعث افزایش ویتامین ث شد، ولی در بقیه تیمارها تأثیری نداشت (شکل ۱۱). افزایش سطوح آنتی اکسیدان های مختلف به عنوان پیام آور وقوع تنش از جمله تغییرات مهم در گیاهان برای مقابله با تنش است. اسید آسکوربیک (ویتامین ث) از جمله ترکیبات آنتی اکسیدانی است که از تخریب بافتها توسط رادیکال های آزاد جلوگیری می کند، که میزان آن در شرایط شوری در جهت کاهش آثار مخرب تنش افزایش می یابد. افزایش شوری در محلول غذایی می تواند منجر به افزایش ویتامین ث در میوه گوجه فرنگی گردد که این امر نتیجه کاهش مقادیر آب به دنبال کاهش پتانسیل آب گیاه است.



شکل ۱۱- میانگین ویتامین ث میوه در ترکیبات تیماری رقم (Semi Dwarf و Baneh) و شوری NaCl (mM) و سالیسیلیک اسید (mM). شاخص بالای هر ستون نشان دهنده خطای استاندارد ( $\pm SE$ ) می باشد.

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 11- The average vitamin C of fruit in treatment combinations of varieties (Baneh and Semi Dwarf) and salinity of NaCl (mM) and salicylic acid (mM).

The index above each column indicates the standard error.

Treatments with at least one common letter did not differ significantly from each other in Duncan test at the level of 5% probability.

## خصوصیات فیزیولوژیکی

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها (جدول ۵) اثر شوری و اثرات متقابل رقم  $\times$  شوری و رقم  $\times$  سالیسیلیک اسید بر شاخص کلروفیل برگ در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود، همچنین شاخص کلروفیل برگ به طور معنی داری از اثرات متقابل رقم  $\times$  شوری  $\times$  سالیسیلیک اسید در سطح احتمال ۵ درصد متأثر شد، اما اثر رقم و سالیسیلیک اسید و اثرات متقابل شوری  $\times$  سالیسیلیک اسید بر شاخص کلروفیل برگ معنی دار نبود. با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها (جدول ۵) غلظت های مختلف شوری تأثیر معنی داری بر پرولین برگ در سطح احتمال یک درصد داشت، همچنین پرولین برگ به طور معنی داری از اثرات متقابل شوری  $\times$  سالیسیلیک اسید در سطح احتمال ۵ درصد متأثر شد، اما اثر رقم و سالیسیلیک اسید و اثرات متقابل رقم  $\times$  شوری و رقم  $\times$  سالیسیلیک اسید و رقم  $\times$  شوری  $\times$  سالیسیلیک اسید بر پرولین برگ معنی دار نبود.

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به صفات فیزیولوژیکی

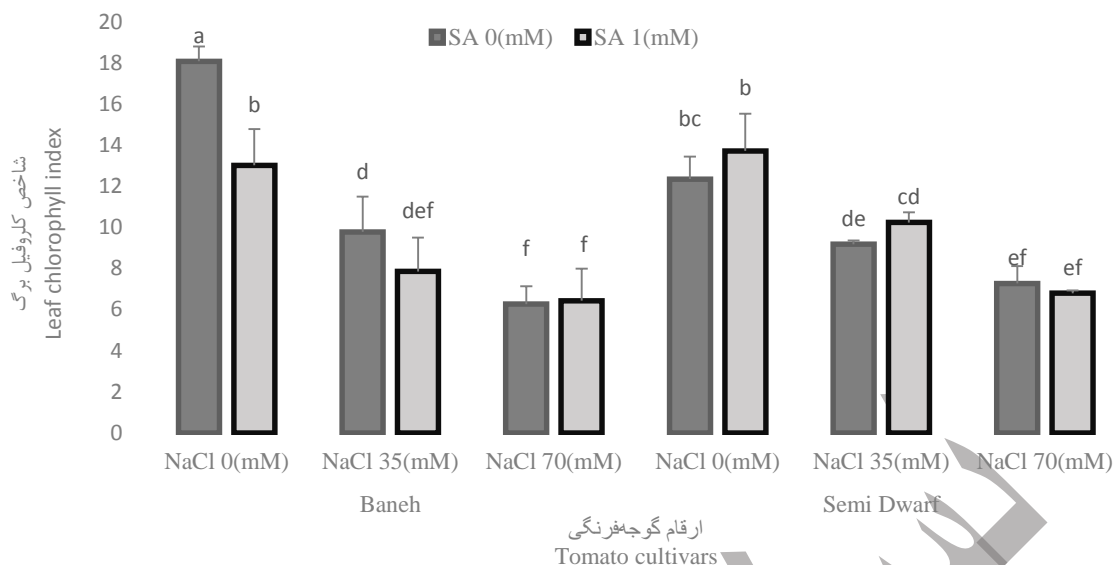
Table 5- Results of variance analysis of data related to physiological traits

