Horticultural Plants Nutrition
Vol.3, No.2, Autumn & Winter 2020-21
Research Paper

DOI: 10.22070/hpn.2020.5547.1100

Influence of three types of superabsorbents on growth characteristic and elements uptake in basil under salinity stress

Sara Farsaraei [1] ***, Mohammad Moghaddam*** [2*]

1- Department of Horticultural Science and Landscape Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
Farsaraei2013@gmail.com
2- Corresponding Author, Department of Horticultural Science and Landscape Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
m.moghadam@um.ac.ir

Received Date: 2019/12/25 Accepted Date: 2020/05/12

Abstract

Introduction: Salinity stress is one of the main factors that limited crop production. The expansion of saline areas has significantly increased. Based on severity and duration of the salinity stress, the plants show different reactions. First of all, salinity reduces the growth of plants due to the existing osmotic materials around the roots. Furthermore, salinity exerts hypertonic stress on the plants. Under salt stress, ions, mostly Na+ and Cl-, accumulate in the tissues of plants and cause significant physiological and biochemical disorders, reactive oxygen species (ROS) production, and inhibition of K+ uptake. Therefore, these occurrences lead to a reduction in plant growth and development. Therefore, using different methods for reducing the harmful effects of salinity is very important. Superabsorbent polymers application has extended to aid the growth of plants in saline soils. These substances have been applied as a soil amendment to improve plant growth under salt stress. Superabsorbent polymers are hydrocarbon compounds that they do not have any pollution effects on soil, water and plant tissues. They are more important in the regions where water availability is deficient and could be a good strategy for holding water in arid and semi-arid regions. Basil (Ocimum basilicum) is a medicinal plant from Lamiaceae family that used in food and cosmetic industries.

Material and methods: In order to study the comparison between three types of superabsorbent on growth characteristics and basil elements content under salinity stress in two harvesting times, a pot experiment was conducted at the research greenhouse of Ferdowsi University of Mashhad as factorial based on completely randomized design with four levels of NaCl (0, 40, 80 and 120 mM NaCl in irrigation water (respectively: 0, 3.5, 7, and 10.5 dS/m) and four levels of superabsorbent polymers (control, Ackoasorb, Stockosorb and Terracottem) in three replications in 2019. The studied traits were included growth characteristic (plant height, number of brunches, stem diameter, internode distance, length and width of leaf, inflorescence height, fresh and dry weight of leaf, stem, and inflorescence) and element content (N, P, K, Na, K/Na, Ca and Mg). Statistical analysis was performed using Minitab 17 software. The mean comparison was done by Bonferroni test at the 5% probability level. The figure drew by Microsoft Excel software.

Results and discussion: The results of the mean comparison in both harvesting times showed that, with increasing salinity, the growth characteristics of the plant decreased and the application of superabsorbents, especially in the second harvesting time, improved these traits. In the first harvesting time, the amount of potassium, phosphorus and nitrogen were increased by using Terracottem superabsorbent polymer 28.43, 68.96, and 71.55, respectively. Moreover, potassium to sodium ratio was increased by applying Ackoasorb superabsorbent polymer 18.85%, in 120 mM salinity compared to the control. Also, the results showed that at the highest salinity level, application of all three types of superabsorbent polymers were able to significantly decrease sodium compared to the control. On the second harvesting time, the results showed that at the highest salinity level (80 mM), potassium and phosphorus levels increased by 34.66% and 44.44%, respectively, and the sodium content was 19.95% higher than the control. It seems that superabsorbents with water storage and reduction of salt concentration around the root can reduce the negative effects of NaCl stress. Among the superabsorbents used in this study, the Terracottem was more effective.

Conclusions: Based on the results of this experiment, the growth characteristics and elements of O. basilicum cv. Keshkeni luvelu were influenced by NaCl. At the higher NaCl levels, the negative effects of NaCl on plants and osmotic abilities were observed. The application of superabsorbent polymers had different effects on the studied traits. In most cases, Terracottem was the most effective superabsorbent to mitigate the negative effects of salinity. Superabsorbent polymers application can protect the plants from harmful effects of salinity by increasing K+ amount as well as decreasing Na+. However, there is little knowledge about the mechanism of superabsorbent polymers application under salinity stress in the previous study. The findings of this study indicated that superabsorbent polymers application, especially the Terracottem can alleviate the negative effects of salinity on sweet basil by increasing water holding capacity and decreasing Na+ concentration.

Keywords: Growth, Nitrogen, Phosphorus, Potassium, Terracottem.

نشریه علمی تغذیه گیاهان باغی
دوره ۳، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۹، (ص ۱۷۴- ۱۵۹)
مقاله پژوهشی

DOI: 10.22070/hpn.2020.5547.1100

تاثیر سه نوع پلیمر سوپرجاذب بر خصوصیات رشدی و جذب عناصر در ریحان تحت تنش شوری

سارا فرسرایی [۱]، محمد مقدم [۲*]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
Farsaraei2013@gmail.com
۲- نویسنده مسئول و دانشیار گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
m.moghadam@um.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۳/۰۲ **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۰۶**

چکیده

به‌منظور بررسی اثر سه نوع پلیمر سوپرجاذب بر خصوصیات رشدی و میزان جذب برخی عناصر ریحان رقم کشکنی لولو تحت تنش شوری ناشی از کلرید سدیم، آزمایشی گلدانی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار سطح شوری آب آبیاری (صفر، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) و چهار سطح سوپرجاذب (بدون کاربرد، آکوازورب، تراکوتم، استاکوزورب) در سه تکرار انجام شد. صفات مورد مطالعه شامل خصوصیات رشدی (ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌فرعی، طول میانگره، قطر ساقه، طول و عرض برگ، وزن تر و خشک برگ، ساقه و سنبله و ارتفاع سنبله) و میزان جذب عناصر (نیتروژن، فسفر، پتاسیم، سدیم، نسبت پتاسیم به سدیم، کلسیم و منیزیم) بودند. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها در هر دو چین برداشت نشان داد که با افزایش شوری خصوصیات رشدی گیاه کاهش یافت و کاربرد سوپرجاذب‌ها به خصوص در چین دوم برداشت سبب بهبود این صفات شدند. در چین اول برداشت و در شوری ۱۲۰ میلی‌مولار میزان پتاسیم، فسفر و نیتروژن با کاربرد سوپرجاذب تراکوتم و نسبت پتاسیم به سدیم با کاربرد سوپرجاذب آکوازورب به ترتیب ۲۸/۴۳، ۶۸/۹۶، ۷۱/۵۵ و ۶۸/۴۷ درصد نسبت به شاهد افزایش یافتند. همچنین نتایج نشان داد که در بالاترین سطح شوری کاربرد هر سه نوع پلیمرسوپرجاذب توانست سبب کاهش معنی‌دار سدیم نسبت به شاهد شود. نتایج چین دوم برداشت نشان داد که با کاربرد سوپرجاذب تراکوتم در بالاترین سطح شوری (غلظت ۸۰ میلی‌مولار) میزان پتاسیم و فسفر ۳۴/۶۶ و ۴۴/۴۴ درصد افزایش و میزان سدیم ۱۹/۹۵ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. نتایج این آزمایش نشان داد که سوپرجاذب‌ها با ذخیره آب و کاهش غلظت نمک‌ها در اطراف ریشه موجب کاهش اثرات منفی ناشی از تنش کلرید سدیم می‌شوند و از بین سوپرجاذب‌های مورد استفاده در این تحقیق، سوپرجاذب تراکوتم موثرتر واقع شد.

کلمات کلیدی: پتاسیم، تراکوتم، رشد، فسفر، نیتروژن.

مقدمه

تنش‌های محیطی یکی از عمده‌ترین عوامل نگرانی بشر در تولید محصولات کشاورزی بشمار می‌روند (Parihar et al., 2015). تنش شوری یکی از عوامل محیطی اصلی کاهنده عملکرد محصولات کشاورزی می‌باشد که روز به روز نیز در حال افزایش است و گیاهان بر اساس شدت و مدت قرارگیری در معرض آن عکس‌العمل نشان می‌دهند (Ahmad and Prasad, 2010). تحت تنش شوری یون‌های سدیم و کلر در بافت گیاه تجمع یافته و باعث اختلالات قابل توجهی از جمله تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن و مهار جذب پتاسیم می‌شوند و در نتیجه این وقایع رشد و نمو گیاه مختل شده و کاهش می‌یابد (Ahmad and Prasad, 2010). بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که تنش شوری در گیاه ریحان موجب کاهش توام رشد اندام هوایی و ریشه این گیاه شده؛ اما این کاهش رشد در ریشه نسبت به اندام هوایی بیشتر بود (Caliskan et al., 2017). نمک‌ها با کاهش پتانسیل آب خاک باعث جلوگیری از جذب آب توسط گیاه می‌شوند و در نتیجه موجب بروز علائم تنش خشکی در گیاه شده و بدین طریق از رشد گیاه جلوگیری می‌کنند (Han et al., 2010). در هنگام افزایش تنش شوری میزان یون سدیم در اندام هوایی شنبلیله (Archangi et al., 2012) و ریحان (Farsaraei et al., 2018) افزایش یافت و در مقابل یون‌های پتاسیم و فسفر آن کاهش یافتند.

پلیمرهای سوپرجاذب، ترکیبات اصلاح کننده خاک می‌باشند که می‌توانند اثرات مضر تنش بر گیاهان را کاهش دهند و اهمیت آنها در مناطق خشک و نیمه خشک (از جمله ایران) به علت قدرت جذب بالای آب بیشتر است و بنابراین روز به روز استفاده از آن‌ها در کشاورزی افزایش می‌یابد (Ibrahim et al., 2015). کاربرد پلیمرهای سوپرجاذب در خاک شور میزان آب قابل استفاده برای گیاه را نسبت به عدم کاربرد آن‌ها ۲/۲ برابر می‌کند (Seyed Dorraji et al., 2010). از آنجاییکه پلیمرهای سوپرجاذب باعث کاهش غلظت یون سدیم و کلر در خاک و افزایش یون کلسیم می‌شوند (Chen et al., 2003) به‌عنوان یک کاهنده اثرات تنش شوری در نظر گرفته می‌شوند (Shi et al., 2010). به بیان دیگر پلیمرهای سوپرجاذب با آزاد کردن آرام مواد غذایی و در اختیار گیاه قرار دادن آن‌ها و همچنین افزایش بازده مصرف آب موجب حفظ بقای گیاه در شرایط تنش‌های محیطی می‌شوند (Karimi and Naderi, 2007). بطوریکه کاربرد سوپرجاذب‌ها در شرایط شوری باعث بهبود رشد در لوبیا (Kant et al., 2008)، اکالیپتوس (Viero and Little, 2006) و بهبود صفات مورفولوژیکی خیار گلخانه‌ای (Lotfi et al., 2015) شدند.

ریحان (*Ocimum basilicum* L.) گیاهی یکساله، علفی، ایستاده و به ارتفاع ۴۰ تا ۶۰ سانتی‌متر و دارای گل‌های کوچک معطر با رنگ‌های سفید، بنفش و گاهی صورتی متعلق به خانواده نعناعیان (Lamiaceae) می‌باشد (Mirmohammadi Meibodi and Ghareyazi, 2003). پیکررویشی این گیاه حاوی اسانس بوده و اسانس و سایر مواد مؤثره این گیاه دارای خاصیت ضد قارچی و ضد باکتریایی بوده و برای معالجه نفخ شکم، انگل روده‌ای و کمک به هضم غذا استفاده می‌شود (Omidbeigi, 1995). قرار گرفتن این گیاه در شرایط تنش شوری موجب کاهش رشد و عملکرد آن می‌گردد؛ بطوریکه Bahcesulara و همکارانش (۲۰۲۰) کاهش خصوصیات رشدی ریحان تحت تنش شوری را در تحقیق خود نشان دادند. تنش شوری همچنین موجب کاهش جذب عناصر غذایی ریحان در تحقیق Carolyn و همکارانش (۲۰۱۹) شد و آنها همچنین در تحقیق خود نشان دادند که با افزایش سطوح تنش شوری رشد و عملکرد گیاه ریحان کاهش یافت. با توجه به ارزش دارویی بالای گیاه ریحان رقم کشکنی لولو و تاثیر منفی تنش شوری بر گیاهان دارویی از جمله این گیاه و همچنین با توجه به اینکه تاکنون تحقیقی مبنی بر بررسی اثر سوپرجاذب‌ها در شرایط تنش شوری در گیاهان دارویی از جمله ریحان انجام نشده است، هدف از انجام

پژوهش حاضر بررسی خصوصیات رشدی و میزان جذب عناصر غذایی این گیاه در شرایط شوری و کاربرد سوپرجاذب‌های مختلف به‌منظور بهبود خصوصیات گیاه در شرایط تنش می‌باشد. همچنین از دیگر اهداف این پژوهش این است که از میان سوپرجاذب‌های مصرفی بتواند بهترین و موثرترین نوع آن را در شرایط تنش معرفی نماید.

مواد و روش‌ها

به‌منظور مقایسه اثر سه نوع پلیمرسوپرجاذب بر خصوصیات رشدی و میزان جذب برخی عناصر ریحان رقم کشکنی لولو (*Ocimum basilicum* cv. Keshkeni luvelou) تحت تنش شوری ناشی از کلرید سدیم طی دو چین برداشت، آزمایشی گلدانی بصورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد (با رطوبت ۷۰–۸۵ درصد و دمای ۲۸ درجه در روز و ۲۲ درجه در شب و ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی) در سال ۱۳۹۷ انجام شد. تیمارهای مورد آزمایش شامل چهار سطح شوری آب آبیاری (صفر، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار کلرید سدیم به‌ترتیب معادل صفر، سه و نیم، هفت و ۱۰/۵ دسی زیمنس بر متر) و چهار سطح پلیمر سوپرجاذب (بدون کاربرد، آکوازورب (ساخت کشور فرانسه)، تراکوتم (ساخت کشور اسپانیا) و استاکوزورب (ساخت کشور آلمان) در سه تکرار بودند. این سوپرجاذب‌ها سنتزی بوده و از شرکت‌های آتیه انرژی تلاش (تراکوتم و استاکوزورب) و بشری امین (آکوازورب) تهیه شدند و مشخصات آن‌ها در جدول ۱ آورده شد. کشت گیاه به صورت نشایی انجام شد. بدین صورت که بذور ریحان (تهیه شده از دانشگاه علوم باغبانی Budapest مجارستان) را در سینی کشت حاوی نسبت مساوی کوکوپیت و پرلیت کشت کرده و بعد از سبز شدن و در مرحله چهار برگی، تعداد چهار نشاء به گلدان‌هایی با دهانه ۳۰ و ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر حاوی خاکی با بافت لومی- شنی انتقال یافت (جدول ۲). پلیمرهای سوپرجاذب قبل از کشت به میزان دو گرم در هر کیلوگرم خاک بصورت کامل مخلوط شدند. کلرید سدیم به همراه آب آبیاری در مرحله پنج تا شش برگی (زمان استقرار گیاه) اعمال شد (Harati et al., 2015). به‌منظور جلوگیری از شوک ناگهانی ابتدا کمترین غلظت (۴۰ میلی‌مولار) و با فاصله یک هفته از هم غلظت‌های بیشتر اعمال گردید (Rezaei-Chiyaneh et al., 2015). به منظور عدم تجمع نمک، آبشویی هر ۱۰ روز یکبار به حدی که آب بطور کامل از زیر گلدان‌ها خارج شود؛ انجام شد (به‌منظور زهکشی بهتر، در کف گلدان‌ها از گراویه استفاده شد). گیاهان در مرحله ۸۰ درصد گلدهی از گره دوم برداشت شدند و صفات مورد نظر شامل خصوصیات رشدی (ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌فرعی، طول میانگره، قطر ساقه، طول و عرض برگ، وزن تر و خشک برگ، ساقه و سنبله و ارتفاع سنبله) و میزان جذب عناصر (نیتروژن، فسفر، پتاسیم، سدیم، نسبت پتاسیم به سدیم، کلسیم و منیزیم) در دو چین برداشت اندازه‌گیری شدند. آبیاری با آب شور بعد از برداشت اول همچنان ادامه یافت تا گیاهان برای چین بعد دوباره رشد کنند و مجدد در مرحله گلدهی نمونه-برداری انجام و صفات اندازه‌گیری شدند. ارتفاع بوته، فاصله میانگره، طول و عرض برگ و ارتفاع سنبله با خط-کش اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری وزن تر و خشک برگ، ساقه و سنبله از ترازویی با دقت ۰/۰۱ گرم استفاده شد. جهت اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌های گیاهی به-مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. جهت تعیین میزان نیتروژن برگ از دستگاه کجلدال استفاده شد (Sharp et al., 2002). میزان فسفر با آمونیوم مولیبدات در محیط اسیدی و در طول موج ۳۴۰ نانومتر با اسپکتروفتومتر (مدل Bio Quest C250) اندازه‌گیری شد (Page et al., 1982). اندازه‌گیری سدیم و پتاسیم به روش شعله سنجی و به وسیله دستگاه فلیم فتومتر انجام شد (Parham et al., 2003). کلسیم و منیزیم نیز به روش

جذب اتمی شعله‌ای اندازه‌گیری شدند (Waling et al., 1989). قابل ذکر است که در چین دوم برداشت گیاهان قادر به تحمل غلظت ۱۲۰ میلی‌مولار شوری نبوده و از بین رفتند و بنابراین اندازه‌گیری صفات در چین دوم در مورد سه سطح شوری باقیمانده (یعنی صفر، ۴۰ و ۸۰ میلی‌مولار) انجام شد. داده‌های حاصل از هر چین برداشت بصورت جداگانه آنالیز شدند. تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم افزار آماری Minitab 17 و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون بونفرونی (Bonferroni) در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. برای رسم نمودارها از نرم افزار اکسل ۲۰۱۶ استفاده شد.

جدول ۱- مشخصات سوپرجاذب‌های مورد استفاده در این تحقیق

Table 1- The characteristics of superabsorbents used in this research

Superabsorbent name	Specific weight (g/l)	pH	Cation Exchange Capacity (CEC) (meq/100g)	Water uptake amount (related to the superabsorbent weight)	Durability (year)	Other features
Ackoasorb	800	7.5	400	200-500	5-6	containing potassium hydroxide and ammonia
Terracottem	810	7.5-7.8	400	200-300	7-8	ability to provide nutrients for plant such as K, P,N, Ca, ….
Stackosorb	650	7 – 8.5	400	400	7-10	containing acrylic acid, acrylamide, K and Ca

* ویژگیهای سوپرجاذب‌ها براساس مشخصات درج شده از سوی شرکتهای تولید کننده

The superabsorbents properties are shown based on the interested characteristics entered by their manufacturing companies

جدول ۲- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 2- Some chemical and physical characteristics of the soil

Mg (meq/l)	Ca (meq/l)	K (mg/kg)	P (mg/kg)	N (mg/g)	Organic carbon (%)	EC ($dS.m^{-1}$)	pH
4.8	18.4	202	24.6	0.57	0.66	4.09	7.55