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares	
		پروترین Proline	شاخص کلروفیل Chlorophyll index
		رقم (Plant variety)	1
شوری (salinity)	2	11650 <sup>**</sup>	170.57 <sup>**</sup>
سالیسیلیک‌اسید (Salicylic acid)	1	29.6 <sup>ns</sup>	5.464 <sup>ns</sup>
رقم × شوری (Plant variety × salinity)	2	120.8 <sup>ns</sup>	10.495 <sup>**</sup>
رقم × سالیسیلیک‌اسید (Plant variety × salicylic acid)	1	31.39 <sup>ns</sup>	17.810 <sup>**</sup>
شوری × سالیسیلیک‌اسید (Salicylic acid × salinity)	2	88.54 <sup>*</sup>	2.362 <sup>ns</sup>
رقم × شوری × سالیسیلیک‌اسید (Plant variety × salinity × salicylic acid)	2	278.8 <sup>ns</sup>	8.779 <sup>*</sup>
خطا (error)	-	2005	1.647

<sup>ns</sup>, <sup>\*\*</sup> و <sup>\*</sup> به ترتیب عدم معنی داری، معنی داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

<sup>ns</sup>, <sup>\*\*</sup> and <sup>\*</sup>: non-significant, significant at  $p \leq 0.01$  and  $p \leq 0.05$ , respectively

مقایسه میانگین ترکیب تیماری رقم و شوری و سالیسیلیک‌اسید نشان داد که بیشترین میزان شاخص کلروفیل برگ مربوط به رقم Baneh بدون تنش شوری و کمترین میزان شاخص کلروفیل برگ نیز در همین رقم در بالاترین سطح شوری بود، لازم به ذکر است که با افزایش سطح شوری میزان شاخص کلروفیل برگ در هر دو رقم کاهش یافت و همچنین فقط در رقم Semi Dwarf تیمار سالیسیلیک‌اسید باعث افزایش شاخص کلروفیل برگ گردید (شکل ۱۲). گزارش‌های متعددی از کاهش میزان فتوسنتز، محتوای کلروفیل و ریزش و زرد شدن برگ‌های پیر تحت تنش شوری وجود دارد. این می‌تواند به علت کاهش بیوسنتز و یا افزایش تجزیه کلروفیل به دلیل فعالیت انواع اکسیژن واکنش‌گر باشد (Khan *et al.*, 2003). اصغری و خوشبخت (2015) (Asgharei and Khoshbakht) گیاهان ذرت تحت تنش شوری و تیمار شده با سالیسیلیک‌اسید نتایج مشابهی به دست آورد. مواد معدنی موجود در خاک برای تولید کلروفیل اهمیت زیادی دارد و کمبود برخی یون‌های معدنی می‌تواند منجر به کاهش کلروفیل و کلروزیس شود. شوری بالا جذب یون‌های مختلف را دچار اختلال می‌کند (Flowers *et al.*, 2004). کاهش غلظت کلروفیل از عوامل مهم مؤثر در میزان ظرفیت فتوسنتزی گیاه به شمار می‌رود و افزایش درجه شوری موجب کارایی ضعیف برگ‌ها در انجام فتوسنتز و تشدید صدمات تنش می‌شود. بنابراین کاهش صفات رویشی را می‌توان به کاهش میزان مواد فتوسنتزی برای تأمین رشد سبزینه‌ای نسبت داد. کلروفیل و پروترین هر دو از پیش‌ماده مشترکی به نام گلوتامات سنتز می‌شوند. بنابراین می‌توان گفت افزایش سنتز پروترین در شرایط تنش شوری منجر به کاهش سنتز کلروفیل می‌گردد (Weisany *et al.*, 2011). نظر و همکاران (2011) (Nazar *et al.*) گزارش کردند که افزایش در فتوسنتز لوبیا با اعمال تیمار ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک تحت تنش شوری همزمان با افزایش هدایت روزنه‌ای و غیر روزنه‌ای فتوسنتز است. احتمالاً تیمار بوته‌های تحت تنش شوری با اسید سالیسیلیک باعث کاهش محتوای یون‌های سدیم، کلر و القای فعالیت ATP-سولفوریلاز و نیترات ردوکتاز و در نتیجه افزایش محتوای نیتروژن و گوگرد باهم شرکت در متابولیسم گروه نیول پروتئین‌ها به سرعت گلوکوتانیون حاصل نقش مهمی در متابولیسم سلولی و مقاومت به تنش در مقابل رادیکال‌های آزاد بازی می‌کند.