نتایج و بحث

خصوصیات مورفولوژیکی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها در چین اول برداشت نشان داد که اثر اصلی شوری بر ارتفاع ساقه، قطر ساقه، فاصله میانگره، عرض برگ، وزن تر و خشک ساقه و برگ و ارتفاع سنبله و اثر اصلی سوپرجاذب بر ارتفاع بوته و قطر ساقه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. همچنین اثرات متقابل شوری و سوپرجاذب بر ارتفاع بوته، قطر ساقه، وزن تر و خشک برگ و وزن خشک ساقه در سطح احتمال یک درصد و بر ارتفاع سنبله در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). در چین دوم برداشت نتایج نشان داد که اثر اصلی تنش شوری و اثر متقابل شوری و سوپرجاذب بر تمامی صفات مورفولوژیکی مورد مطالعه معنی‌دار شد؛ اما اثر متقابل شوری و سوپرجاذب بر عرض برگ معنی‌دار نشد (جدول ۴). اثر اصلی سوپرجاذب در چین دوم بر ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌فرعی، قطر ساقه، وزن تر و خشک برگ و ساقه، ارتفاع سنبله و وزن خشک سنبله در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). مقایسه میانگین اثرات متقابل شوری و سوپرجاذب در چین اول نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته (۶۰/۱ سانتی‌متر)، قطر ساقه (۳/۵۳ میلی‌متر)، وزن تر برگ (۱۶/۳ گرم در بوته) و ارتفاع سنبله (۲۳/۰۷ سانتی‌متر) در تیمار بدون شوری و کاربرد سوپرجاذب تراکوتم مشاهده شد (جدول ۵). بیشترین وزن خشک برگ (۲/۱۵ گرم در بوته) در تیمار بدون شوری و بدون کاربرد سوپرجاذب‌ها مشاهده شد که در این مورد

هم تفاوت معنی‌داری با تیمارهای سوپرجاذب نداشت (جدول ۵). همچنین نتایج مقایسه میانگین داده‌ها در چین اول برداشت نشان داد که کمترین ارتفاع بوته (۳۶/۹ سانتی‌متر) در تیمار شوری ۱۲۰ میلی‌مولار و عدم کاربرد سوپرجاذب‌ها حاصل شد و دو سوپرجاذب تراکوتم و استاکوزورب به‌ترتیب سبب افزایش ۲۲/۷۶ و ۱۴/۶۳ درصدی ارتفاع بوته شدند (جدول ۵). کمترین قطر ساقه (۲/۴۲ میلی‌متر) و وزن خشک ساقه (۱/۲ گرم در بوته) در تیمار شوری ۱۲۰ میلی‌مولار و عدم کاربرد سوپرجاذب‌ها بدست آمد که تفاوت معنی‌داری با کاربرد سوپرجاذب استاکوزورب نداشت؛ اما دو سوپرجاذب تراکوتم و آکوازورب سبب افزایش معنی‌دار این دو صفت شدند (جدول ۵). کمترین وزن تر (۵/۶ گرم در بوته) و خشک (۰/۹۲گرم در بوته) برگ و ارتفاع سنبله (۱۳/۱سانتی‌متر) در تیمار شوری ۱۲۰ میلی‌مولار و عدم کاربرد سوپرجاذب‌ها بدست آمد؛ اما کاربرد سوپرجاذب‌ها در بالاترین غلظت شوری نتوانست سبب افزایش این صفات شود (جدول ۵). اثر ساده شوری در چین اول برداشت نشان داد که بیشترین طول میانگره، طول برگ و وزن تر ساقه در تیمار بدون کلرید سدیم مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با تیمار شوری ۴۰ میلی‌مولار نداشت (شکل ۱ a، b، c). مقایسه میانگین اثرات متقابل شوری و سوپرجاذب در چین دوم نشان داد که بیشترین ارتفاع گیاه (۵۴ سانتی‌متر) در تیمار بدون شوری و کاربرد سوپرجاذب تراکوتم بود که تفاوت معنی‌داری با سوپرجاذب استاکوزورب نداشت؛ اما نسبت به تیمارهای شاهد و سوپرجاذب آکوازورب افزایش معنی‌داری نشان داد (جدول ۶). بیشترین تعداد شاخه‌فرعی (۷/۵)، فاصله میانگره (۸/۲ سانتی‌متر) و قطر ساقه (۳/۲ میلی‌متر) در تیمار بدون شوری و کاربرد سوپرجاذب تراکوتم مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با سایر سوپرجاذب‌ها نداشت؛ اما نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌داری نشان داد (جدول ۶). بیشترین طول برگ در تیمار بدون شوری و کاربرد سوپرجاذب تراکوتم مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارهای سوپرجاذب نداشت (جدول ۶). نتایج نشان داد که بیشترین وزن تر (۸/۵ گرم در بوته) و خشک (۱/۷۳ گرم در بوته) برگ، وزن تر (۷/۳ گرم در بوته) و خشک (۱/۸ گرم در بوته) ساقه و وزن تر (۵/۹ گرم در بوته) و خشک (۰/۶ گرم در بوته) سنبله در تیمار بدون شوری و کاربرد سوپرجاذب تراکوتم مشاهده شده که نسبت به تیمار شاهد و دو سوپرجاذب دیگر افزایش معنی‌داری نشان داد (جدول ۶). بیشترین ارتفاع سنبله (۲۲/۹ سانتی‌متر) در تیمار بدون شوری و کاربرد سوپرجاذب استاکوزورب مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با دو نوع سوپرجاذب دیگر نشان نداد؛ اما نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌داری پیدا کرد (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها همچنین نشان داد که کمترین ارتفاع گیاه (۲۸/۸ سانتی‌متر)، فاصله میانگره (۳/۲ سانتی‌متر)، قطر ساقه (۱/۰۶ میلی‌متر) و وزن تر ساقه (۱/۹ گرم در بوته) به‌علت طولانی شدن دوره تنش و از بین رفتن گیاهان در تیمار شوری ۱۲۰ میلی‌مولار، در تیمار شوری ۸۰ میلی‌مولار و عدم کاربرد سوپرجاذب‌ها مشاهده شد و سوپرجاذب تراکوتم توانست به‌ترتیب سبب افزایش ۳۰/۵۵، ۶۸/۷۵، ۱۲۶/۴۱ و ۷۳/۶۸ درصدی این صفات در این سطح از شوری نسبت به شاهد شود (جدول ۶). کمترین تعداد شاخه‌فرعی (۳/۵)، وزن خشک برگ (۰/۶۲ گرم در بوته) و کمترین ارتفاع سنبله (۷/۶ سانتی‌متر) در تیمار شوری ۸۰ میلی‌مولار و عدم کاربرد سوپرجاذب‌ها مشاهده شد که هر سه سوپرجاذب توانستند این صفت را افزایش دهند (جدول ۶). کمترین طول برگ (۲/۵ سانتی‌متر)، وزن خشک ساقه (۰/۵۱ گرم در بوته)، وزن تر سنبله (۳/۳ گرم در بوته) و وزن خشک سنبله (۰/۱۷ گرم در بوته) در تیمار شوری ۸۰ میلی‌مولار و عدم کاربرد سوپرجاذب‌ها بدست آمد که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای سوپرجاذب نداشت (جدول ۶). کمترین وزن تر برگ (۲/۱ گرم در بوته) در تیمار شوری ۸۰ میلی‌مولار و عدم کاربرد سوپرجاذب‌ها

مشاهده شد که کاربرد دو سوپرجاذب تراکوتم و استاکوزرب توانست سبب بهبود این صفت در شرایط تنش شدید شود (جدول ۶). بررسی‌های موجود بر روی گیاهان دارویی تحت تنش کلرید سدیم نشان داد که این تنش موجب کاهش عملکرد گیاهان و خصوصیات مورفولوژیکی آنها می‌شود از جمله کاهش ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی، وزن تر و خشک اندام هوایی و طول و عرض برگ در آویشن باغی (Hosseini et al., 2015)، کاهش خصوصیات رشدی در مرزه (Mehdizadeh et al., 2019)، کاهش بیوماس تر و خشک در همیشه‌بهار (Kalhor et al., 2018) و کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی ریحان (Farsaraei et al., 2018) شد که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد. دلیل این امر را می‌توان چنین بیان کرد که در هنگام بروز تنش شوری جذب آب از خاک محدود شده و گیاه با تنش رطوبتی مواجه می‌شود (Gupta and Huang, 2014) و بروز علائم خشکی در این شرایط سبب می‌شود تا هورمون آبسزیک اسید از ریشه ترشح و به اندام هوایی منتقل شود و موجب بسته شدن روزنه‌ها گردد و به این طریق از هدر رفت آب جلوگیری کند؛ ولی در کنار این کاهش هدر رفت آب از ورود دی‌اکسیدکربن به داخل گیاه هم جلوگیری به‌عمل آمده و سبب کاهش فتوسنتز در گیاه شده و در پی آن رشد گیاه کم می‌شود (Javadipour et al., 2015). به بیان دیگر تنش شوری با افزایش بازدارنده‌های رشد و کاهش شکل‌گیری تنظیم‌کننده‌های رشد از جمله سایتوکینین و ایجاد سمیت یونی در گیاهان از رشد آن‌ها می‌کاهد (Gupta and Huang, 2014) و همچنین می‌تواند باعث اختلال و نهایتاً کاهش جذب مواد و عناصر غذایی از خاک توسط ریشه گردد که موجب می‌شود تا گیاه با کمبود این مواد مواجه شده و کاهش رشد و ارتفاع در آن ظاهر شود (Attia et al., 2008; Teimouri and Jafari, 2010). در شرایط تنش کلرید سدیم غلظت یون سدیم در گیاه افزایش یافته و گیاه باید برای به حداقل رساندن خسارت به سلول‌هایش تمام انرژی خود را صرف بیرون راندن این یون نماید و در نتیجه این مصرف انرژی، رشد گیاه و در نهایت عملکرد آن کاهش خواهد یافت (Kazemzadeh Haqiqi, 2008) که در این تحقیق نیز کاهش رشد گیاه در اثر تنش کاملاً مشهود است که بحث فوق را اثبات می‌کند. مطابق با نتایج حاصل از این تحقیق، Ali و همکاران (Ali et al., 2007) نشان دادند افزایش غلظت نمک سبب کاهش شدید وزن خشک ریشه و اندام هوایی مرزنجوش گردید. بنابراین با توجه به کاهش رشد و عملکرد گیاه در شرایط تنش شوری باید به‌دنبال روش‌هایی برای کاهش اثرات منفی ناشی از این تنش باشیم که استفاده از پلیمرهای سوپرجاذب می‌تواند به‌عنوان یکی از این روش‌ها مورد استفاده قرار گیرد (Huttermann Zommorodi et al., 2007). بطوری که در این تحقیق نیز کاربرد سوپرجاذب‌ها توانست خصوصیات رشدی گیاه ریحان را بهبود بخشد که در تحقیق Lotfi و همکاران (2015) بر روی خیار نیز نتایج مشابه‌ای مشاهده شد که گیاهان تحت تنش شوری با کاربرد پلیمرهای سوپرجاذب رشد بهتری پیدا کردند. علت این امر را می‌توان چنین بیان داشت که پلیمرهای سوپرجاذب دارای شبکه‌های سه بعدی با پیوند عرضی می‌باشند که از طریق افزایش ظرفیت نگه‌داری آب، کاهش شستشوی مواد غذایی و میزان تبخیر از سطح خاک، موجب افزایش عملکرد در شرایط معمولی و تنش می‌شوند (Pawlowski et al., 2009). به بیان دیگر پلیمرهای سوپرجاذب با صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش ظرفیت آب خاک می‌توانند اثر منفی ناشی از تنش را تا حد زیادی کاهش دهند (Sayyari and Ghanbari, 2012). همچنین این مواد از طریق افزایش دادن سطح تماس ریشه با آب موجب می‌شوند تا آب بیشتری در اختیار گیاه قرار گیرد و بدین صورت از غلظت نمک در اطراف ریشه کاسته و اثرات منفی تنش اکسیداتیو حاصل از تنش شوری را تا حد زیادی کاهش می‌دهند (Islam et al., 2011; Francesco et al., 2015). یکی دیگر از دلایل بهبوددهندگی رشد گیاه در

شرایط تنش شوری با کاربرد سوپرجاذب‌ها می‌تواند این باشد که احتمالا سوپرجاذب‌ها به علت دارا بودن ظرفیت تبادل کاتیونی خود قادرند تا حدی یون‌های سدیم و کلر را در ساختمان خود نگاه داشته و مقدار بسیار کمتری از آن را در اختیار ریشه قرار دهند (Chen et al., 2003; Shao et al., 2007).

عناصر غذایی برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها در هر دو چین برداشت نشان داد که اثر اصلی شوری و سوپرجاذب و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال یک درصد بر میزان عناصر اندازه‌گیری شده برگ ریحان رقم کشکنی لولو معنی‌دار شد (تنها اثر ساده سوپرجاذب بر نسبت K/Na در چین اول معنی‌دار نشد) (جدول ۷ و ۸). مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و سوپرجاذب‌ها در چین اول برداشت نشان داد که بیشترین میزان پتاسیم (۶۶/۳ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ)، فسفر (۱/۷ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ)، نیتروژن (۳۱/۲ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ)، نسبت پتاسیم به سدیم (۸/۶۱)، کلسیم (۸/۵ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ) و منیزیم (۶/۷ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ) در تیمار بدون شوری و کاربرد سوپرجاذب تراکوتم مشاهده شد که در مورد کلسیم تفاوت معنی‌داری با سایر سوپرجاذب‌ها و شاهد نداشت و در منیزیم تنها نسبت به شاهد افزایش معنی‌دار نشان داد و کمترین میزان پتاسیم (۴۰/۸ میلی‌گرم در گرم وزن خشک برگ)، فسفر (۰/۵۸ میلی‌گرم در گرم وزن خشک برگ)، نیتروژن (۱۰/۹ میلی‌گرم در گرم وزن خشک برگ)، نسبت پتاسیم به سدیم (۲/۰۳)، کلسیم (۴/۷ میلی‌گرم در گرم وزن خشک برگ) و منیزیم (۴/۳ میلی‌گرم در گرم وزن خشک برگ) در تیمار شوری ۱۲۰ میلی‌مولار و عدم کاربرد سوپرجاذب‌ها مشاهده شد. سوپرجاذب تراکوتم به‌ترتیب سبب افزایش ۲۸/۴۳، ۶۸/۹۶، ۷۱/۵۵، ۶۵/۹۵ و ۴۶/۵۱ درصدی پتاسیم، فسفر، نیتروژن، کلسیم و منیزیم شد و سوپرجاذب آکوازورب سبب افزایش ۶۸/۴۷ درصدی نسبت پتاسیم به سدیم شد (جدول ۹). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها در چین دوم برداشت نشان داد که بیشترین میزان پتاسیم (۳۲/۲ میلی‌گرم در گرم وزن خشک برگ)، فسفر (۲/۲ میلی‌گرم در گرم وزن خشک برگ)، نیتروژن (۳۵/۵ میلی‌گرم در گرم وزن خشک برگ)، کلسیم (۵/۳ میلی‌گرم در گرم وزن خشک برگ)، منیزیم (۱/۶ میلی‌گرم در گرم وزن خشک برگ) و نسبت پتاسیم به سدیم (۳/۳۲) در تیمار بدون شوری و کاربرد سوپرجاذب تراکوتم حاصل شد. بیشترین میزان سدیم (۴۴/۱ میلی‌گرم در گرم وزن خشک برگ) در تیمار شوری ۸۰ میلی‌مولار و عدم کاربرد سوپرجاذب‌ها بدست آمد و دو سوپرجاذب آکوازورب و تراکوتم سبب کاهش معنی‌دار میزان سدیم شدند (جدول ۱۰).

جدول۳- تجزیه واریانس اثر تنش شوری و سوپرجاذب بر خصوصیات مورفولوژیکی ریحان رقم کشکنی لولو در چین اول برداشت

Table 3- Analysis of variance of effect of salinity and superabsorbent polymer on some morphological characteristics of basil in the first harvest time

Source of Variance	df	Mean of Square												
		Plant height	Number of branches	Stem diameter	Internode length	Leaf length	Leaf width	Stem fresh weight	Stem dry weight	Leaf fresh weight	Leaf dry weight	Inflorescence height	Inflorescence fresh weight	Inflorescence dry weight
Salinity (a)	3	779.77**	22.4^{ns}	0.74**	10.15**	0.70^{ns}	18.4**	194.5**	12.5**	130.29**	0.5**	102.82**	69.8^{ns}	0.1^{ns}
Superabsorbent polymer (b)	3	18.19**	10.3^{ns}	0.12**	0.85^{ns}	0.76^{ns}	1.9^{ns}	9.6^{ns}	0.1^{ns}	5.48^{ns}	0.1^{ns}	3.72^{ns}	36.2^{ns}	3.1^{ns}
(a) × (b)	9	26.07**	33.1^{ns}	0.20**	0.48^{ns}	1.02^{ns}	3.7^{ns}	45.6^{ns}	5.03**	6.66**	1.0**	7.26*	90.7^{ns}	5.8^{ns}
Error	32	1.13	49.6	0.01	0.46	1.50	6.6	58.1	0.8	1.53	0.3	2.02	318.5	12.1
CV		2.16	5.9	3.22	10.18	20.69	8.4	9.54	14.5	11.96	7.56	8.11	19.9	19.7

*,** و ^{ns} به‌ترتیب معنی‌دار در سطح یک درصد، ۵ درصد و عدم تفاوت معنی‌دار

$^{*,**\text{ and }ns}$ Significant at 5% and 1% of probability levels and non-significant, respectively.

جدول۴- تجزیه واریانس اثر تنش شوری و سوپرجاذب بر برخی صفات مورفولوژی ریحان رقم کشکنی لولو در چین دوم برداشت

Table 4- Analysis of variance of effect of salinity and superabsorbent polymer on some morphological characteristics of basil in the second harvest time

Source of Variance	df	Mean of Square											
		Plant height	Number of branches	Stem diameter	Internode length	Leaf length	Leaf width	Stem fresh weight	Stem dry weight	leaf Fresh weight	Leaf dry weight	Inflorescence height	Inflorescence fresh weight	Inflorescence dry weight
Salinity (a)	2	951.04**	38.9**	3.3**	28.3**	4.8*	0.70**	38.75**	1.60**	35.4**	1.23**	295.64**	24.0**	0.20**
Superabsorbent polymer (b)	3	60.40**	18.7**	3.4**	5.5^{ns}	0.7^{ns}	0.16^{ns}	2.46**	0.10**	26.5**	0.11**	42.40**	9.8^{ns}	0.02**
(a) × (b)	6	15.50**	4.6**	3.7**	24.3**	1.3*	0.15^{ns}	1.90**	0.30**	19.7**	0.08**	24.37**	38.2**	0.03**
Error	24	2.22	2.8	2.2	9.1	0.3	0.07	0.08	0.007	10.9	0.01	1.80	19.7	0.0003
CV		3.5	17.18	6.59	5.64	11.9	11.5	6.52	9.21	9.66	10.78	7.65	11.2	6.06

**,* و ^{ns}به‌ترتیب معنی‌دار در سطح یک درصد، ۵ درصد و عدم تفاوت معنی‌دار

$^{*,**\ and\ ns}$ Significant at 5% and 1% of probability levels and non-significant, respectively.