شکل ۱۲- میانگین شاخص کلروفیل برگ در ترکیبات تیماری رقم (Semi Dwarf و Baneh) و شوری NaCl (mM) و سالیسیلیک اسید (mM). شاخص بالای هر ستون نشان‌دهنده خطای استاندارد ( $\pm SE$ ) می‌باشد.

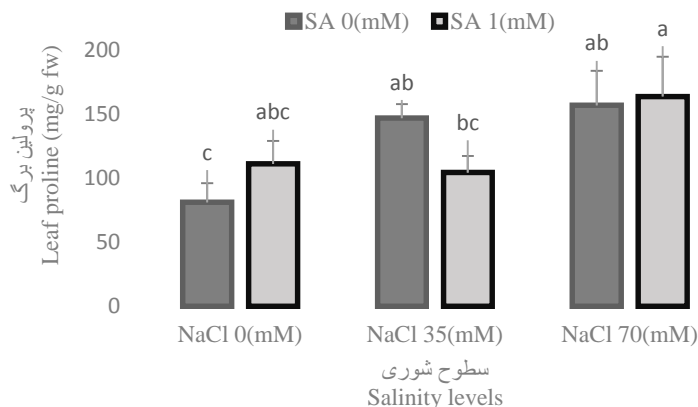
تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 16- The average leaf chlorophyll index in cultivar treatments (Baneh and Semi Dwarf) and NaCl salinity (mM) and salicylic acid (mM).

The index above each column indicates the standard error.

Treatments with at least one common letter did not differ significantly from each other in Duncan test at the level of 5% probability.