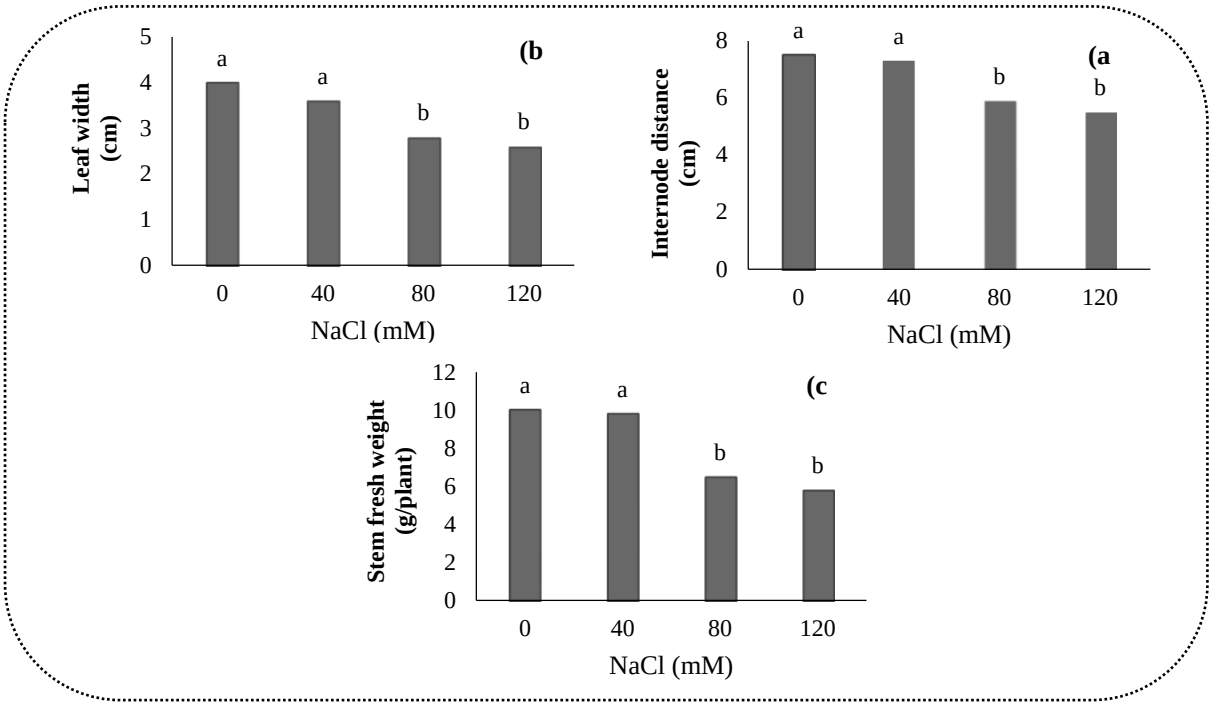
جدول۵. مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و سوپرجاذب بر خصوصیات مورفولوژیکی ریحان رقم کشکنی لولو در چین اول برداشت

Table 5. Mean comparison of interaction salinity and superabsorbent on morphological characteristics of basil in the first harvest time

Salinity (mM)	Superabsorbent polymer	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	Leaf fresh weight (g/plant)	Leaf dry weight (g/plant)	Stem dry (g/plant) weight	Inflorescence (cm) height
0	Control	57.3^{ab}	3.48^{ab}	15.06^{ab}	2.15^{a}	3.16^{a}	20.7^{ab}
	Ackoasorb	56.2^{ab}	3.29^{abcd}	13.75^{abcd}	1.7^{abc}	3.13^{a}	18.3^{bcde}
	Terracottem	60.1^{a}	3.53^{a}	16.3^{a}	1.95^{ab}	2.85^{a}	23.07^{a}
	Stockosorb	56.6^{ab}	3.42^{abc}	14.17^{abc}	1.93^{ab}	2.25^{bc}	19.8^{abc}
40	Control	54.7^{b}	3.14^{bcde}	10.38^{cdef}	1.6^{abcd}	2.0^{bcd}	20.5^{ab}
	Ackoasorb	52.5^{b}	3.2^{abcde}	9.83^{def}	1.4^{cdef}	1.5^{ef}	19.1^{abcd}
	Terracottem	52.6^{b}	3.28^{abcd}	11.5^{bcde}	1.75^{abc}	2.26^{b}	19.8^{abc}
	Stockosorb	57.3^{ab}	3.24^{abcd}	10.34^{cdef}	1.5^{bcde}	2.3^{b}	18.8^{abcde}
80	Control	41.8^{def}	2.75^{fgh}	7.12^{fg}	1.13^{def}	1.3^{ef}	16.5^{bcdef}
	Ackoasorb	47.07^{c}	3.23^{abcde}	8.5^{efg}	1.28^{cdef}	1.6^{def}	16.5^{bcdef}
	Terracottem	43.3^{cde}	3.01^{def}	10.47^{cdef}	0.95^{f}	1.34^{ef}	14.3^{ef}
	Stockosorb	42.4^{cde}	3.08^{cdef}	9.7^{ef}	1.3^{cdef}	2.27^{b}	15.5^{cdef}
120	Control	36.9^{f}	2.42^{h}	5.6^{g}	0.92^{f}	1.2^{f}	13.1^{f}
	Ackoasorb	38.5^{ef}	3.19^{abcde}	8.5^{efg}	1.12^{ef}	1.72^{cde}	16.3^{bcdef}
	Terracottem	45.3^{cd}	2.9^{efg}	5.7^{g}	1.38^{cdef}	1.75^{cde}	13.28^{f}
	Stockosorb	42.3^{cde}	2.42^{h}	8.5^{efg}	1.27^{cdef}	1.53^{def}	14.76^{def}

در هر ستون اعداد با حداقل یک حرف مشابه تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

In each column, numbers with at least one letter do not differ significantly.



شکل۱- اثر سطوح مختلف شوری بر a) طول برگ b) فاصله میانگره c) وزن تر ساقه ریحان در چین اول برداشت

Figure 1- Effect of salinity on leaf length (a), internode length (b) and stem fresh weight (c) of basil in the first harvest time

جدول۶- مقایسه میانگین اثرات متقابل شوری و سوپرجاذب بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی ریحان رقم کشکنی لولو در چین دوم برداشت

Table 6- Mean comparison of interaction salinity and superabsorbent on morphological characteristics of basil in the second harvest time

Salinity (mM)	Superabsorbent polymer	Plant height (cm)	Number of branches	Internode length (cm)	Stem diameter (mm)	Leaf length (cm)	Leaf fresh weight (g/plant)	Leaf dry weight (g/plant)	Stem fresh weight (g/plant)	Stem dry weight (g/plant)	Inflorescence height (cm)	Inflorescence fresh weight (g/plant)	Inflorescence dry weight (g/plant)
0	Control	49.7^{ab}	6.07^{b-d}	5.9^{b}	2.2^{bc}	4.8^{a}	5.6^{b-d}	1.04^{bc}	4.7^{cd}	1.03^{c}	24.7^{a}	4.1^{b}	0.33^{bc}
	Ackoasorb	48.5^{bc}	7.1^{ab}	6.5^{ab}	3.1^{ab}	5.2^{a}	7.2^{ab}	1.26^{b}	5.4^{c}	0.9^{cd}	17.7^{b-d}	4.4^{b}	0.28^{b-d}
	Terracottem	54.0^{a}	7.5^{a}	8.2^{a}	3.2^{a}	5.9^{a}	8.5^{a}	1.73^{a}	7.3^{a}	1.8^{a}	22.8^{a}	5.9^{a}	0.6^{a}
	Stockosorb	48.6^{bc}	7.6^{a}	6.3^{ab}	2.4^{abc}	4.9^{a}	5.7^{bcd}	1.2^{b}	6.3^{b}	1.5^{b}	22.9^{a}	3.2^{b}	0.38^{b}
40	Control	45.07^{cd}	5.3^{de}	5.7^{b}	2.02^{cd}	4.7^{a}	4.9^{cd}	0.56^{c-e}	4.1^{de}	0.9^{cd}	20.7^{ab}	3.6^{b}	0.27^{b-d}
	Ackoasorb	40.5^{de}	6.7^{a-c}	5.5^{b}	2.3^{a-c}	5.2^{a}	5.7^{b-d}	0.97^{b-d}	5.3^{c}	0.74^{d-f}	18.1^{bc}	4.2^{b}	0.24^{b-d}
	Terracottem	44.5^{cd}	7.3^{a}	6.2^{ab}	2.4^{abc}	4.3^{ab}	6.1^{bc}	0.84^{c-e}	5.07^{c}	0.97^{cd}	20.5^{ab}	4.6^{b}	0.32^{bc}
	Stockosorb	38.6^{e}	7.4^{a}	5.1^{abcd}	2.1^{c}	4.9^{a}	5.5^{b-d}	0.8^{c-e}	4.09^{de}	0.79^{c-e}	13.7^{de}	3.4^{b}	0.18^{cd}
80	Control	28.8^{f}	3.5^{f}	3.2^{d}	1.06^{d}	2.5^{b}	2.1^{e}	0.62^{f}	1.9^{f}	0.51^{f}	7.6^{f}	3.3^{b}	0.26^{b-d}
	Ackoasorb	33.3^{f}	4.8^{e}	5.08^{bcd}	1.9^{cd}	4.3^{ab}	3.8^{e}	0.7^{de}	2.12^{f}	0.71^{d-f}	15.4^{cde}	3.8^{b}	0.19^{cd}
	Terracottem	37.6^{e}	4.8^{e}	5.4^{bc}	2.4^{a-c}	4.3^{ab}	6.1^{bc}	0.71^{de}	3.3^{e}	0.53^{ef}	12.5^{e}	3.6^{b}	0.21^{cd}
	Stockosorb	30.5^{e}	5.8^{c-e}	3.5^{cd}	1.9^{cd}	4.2^{ab}	5.2^{b-d}	0.7^{de}	2.15^{f}	0.51^{f}	13.8^{de}	3.3^{b}	0.17^{d}

در هر ستون اعداد با حداقل یک حرف مشابه تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

In each column, numbers with at least one letter do not differ significantly.