مقایسه میانگین ترکیب تیماری شوری و سالیسیلیک اسید نشان داد که بیشترین میزان پرولین برگ در بالاترین سطح شوری و همراه با تیمار سالیسیلیک اسید بود و کمترین میزان پرولین برگ در پایین‌ترین سطح شوری بود و با افزایش سطح شوری میزان پرولین برگ افزایش یافت، همچنین تیمار سالیسیلیک اسید نتوانست در میزان پرولین برگ تأثیرگذار باشد (شکل ۱۳). در مورد نقش پرولین در تعدیل اسمزی و افزایش تحمل به تنش شوری در گیاهان مطالعات زیادی صورت گرفته است (Li *et al.*, 2014). میزان تجمع پرولین تحت شرایط شوری با میزان تحمل گیاهان نسبت به شرایط تنش متناسب بوده است. یکی از علل اصلی افزایش سطح پرولین در طول تنش شوری می‌تواند ناشی از تغییر در فعالیت‌های آنزیم‌های دخیل در بیوسنتز و یا تجزیه پرولین باشد. در مطالعه حاضر، افزایش چشمگیر میزان پرولین در نمونه‌های تیمار شده با سالیسیلیک اسید و رشد یافته در سطوح مختلف شوری می‌تواند بیانگر استراتژی سازگاری این گیاهان برای مقابله با شرایط تنش باشد. با توجه به نتایج به دست آمده، به نظر می‌رسد که برهمکنش شوری و تیمار سالیسیلیک اسید دارای یک اثر افزایشی در تجمع پرولین بوده است. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که تیمار سالیسیلیک اسید احتمالاً از طریق تأثیر بر آنزیم‌های متابولیزه‌کننده پرولین سبب افزایش میزان پرولین در این گیاه شده و غلظت نمک بر میزان فعالیت این آنزیم‌ها توسط سالیسیلیک اسید مؤثر بوده است. حقیقی و منصور (Haghighi and Mansouri, 2019) نشان دادند که اسید سالیسیلیک در غلظت‌های کم شوری در گیاهان گوجه فرنگی باعث افزایش میزان پرولین می‌شود، اما در غلظت‌های بالای شوری اسید سالیسیلیک اثر معنی‌داری نشان نداد.



شکل ۱۳- تأثیر استفاده از ترکیب تیماری شوری NaCl (mM) و سالیسیلیک اسید (mM) بر میانگین پرولین برگ. شاخص بالای هر ستون نشان دهنده خطای استاندارد ( $\pm SE$ ) می باشد.

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 13- The effect of using the salinity treatment combination of NaCl (mM) and salicylic acid (mM) on average leaf proline.

The index above each column indicates the standard error.

Treatments with at least one common letter did not differ significantly from each other in Duncan test at the level of 5% probability.

## نتیجه گیری کلی

تنش شوری در ارقام Baneh و Semi Dwarf در اکثر صفات مورد بررسی باعث کاهش شد، اما برخی صفات کیفی را بهبود بخشید و تیمار سالیسیلیک اسید در بیشتر شاخص های مورد بررسی در هر دو رقم باعث بهبود شاخص های مذکور گردید. بنابراین با توجه به اینکه تیمار سالیسیلیک اسید در شرایط تنش شوری در ارقام Baneh و Semi Dwarf اثرات مثبت داشته، قابل توصیه می باشد. سالیسیلیک اسید یکی از مهمترین عوامل حیاتی در کشاورزی به شمار می رود که با توجه به آثار مفید یاد شده در پژوهش حاضر، با تأثیر بر سازوکارهای تنظیمی و عوامل کاهنده آثار تنش در کاهش آثار منفی تنش شوری نقش بسزایی دارند. با توجه به اهمیت کشاورزی ارگانیک در دنیای امروز، لازم است به بررسی های بیشتر در این زمینه توجه ویژه ای شود.

## منابع

- Ahmad R., Hussain S., Anjum M. A., Khalid M.F., Saqib M., Zakir I., Hassan A., Fahad S., and Ahmad, S. 2019. Oxidative stress and antioxidant defense mechanisms in plants under salt stress. In: plant abiotic stress tolerance (Eds. Hasanuzzaman, M., Hakeem, K., Nahar, K. and Alharby, H.) 191-205. Springer, Cham.
- Ahmadi Sh. 2017. Effect of sodium nitroprusside and salicylic acid foliar application on morpho-physiological characters and postharvest quality of tomato under salinity stress. University of Kurdistan. Faculty of Agriculture. Department of Horticultural Science.
- Antonic D., Milosevic S., Cingel A., Lojic M., Trifunovic-Momcilov M., Petric M., Subotic, A., and Simonovic A. 2016 Effects of exogenous salicylic acid on *Impatiens walleriana* L. grown *in vitro* under polyethylene glycol-imposed drought. South African Journal of Botany. 105: 226-233.
- AOAC. 1980. Official Methods of Analysis. 13th Ed. Washington, D. C., Association of Official Analytical Chemists.
- Bates L.S., Waldern R.P., and Teave I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil. 39: 205- 207.