جدول۷- تجزیه واریانس اثر شوری و سوپرجاذب بر میزان جذب برخی عناصر ریحان رقم کشکنی لولو در چین اول برداشت

Table7- Analysis of variance of effect of salinity and superabsorbent polymer on uptake of some elements of basil in the first harvest time

Source of Variance	df	Mean of Square						
		N	P	K	Na	K/Na	Ca	Mg
Salinity (a)	3	20.20**	0.23**	13.7**	866.6**	55.5**	8.1**	53.2**
Superabsorbent polymer (b)	3	94.82**	0.98**	21.2**	33.75**	13.6^{ns}	2.2**	33.4**
(a) × (b)	9	79.44**	0.13**	83.9**	9.53**	3.22**	21.1**	43.6**
Error	32	2.31	0.02	1.78	0.35	0.15	0.05	0.01
CV		12.89	15.11	8.03	3.74	16.42	1.21	2.23

**,* و ^{ns} به‌ترتیب معنی‌دار در سطح یک درصد، ۵ درصد و عدم تفاوت معنی‌دار

$^{*,**\text{ and }ns}$ Significant at 5% and 1% of probability levels and non-significant, respectively.

جدول۸- تجزیه واریانس اثر شوری و سوپرجاذب بر میزان جذب برخی عناصر ریحان رقم کشکنی لولو در چین دوم برداشت

Table 8- Analysis of variance of effect of salinity and superabsorbent polymer on uptake of some elements of basil in the second harvest time

Source of Variance	df	Mean of Square						
		N	P	K	Na	K/Na	Ca	Mg
Salinity (a)	2	64.2**	0.02**	109.4**	196.3**	32.6**	264.0**	10.1**
Superabsorbent polymer (b)	3	51.3**	0.3**	28.8**	22.4**	8.8**	30.9**	3.4**
(a) × (b)	6	55.7**	0.6**	134.3**	2.3**	6.7**	26.0**	9.6**
Error	24	5.1	0.002	1.3	0.32	0.1	1.2	0.2
CV		8.52	3.29	4.74	6.78	8.80	17.8	18.6

**,* و ^{ns} به‌ترتیب معنی‌دار در سطح یک درصد، ۵ درصد و عدم تفاوت معنی‌دار

$^{*,**\text{ and }ns}$ Significant at 5% and 1% of probability levels and non-significant, respectively.

جدول ۹- مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و سوپرجاذب‌ها بر میزان جذب عناصر ریحان رقم کشکنی لولو در چین اول برداشت

Table 9- Mean comparison of interaction salinity and superabsorbent on uptake of some elements of basil in the first harvest time

Salinity (mM)	Superabsorbent polymer	N (mg/g leaf dry weight)	P (mg/g leaf dry weight)	K (mg/g leaf dry weight)	Na (mg/g leaf dry weight)	K/Na	Mg (mg/g leaf dry weight)	Ca (mg/g leaf dry weight)
0	Control	21.7^{bc}	0.81^{de}	54.4^{cd}	8.0^{a}	8.04^{ab}	6.2^{c}	8.2^{b}
	Ackoasorb	18.2^{c-e}	1.27^{a-c}	59.7^{b}	7.5^{abc}	6.91^{bc}	6.6^{a}	8.4^{a}
	Terracottem	31.2^{a}	1.70^{a}	66.3^{a}	6.8^{ab}	8.61^{a}	6.7^{a}	8.5^{a}
	Stockosorb	24.5^{b}	0.99^{c-e}	58.1^{bc}	7.4^{ab}	6.62^{cd}	6.5^{ab}	8.4^{a}
40	Control	19.6^{c-e}	0.72^{de}	47.4^{g}	9.2^{a-d}	5.66^{d-f}	6.4^{bc}	8.4^{a}
	Ackoasorb	16.9^{b}	0.91^{c-e}	53.0^{de}	9.0^{c-f}	5.94^{c-e}	6.4^{bc}	8.1^{b}
	Terracottem	20.0^{b-d}	1.52^{ab}	58.7^{b}	8.6^{a-c}	5.74^{c-e}	6.5^{ab}	8.1^{b}
	Stockosorb	20.3^{b-d}	0.89^{c-e}	52.0^{de}	8.7^{b-e}	3.33^{gh}	6.4^{bc}	8.0^{b}
80	Control	19.5^{c-e}	0.66^{e}	46.1^{e-g}	19.6^{d-f}	2.03^{i}	6.3^{c}	7.9^{b}
	Ackoasorb	16.0^{de}	0.80^{de}	41.4^{fg}	17.7^{c-f}	5.26^{ef}	6.4^{bc}	8.1^{b}
	Terracottem	19.5^{c-e}	1.20^{b-d}	52.4^{de}	10.1^{f}	2.77^{hi}	6.5^{ab}	8.2^{b}
	Stockosorb	16.8^{c-e}	0.71^{de}	51.7^{de}	17.3^{c-f}	2.09^{hi}	6.4^{bc}	8.1^{b}

ادامه جدول ۹- مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و سوپرجاذب‌ها بر میزان جذب عناصر ریحان رقم کشکنی لولو در چین اول برداشت

Continue Table 9- Mean comparison of interaction salinity and superabsorbent on uptake of some elements of basil in the first harvest time

Salinity (mM)	Superabsorbent polymer	N (mg/g leaf dry weight)	P (mg/g leaf dry weight)	K (mg/g leaf dry weight)	Na (mg/g leaf dry weight)	K/Na	Mg (mg/g leaf dry weight)	Ca (mg/g leaf dry weight)
120	Control	10.9^{f}	0.58^{e}	40.8^{g}	27.8^{f}	2.03^{i}	4.3^{d}	4.7^{c}
	Ackoasorb	11.0^{f}	0.64^{e}	41.7^{fg}	26.0^{ef}	3.42^{gh}	6.3^{c}	7.4^{b}
	Terracottem	18.7^{c-e}	0.98^{c-e}	52.4^{de}	25.4^{c-f}	2.68^{hi}	6.3^{c}	7.8^{b}
	Stockosorb	14.8^{ef}	0.59^{e}	45.4^{g}	25.0^{c-f}	2.03^{i}	6.0^{c}	7.1^{b}

در هر ستون اعداد با حداقل یک حرف مشابه تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

In each column, numbers with at least one letter do not differ significantly.

جدول ۱۰- مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و سوپرجاذب‌ها بر میزان جذب عناصر ریحان رقم کشکنی لولو در چین دوم برداشت

Table 10- Mean comparison interaction salinity and superabsorbent on uptake of some elements of basil in the second harvest time

Salinity (mM)	Superabsorbent polymer	N (mg/g leaf dry weight)	P (mg/g leaf dry weight)	K (mg/g leaf dry weight)	Na (mg/g leaf dry weight)	K/Na	Ca (mg/g leaf dry weight)	Mg (mg/g leaf dry weight)
0	Control	26.2^{b-d}	1.3^{d}	27.5^{bc}	17.1^{f}	1.60^{b}	4.9^{ab}	1.2^{bc}
	Ackoasorb	32.4^{ab}	1.8^{b}	31.1^{ab}	11.2^{g}	2.77^{a}	5.0^{ab}	1.4^{b}
	Terracottem	35.5^{a}	2.2^{a}	32.2^{a}	9.7^{g}	3.32^{a}	5.3^{a}	1.6^{a}
	Stockosorb	30.8^{a-c}	1.7^{c}	23.8^{d-f}	11.2^{g}	2.12^{ab}	5.0^{ab}	1.2^{bc}
40	Control	27.2^{b-d}	1.4^{d}	25.3^{cd}	31.7^{cd}	0.79^{cd}	4.0^{bc}	1.1^{c}
	Ackoasorb	24.8^{cd}	1.3^{d}	31.4^{a}	28.1^{ef}	1.11^{c}	4.7^{ab}	1.2^{bc}
	Terracottem	24.4^{cd}	1.2^{de}	24.9^{c-e}	22.5^{ef}	0.90^{cd}	5.0^{ab}	1.2^{bc}
	Stockosorb	24.9^{cd}	1.1^{ef}	21.5^{e-g}	28.0^{de}	0.76^{d}	4.3^{bc}	1.1^{c}
80	Control	22.7^{d}	0.9^{g}	15.0^{h}	44.1^{a}	0.34^{f}	3.3^{c}	0.8^{d}
	Ackoasorb	23.2^{d}	1.1^{ef}	19.8^{g}	37.2^{bc}	0.53^{e}	3.6^{c}	1.1^{c}
	Terracottem	23.2^{d}	1.3^{d}	20.2^{fg}	35.3^{bc}	0.57^{e}	4.1^{bc}	1.1^{e}
	Stockosorb	25.0^{d}	1.0^{fg}	16.0^{h}	40.1^{ab}	0.39^{f}	3.9^{c}	0.9^{d}

در هر ستون اعداد با حداقل یک حرف مشابه تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

In each column, numbers with at least one letter do not differ significantly.