- Bayat H., Alirezaie M., and Neamati H. 2012. Impact of exogenous salicylic acid on growth and ornamental characteristics of calendula (*Calendula officinalis* L.) under salinity stress. *Journal of Stress Physiology and Biochemistry*. 8: 258-267.
- Cheng X., Deng G., Su Y., Liu J.J., Yang Y., and Du G.H. 2016. Protein mechanisms in response to NaCl-stress of salt-tolerant and salt-sensitive industrial hemp based on iTRAQ technology. *Industrial Crops and Products*. 83: 444-452.
- Egamberdieva D., Wirth S., Bellingrath-Kimura S.D., Mishra J., and Arora, N.K. 2019. Salt tolerant plant growth promoting rhizobacteria for enhancing crop productivity of saline soils. *Frontiers in Microbiology*. 10: 2791.
- Farhadi N., and Ghassemi-Golezani K. 2020. Physiological changes of *Mentha pulegium* in response to exogenous salicylic acid under salinity. *Scientia Horticulturae* 267: 109325.
- Flowers T.J. 2004. Improving crop salt tolerance. *Journal of Experimental Botany*. 55(396): 307-319.
- Gharib F.E.L. 2007. Effect of salicylic acid on the growth, metabolic activities and oil content of basil and marjoram. *International Journal of Agriculture and Biology*. 9: 294-301.
- Haghighi M., and Mansouri F. 2019. Effect of Jasmonic acid and Salicylic acid on growth and physiological changes of tomato under salinity stress. *Soil and Plant Interac.* 9(4): 1-13.
- Hajiaghaei-Kamrani M., and Hosseiniya H. 2013. Effect of Salinity on Nutrient Uptake in Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) In Hydroponic System. *International journal of Agronomy and Plant Production*. Vol., 4 (10), 2729-2733.
- Horvath E., Csiszár J., Gallé A., Poór P., Szepesi A., and Tari I. 2015. Hardening with salicylic acid induces concentration-dependent changes in abscisic acid biosynthesis of tomato under salt stress. *Journal of Plant Physiology*. 183: 54-63.
- Hossein M.M., Balbaa L.K., and Gaballah M. 2007. Salicylic acid and salinity effects on growth of maize plants. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*. 3(4): 321-328.
- Jayakannan M., Bose J., Babourina O., Rengel Z., and Shabala S. 2015. Salicylic acid in plant salinity stress signaling and tolerance. *Plant Growth Regulation* 76: 25-40.
- Kazemi M. 2013. Influence of foliar application of 5-sulfosalicylic acid, malic acid, putrescine and potassium nitrate on vegetative growth and reproductive characteristics of strawberry cv. 'Selva'. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*. 7: 93-101.
- Khorsandi O., Hassani A., Sefidkon F., Shirzad H., and Khorsandi A. 2010. Effect of salinity (NaCl) on growth, yield, essential oil content and composition of *Agastache foeniculum* kuntz. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*. 26:438-451.
- Khoshbakht D., and Asgharei M.R. 2015. Influence of foliar-applied salicylic acid on growth, gas-exchange characteristics, and chlorophyll fluorescence in citrus under saline conditions. *Photosynthetica*. 53: 410.
- Kiani A., and Mirlatifi S. 2012. Effect of different quantities of supplemental irrigation and its salinity on yield and water use of winter wheat (*Triticum aestivum*). *Irrig. Drain*. 61: 1. 89-98.
- Li T., Hu Y., Du X.H., Tang H., Shen C.H., and Wu J. S. 2014. Salicylic acid alleviates the adverse effects of salt stress in *Torreya grandis* cv. *merrillii* seedlings by activating photosynthesis and enhancing antioxidant systems. *PLoS One* 9, e109492.
- Ma X., Zheng J., Zhang X., Hu Q., and Qian R. 2017 Salicylic acid alleviates the adverse effects of salt stress on *Dianthus superbus* (Caryophyllaceae) by activating photosynthesis,