تنش شوری در این تحقیق موجب شد تا جذب عناصر غذایی دچار مشکل شده و به‌طور معنی‌داری کاهش یابد که علت این امر را می‌توان چنین بیان کرد که غلظت یون سدیم در خاک در شرایط تنش کلرید سدیم به‌شدت افزایش یافته و به‌دلیل شباهت در شعاع یون هیدراته سدیم و پتاسیم، پروتئین‌های ناقل قادر به تمایز این دو یون از هم نیستند و بنابراین جذب سدیم توسط ریشه گیاه افزایش می‌یابد و سمیت سدیم در گیاه اتفاق می‌افتد. این سمیت باعث ایجاد اختلال در متابولیک گیاه می‌شود و جذب عناصر غذایی را تحت تاثیر قرار می‌دهد و بدین صورت سبب کاهش جذب عناصر ضروری گیاه می‌شود (Apse and Blumwald, 2002) که با نتایج Rojas- Tapias و همکاران (۲۰۱۲) در گیاه ذرت شیرین مطابقت داشت. همچنین تنش شوری موجب کاهش جذب نیتروژن و پتاسیم در گیاه آفتابگردان (Hurtado et al., 2020)، نعناع کانادایی (Yu et al., 2015) و زیره سبز (Dejam et al., 2020) شد. از دلایل احتمالی کاهش جذب نیتروژن در گیاه می‌توان به این مورد اشاره کرد که در هنگام تنش

کلرید سدیم غلظت یون کلر افزایش می‌یابد و افزایش میزان این یون باعث کمبود نیترات در گیاه می‌شود (Volkmar et al., 1998). همچنین کاهش نیتروژن می‌تواند به این علت باشد که کلرید سدیم سطح فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز و همچنین آنزیم گلوتامین سنتتاز که آنزیم تبدیل کننده آمونیوم به فرم آلی نیتروژن است را کاهش داده (Lee et al., 2005) و کاهش در فعالیت این آنزیم‌ها سبب کاهش میزان جذب نیتروژن در گیاهان از جمله گیاه مورد مطالعه در این تحقیق شد. تنش کلرید سدیم سبب کاهش جذب فسفر در گیاه دارویی مرزه (Jabalbarezi et al., 2015) شد که با نتیجه حاصل از این تحقیق مطابقت دارد و علت احتمالی آن کاهش در رشد گیاه و در پی آن کاهش رشد ریشه است که به موجب آن قدرت ریشه برای جذب عنصر فسفر، که عنصری غیرمتحرک است، کم شده و گیاه با کاهش فسفر در اندام خود مواجه می‌شود (Jabalbarezi et al., 2015). همچنین علت کاهش جذب فسفر در این شرایط می‌تواند این باشد که در اثر شوری بالای خاک یون فسفر به‌سرعت رسوب کرده و از دسترس گیاه خارج می‌شود (Giri et al., 2003). به طور کلی می‌توان دلیل کاهش میزان یون‌های منیزیم، پتایسم و کلسیم در اثر تنش کلرید سدیم را به‌علت اثر آنتاگونیستی بین سدیم جذب شده توسط گیاه و منیزیم، پتاسیم و کلسیم دانست (Khan and Ungar, 2000). نتایج حاصل از مطالعه‌ای در گیاه ریحان نشان داد که تنش کلرید سدیم سبب کاهش میزان جذب عناصر غذایی شد (Carolyn et al., 2019)که در این تحقیق نیز این کاهش مشاهده گردید. تولالی و همکارانش (Tavallali et al., 2010) دلیل کاهش جذب عناصر غذایی را غلظت بالای یون سدیم و یا کاهش آب در دسترس گیاه به‌علت افزایش غلظت نمک و ایجاد علائم تنش خشکی بیان کردند. میزان پتاسیم در این تحقیق با افزایش کلرید سدیم کاهش یافت که با نتیجه تحقیق Jabalbarezi و همکاران (۲۰۱۵) در گیاه مرزه مطابقت داشت و علت این کاهش این است که غلظت یون سدیم در خاک در شرایط تنش کلرید سدیم به‌شدت افزایش می‌یابد و از آنجایی که یون پتاسیم با سدیم دارای شباهت‌های فیزیکی- شیمیایی می‌باشد و این شباهت باعث می‌شود پروتئین‌های ناقل قادر به تمایز این دو یون از یکدیگر نباشند و تغذیه پتاسیمی گیاه را با اشکال مواجه نمایند (Tester and Davenport, 2003). بنابراین جذب سدیم توسط ریشه گیاه افزایش می‌یابد و سمیت سدیم در گیاه اتفاق می‌افتد و نسبت پتاسیم به سدیم در گیاه کاهش خواهد یافت (Tester and Davenport, 2003). مطابق با نتایج حاصل از این تحقیق Kant و همکارانش (۲۰۰۸) نیز نشان دادند که کاربرد پلیمرهای سوپرجاذب موجب افزایش معنی‌دار جذب عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در شرایط تنش شوری در گیاه لوبیا شد. نقش پلیمرسوپرجاذب در تنش شوری و جذب عناصر بدین صورت است که از آنجایی که پلیمرهای سوپرجاذب در ساختار خود حاوی عناصر غذایی همچون پتاسیم و کلسیم می‌باشند؛ بنابراین در شرایط تنش شوری با سدیم رقابت کرده و از جذب این عنصر توسط گیاه جلوگیری می‌کنند و به این طریق مانع ایجاد سمیت سدیم در گیاه و کاهش بیش از اندازه عناصری همچون پتاسیم می‌شوند و همچنین این مواد تا حدودی سدیم را جذب کرده و سمیت این عنصر را کاهش می‌دهند و یا اینکه آب ذخیره شده در خود را در اختیار ریشه قرار داده و از غلظت نمک‌ها در اطراف محیط ریشه می‌کاهند (Shi et al., 2010). پلیمرهای سوپرجاذب همچنین با افزایش ظرفیت نگهداری آب و مواد غذایی خاک می‌توانند مقدار بیشتری از این مواد را در اختیار گیاه قرار داده بدین طریق اختلال در جذب عناصر غذایی ناشی از تنش را تا حد زیادی بهبود می‌بخشند (Shahhoseini et al., 2018). به بیان دیگر می‌توان چنین گفت که پلیمرهای سوپرجاذب از طریق بهبود کیفیت محلول خاک اطراف ریشه گیاه (غنی‌سازی این محلول غذایی با عناصر کلسیم و پتاسیم و دارا بودن ظرفیت تنظیم نمکی) می‌توانند موجب بهبود شرایط گیاه

تحت تنش شوند (Shi et al., 2010). علاوه براین علت جذب بیشتر عناصر غذایی در این تحقیق با کاربرد سوپرجاذب‌ها می‌تواند این باشد که این ترکیبات از طریق افزایش تراکم ریشه‌ها به‌طور غیرمستقیم می‌توانند موجب افزایش جذب و نگهداری مواد غذایی شوند (Kant et al., 2008).

نتیجه‌گیری

در این تحقیق به بررسی اثر سوپرجاذب‌های مختلف بر خصوصیات رشدی و میزان جذب برخی عناصر گیاه ریحان رقم کشکنی لولو تحت شوری آب آبیاری (ناشی از کلرید سدیم) پرداخته شد. نتایج نشان داد که شوری آب موجب کاهش تمامی صفات مورفولوژی اندازه‌گیری شده و همچنین کاهش میزان جذب عناصر در ریحان شد. پلیمرهای سوپرجاذب حتی در بالاترین سطح شوری آب آبیاری هم توانستند موجب بهبود صفات گیاه ریحان شوند. در این پژوهش که در دو چین مختلف برداشت صورت گرفت مشخص شد که چون در چین اول دوره تنش کوتاه بوده گیاه توانسته تا حد زیادی تنش را تحمل کند و خسارت در آن شدید نباشد؛ اما در چین دوم با ادامه دوره تنش خسارات وارده به گیاه افزایش یافته و این خسارات تا حدی بود که گیاه در بالاترین سطح شوری (۱۲۰ میلی‌مولار) قادر به زنده ماندن نبود و از بین رفت. سوپرجاذب تراکوتم در مجموع اثرات بهتری بر گیاه داشت و بیشتر از سایر سوپرجاذب‌ها توانست خصوصیات رشدی و میزان جذب عناصر گیاه را بهبود بخشد که علت آن این است که با توجه به مشخصات اعلام شده برای این سوپرجاذب توسط شرکت سازنده مشخص شد که این سوپرجاذب دارای عناصر غذایی در خود می‌باشد که از طریق رقابت با سدیم از اثرات نامطلوب سدیم می‌کاهد و رشد گیاه را بهبود می‌دهد.

منابع

Ahmad, P., and M. N. V. Prasad. 2010. Abiotic Stress Responses in Plants: Metabolism, Productivity and Sustainability: Springer Science & Business Media.

Ali, R.M., Abbas, H. M., and R. K. Kamal. 2007. The effects of treatment with polyamines on dry matter, oil and flavonoid contents in salinity stressed chamomile and sweet marjoram. Plant, Soil and Environment. 53: 529–543.

Apse, M. P., and E. Blumwald. 2002. Engineering salt tolerance in plants. Current Opinion in Biotechnology. 13(2): 146-150.

Archangi, A., Khodambashi, M., and A. Mohammadkhani. 2012. The effect of salt stress on morphological characteristics and Na+, K+ and Ca+ ion contents in medicinal plant fenugreek (*Trigonella foenum graecum* L.) under hydroponic culture. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture. 3 (2): 33-41.

Attia, H., Arnaud, N., Karray, N., and M. Lachaâl. 2008. Long-term effects of mild salt stress on growth, ion accumulation and superoxide dismutase expression of Arabidopsis rosette leaves. Physiologia Plantarum.132: 293-305.

Bahcesulara, B., Yildirima, E. D., Karaçocuka, M., Kulakb, M., and S. Karaman. 2020. Seed priming with melatonin effects on growth, essential oil compounds and antioxidant activity of basil (*Ocimum basilicum* L.) under salinity stress. Industrial Crops and Products. 146: 1-9.

Caliskan, O., Kurt, D., Temizel, K. E., and M. S. Odabas. 2017. Effect of salt stress and irrigation water on growth and development of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). Open Agriculture. 2(1): 589-594.

Carolyn, F. S., Lee, J., and J. N. Mitchella. 2019. Salinity from NaCl changes the nutrient and polyphenolic composition of basil leaves. Industrial Crops and Products. 127: 119-128.

Chen, S., Zommorodi, M., Fritz, E., and S. Wang. 2003. Hydrogel modified uptake of salt ions and calcium in *Populus euphratica* under saline conditions. Trees. 18: 175-183.

Dejam, M., Rajaie, M., Johari, S., and S. Tahmasebi. 2020. The role of nitrogen, calcium and potassium foliar application on reduction of salinity advers effect in cumin (*Cuminum cyminum* L.) under hydroponic condition. Environmental Stresses and Crop Sciences. 13(1): 237-250.