- protecting morphological structure, and enhancing the antioxidant system. *Frontiers in Plant Science*. 8: 600.
- Massaretto I.L., Albaladejo I., Purgatto E., Flores F.B., Plasencia F., Egea Fernández J.M., Bolarin M.C., and Egea I. 2018. Recovering tomato landraces to simultaneously improve fruit yield and nutritional quality against salt stress. *Front. Plant Science*. 9: 1778.
- Mohammadzadeh M., Arouee H., Nemati S.H., and Shoor M. 2013. Effect of different levels of salt stress and salicylic acid on morphological characteristics of four mass native basil (*Ocimum basilicum*). *International Journal of Agronomy and Plant Production*. 4: 3590-3596.
- Nazar R., Iqbal N., Syeed S., and Khan N.A. 2011. Salicylic acid alleviates decreases in photosynthesis under salt stress by enhancing nitrogen and sulfur assimilation and antioxidant metabolism differentially in two mungbean cultivars. *J. Plant Physiol*. 168: 807-815.
- Nounjan N., Nghia P.T., and Theerakulpisut P. 2012. Exogenous proline and trehalose promote recovery of rice seedlings from salt-stress and differentially modulate antioxidant enzymes and expression of related genes. *Journal of Plant Physiology*. 169: 596-604.
- Pessaraki M. 2016. Saltgrass, a minimum water and nutrient requirement halophytic plant species for sustainable agriculture in desert regions. *Journal of Earth, J. Environ. Health Science*. 2: 1. 21-27.
- Piri H., Ansari H., and Parsa M. 2018. Determination of water- salinity production function by taking time performance and the assessment production indexes of forage sorghum. *Water Resour*. 11: 38. 15-26.
- Poor P., Borbely P., Bodi N., Bagyanszki M., and Tari I. 2019. Effects of salicylic acid on photosynthetic activity and chloroplast morphology under light and prolonged darkness. *Photosynthetica* 57: 367-376.
- Putra A.P., and Yuliando H. 2015. Soilless culture system to support water use efficiency and product quality: A review. *Agric. Agric. Sci. Proced*. 3: 283-288.
- Rady M.M., and Mohamed G.F. 2015. Modulation of salt stress effects on the growth, physio-chemical attributes protein content by zinc element application in periwinkle (*Catharanthus roseus* L.) under salinity stress. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 32: 35-46.
- Rivas-San Vicente M., and Plasencia J. 2011. Salicylic acid beyond defence: its role in plant growth and development. *Journal of Experimental Botany* 62: 3321-3338.
- Safari Mohamadieh Z., Moghadam M., Abedi B., and Samiei L. 2014. Effect of salinity stress on some yield parameters and morphological attributes of *Mentha spicata* L. in hydroponic condition. *Journal of Science & Technology of Greenhouse Cultures*, 6: 97-107.
- Salehi S., Babalar M., Tagvi T., and Askari Sarcheshmeh M.A. 2012. The effect of salicylic acid misting treatment on the growth, yield and quality traits of *Camarosa strawberry*. *Journal of Horticultural Sciences of Iran*. 44: 349-357.
- Signore A., Serio F., and Santamaria P. 2016. A targeted management of the nutrient solution in a soilless tomato crop according to plant needs. *Front. Plant Sci*. 7: 391.
- Weisany W., Sohrabi Y., Heidari GH., and Ghassemi-Golzani K. 2011. Physiological responses of soybean (*Glycine max* L.) to zinc application under salinity stress. *Australian Journal of Crop Science*. 5(11): 1441-1447.