Farsaraei, S., Mehdizadeh, L., Moghaddam, M., and Ebrahimi, H. 2018. Effect of foliar application of putrescine on biomass, water relative content and mineral elements of sweet basil (*Ocimum basilicum* L. cv. Genove) under salinity stress. Journal of Plant Process and Function. 8(33): 399-411.

Francesco, F., Angelo, P., Pietro, S., Alessandro, S., and S. Francesco. 2015. Biodegradable superabsorbent hydrogel increases the water retention properties of growing media and plant growth. Agriculture and Agricultural Science Procedia. 4: 451-458.

Giri, B., Kapoor, R., and G. Mukerji. 2003. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi and salinity on growth, biomass, and mineral nutrition of *Acacia auriculiformis*. Biology and Fertility of Soils. 38: 170-175.

Gupta, B, and B. Huang. 2014. Mechanism of salinity tolerance in plants: physiological, biochemical, and molecular characterization. International Journal Genomics. 2014: 1-18.

Han, Y. G., Yang, P. L., Luo, Y. P., Ren, S. M., Zhang, L. X., and L. Xu. 2010. Porosity change model for watered super absorbent polymer-treated soil. Environmental Earth Sciences. 61: 1197–1205.

Harati, E., Kashefi, B., and M. Matinizadeh. 2015. Investigation of reducing detrimental effects of salt stress on morphological and physiological traits of (*Thymus daenensis* Celak.) through salicylic acid application. Plant Production Technology. 16(2):111-125.

Hosseini, H., Mousavi-Fard, S., Fatehi, F., and A. Qaderi. 2015. Changes in phytochemical and morpho-physilogical traits of thyme (*Thymus vulgaris* cv. Varico 3) under different salinity levels. Journal of Medicinal Plants. 55(1): 22-34.

Hurtado, A. C., Chiconato, D. A., de Mello Prado, R., da Silveira Sousa Junior, D., Olivera Viciedo, D., and M. de Cássia Piccolo. 2020. Si application induces changes C:N:P stoichiometry and enhances stoichiometric homeostasis of sorghum and sunflower plants under salt stress. Saudi Journal of Biological Sciences. 25: 1-22.

Ibrahim, M. M., Abd-Eladl, M., and N. H. Abou-Baker. 2015. Lignocellulosic biomass for the preparation of cellulose-based hydrogel and its use for optimizing water resources in agriculture. Journal of Applied Polymer Science. 132(42): 1-12.

Islam, M. R., Xue, X., Mao, S., Ren, Ch., Eneji, A. E., and Y. Hu. 2011. Effects of water-saving superabsorbent polymer on antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation in oat (*Avena sativa* L.) under drought stress. Journal of the Science of Food and Agriculture. 91: 680-686.

Jabalbarezi, B., Zareie, M., Karimian, N. and M. J. Saharkhiz. 2015. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on nutrient uptake of some indices and essential oil content of saline plant under salt stress conditions. Journal of Water and Soil Science. 25(4/2): 285-299.

Javadipour, Z., Movahedi Dehnavi, M., and H. R. Baluchi. 2015. Evaluation of photosynthetic parameters, content and chlorophyll fluorescence of leaf safflower cultivars under salinity stress. Electronic Journal of Crop Production. 6(2): 35-56.

Kant, C., Aydin, A., and M. Turan. 2008. Ameliorative effect of hydrogel substrate on growth, inorganic ions, proline, and nitrate contents of bean under salinity stress. Journal of Plant Nutrition. 31(8): 1420-1439.

Kalhor, M., Dehestani-Ardakani, M., Shirmardi, M., and J. Gholamnejad. 2018. Response of pot marigold (*Calendula officinalis* L.) to interaction effects of salt stress and organic soil amendments. Environmental Stresses Crop Sciences. 11(4): 1005-1021.

Karimi, A., and M. Naderi. 2007. Yield and Water use Efficiency of Forage Corn as Influenced by Superabsorbent Polymer Application in Soils with Different Textures. Agricultural research: Water, Soil and plant in agriculture. 7(3): 187-198.

Kazemzadeh Haqiqi, A. 2008. Evaluation of salinity tolerance in relation to proline and soluble sugars accumulation on 9 forage sorghum cultivars. Plant Science Research. 1(1): 15-23.

Khan, M. A., and I. A. Ungar. 2000. Alleviation of salinity-enforced dormancy in *Atriplex griffithii* Moq. var. stocksii Boiss. Seed Science and Technology. 28: 29-37.

Lee, J. J., Park, R. D., Kim, Y. W., Shim, J. H., Chae, D. H., Rim, Y. S., Sohn, B. K., Kim, T. H., and K. Kim. 2005. Effect of food waste compost on microbial population, Soil enzyme activity and lettuce growth. Bioresource Technology. 93: 21-28.

Lotfi, F., Sodaiezade, H., Mirmohammadi Meybodi, A.M., and A. Mosleharani. 2015. The effect of Stracuzorb and Zanous on cucumber growth in saline soil conditions. Journal of Greenhouse Cultivation Science and Technology. 26(7): 1-8.

Mehdizadeh, L., Moghaddam, M., and A. Lakzian. 2019. Alleviating negative effects of salinity stress in summer savory (*Satureja hortensis* L.) by biochar application. Acta Physiologiae Plantarum. 41(6): 98-111.

Mirmohmmadi Meibodi, S. A., and M. B. Ghareyazi. 2003. Physiological and breeding aspects of crop salinity stress. Isfahan: Isfahan University of Technology Press.

Omidbeigi, R. 1995. Approaches to the production and processing of medicinal plants. Tehran: Publishing Thought of the Day.

Page, A. L., Miller, R. H., and D. R. Keeney. 1982. Methods of soil analysis; 2. Chemical and microbiological properties. Plant Nutrition and Soil Science. 148(3): 225-364.

Parham, J. A., Deng, S. P., Da, H. N., Sun, H. Y., and W. R. Raun. 2003. Effect on soil microbial populations and community structure. Biology and Fertility of Soils. 38: 209-215.

Parihar, P., Singh, S., Singh, R., Singh, V. P., and S. M. Prasad. 2015. Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review. Environmental Science and Pollution Research. 22(6): 4056-4075.

Pawlowski, A., Lejcus, K., Garlikowski, D., and H. Orezesyna. 2009. Geocomposite with superabsorbent as an element improving water availability for plants on slopes. Geophysical Research Abstracts. 11: 1-2.

Rezaei-Chiyaneh, E., Jamali, M., Pirzad, A. R., and S. Tofig. 2015. Effect of mycorrhizal fungi on some morphophysiological characters and yield of summer savory (*Satureja hortensis* L.) in salt stress conditions. Process and Plant Function. 5(17): 15-29.

Rojas-Tapias, D., Moreno-Galvan, A., Pardo-Diaz, S., Obando, M., Rivera, D., and R. Bonilla. 2012. Effect of inoculation with plant growth-promoting bacteria (PGPB) on amelioration of saline stress in maize (*Zea mays*). Applied Soil Ecology. 61: 264-272.

Seyed Dorraji, S., Golchin, A., and SH. Ahmadi. 2010. The Effects of different levels of a superabsorbent polymer and soil. Journal of Water and Soil. 24(2): 306-316.

Shahhoseini, R., Saeidi, K., Babaahmadi, H., and M. T. Ebadi. 2018. Effect of Fertilizers and superabsorbent hydrogel on the yield, essential oil content and composition of lemon verbena (*Lippia citriodora* Kunth.) cultivated in Iran. Journal of Essential Oil Bearing Plants. 21(1): 230-236.

Shao, J., Chen, S., Wang, R., Zhang, X., and J. Jiang. 2007. Enhancement of hydrogel on salt resistance of *Populus popularis* '35–44' and its mechanism. Journal of Beijing Forestry University. 29: 79-84.

Sharp, J. H., Rinke,r, K. R., Savidge, K. B., Abell, J., Yves Benaim, J., and D. Bronk. 2002. A preliminary methods comparison for measurement of dissolved organic nitrogen in seawater. Bioorganic Marine Chemistry. 78: 171-184.

Shi, Y., Li, J., Shao, J., Deng, Sh., Wang, R., Li, N., Sun, J., Zhang, H., Zhu, H., Zhang, Y., Zheng, X., Zhou, D., Huttermann, A., and Sh. Chen. 2010. Effects of Stockosorb and Luquasorb polymers on salt and drought tolerance of *Populus popularis*. Scientia Horticulturae. 124: 268-273.

Tavallali, V., Rahemi, M., Eshghi, S., Kholdbarin, B., and A. Ramezanian. 2010. Zinc alleviates salt stress and increases antioxidant enzyme activity in the leaves of pistachio (*Pistacia vera* L. Badami) seedlings. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 34: 349-359.

Teimouri, A., and M. Jafari. 2010. The effects of salinity stress on some of anatomical and morphological characteristics in three *Salsola* species: *S. rigida*, *S. dendroides*, *S. richteri*. Iranian Journal of Range and Desert Research. 17(1): 21-34.

Tester, M., and R. Davenport. 2003. Na^+ tolerance and Na^+ transport in higher plants. Annals of Botany. 91: 503-527.

Viero, P. W. M., and K. M. Little. 2006. A comparison of different planting methods, including hydrogels, and their effect on eucalypt survival and initial growth in South Africa. Southern African Forestry Journal. 208: 1-9.

Volkmar, K. M., Hu, Y., and H. Steppuhn. 1998. Physiological responses of plants to salinity: A review. Canadian Journal of Plant Science. 78: 19-27.

Waling, I., Van, W., Vark, V. J. G., Houba, J. J., and L. Van der. 1989. Soil and plant analysis, a series of syllabi. Part 7. Plant Analysis Procedutes. Wageningen Agriculture University.

Yu, X., Liang, C., Chen, J., Qi, X., Liu, Y., and Y. Li. 2015. The effects of salinity stress on morphological characteristics, mineral nutrient accumulation and essential oil yield and composition in *Mentha canadensis* L. Scientia Horticulturae. 197(4): 579.583.