Research Paper

Print ISSN: 2251-7480
Online ISSN: 2251-7400

Journal of
Water and Soil Resources Conservation (WSRCJ)

Web site:
https://wsrcj.srbiau.ac.ir

Email:
iauwsrcj@srbiau.ac.ir
iauwsrcj@gmail.com

Vol. 13
No. 4 (52)

Received:
2023-10-10

Accepted:
2023-12-22

Pages: 103-111

Investigating the Effects of Salinity Stress Caused By Different Levels of Sodium Chloride (Nacl) and Potassium Chloride (Kcl) On the Growth and Quality of Sport Turfgrass

Amir Dostmohamadi[1] and Elham Danaee[2*]

1) M.Sc Graduated, Department of Horticulture, Garmsar Branch, Islamic Azad University, Garmsar, Iran.
2) Assistant Professor, Department of Horticulture, Garmsar Branch, Islamic Azad University, Garmsar, Iran.
*Corresponding author email: dr.edanaee@yahoo.com

Abstract

Background and Aim: Grass is one of the most important cover plants in most green spaces, and considering that Iran is considered one of the dry and semi-arid regions of the world, water and soil salinity affects the growth of plants, as a result, using salt-resistant grass is one of the solutions to create green space in these areas. Therefore, the purpose of this research is to investigate the salinity tolerance of sport turfgrass caused by sodium chloride and potassium chloride salts.

Method: In April, sports grass seeds were planted in an area located in Karaj province in the form of a r randomized complete block design with three replications in plots of 2 m^2 (1 x 2 m^2) and were cultivated with a density of 40 g m^{-2}. The experimental treatments included sodium chloride and potassium chloride salts with concentrations of zero, 25, 50 and 75 mg l^{-1}. After about 5 weeks of planting the seeds, salt stress was applied for one month through irrigation with salts twice a week and each time with 12 liter of salt solution and then sampling was done to evaluate fresh and dry weight of shoots and roots, total chlorophyll, proline, protein and activity of superoxide dismutase and peroxidase enzymes.

Results: Data analysis showed that the treatments had a significant effect on the assessed traits. The highest fresh and dry weight of shoots (3.85-4.87 g) and roots (1.46-23.2 g) and total chlorophyll (16.96 mg g^{-1}) were observed in the control, while the highest protein (3.73 µg mg^{-1}) and activity of superoxide dismutase (4.62 enzyme units g^{-1}) and peroxidase (4.12 enzyme units g^{-1}) in 75 mg l^{-1} sodium chloride treatment and the highest proline content (12/ 8 mg g^{-1}) was observed in 75 mg l^{-1} potassium chloride treatment, also the lowest fresh and dry weight of aerial parts (2.12-3.08 g) and total chlorophyll (12.53 mg g^{-1}) in 75 mg l^{-1} potassium chloride treatment and the lowest fresh and dry weight of roots (0.59-0.96 g) were obtained in 75 mg l^{-1} sodium chloride treatment, and the lowest content of proline (4.48 mg g^{-1}), protein (2.48 µg mg^{-1}) and the activities of superoxide dismutase (3.00 enzyme units g^{-1}) and peroxidase (2.93 enzyme units g^{-1}) were in the control.

Conclusion: According to the obtained results, sport turfgrass was able to tolerate stress conditions in 25 and 50 mg l^{-1} salt stress to some extent by increasing compounds such as proline, protein and antioxidant enzyme activity, but increasing the concentration of salts used, especially potassium chloride salt (75 mg l^{-1}) had the greatest effect in reducing the vegetative traits and increasing the enzyme activity of sport turfgrass.

Keywords: Calcium chloride, Potassium chloride, Peroxidase, Protein, Superoxide dismutase

10.30495/WSRCJ.2023.75841.11414

مقاله پژوهشی

بررسی اثرات تنش شوری ناشی از سطوح مختلف کلرید سدیم (NaCl) و کلرید پتاسیم (KCl) بر رشد و کیفیت چمن ورزشی

امیر دوست‌محمدی[1] و الهام دانائی[2*]

۱) دانش آموخته کارشناسی‌ارشد، گروه علوم باغبانی، واحد گرمسار، دانشگاه آزاد اسلامی، گرمسار، ایران.
۲) استادیار، گروه علوم باغبانی، واحد گرمسار، دانشگاه آزاد اسلامی، گرمسار، ایران.
* ایمیل نویسنده مسئول: dr.edanaee@yahoo.com

چکیده:

زمینه و هدف: چمن یکی از مهمترین گیاهان پوششی در اغلب فضاهای سبز می‌باشد و با توجه به اینکه ایران جزء مناطق خشک و نیمه خشک دنیا محسوب می‌شود، شوری آب و خاک بر رشد گیاهان تاثیر می‌گذارد در نتیجه استفاده از چمن‌های مقاوم به شوری یکی از راه حل‌های ایجاد فضای سبز در این مناطق می‌باشد. لذا هدف از این پژوهش بررسی میزان تحمل به شوری چمن ورزشی نسبت به نمک‌های کلرید سدیم و کلرید پتاسیم می‌باشد.

روش پژوهش: در فروردین‌ماه بذرهای چمن اسپرت در منطقه‌ای واقع در شهرستان کرج به‌صورت طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در کرت‌هایی با ابعاد ۲ متر مربع (۱×۲ متر مربع) و با تراکم ۴۰ گرم در متر مربع کشت شدند. تیمارهای آزمایش شامل نمک‌های کلرید سدیم و کلرید پتاسیم هر کدام با غلظت‌های صفر، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ میلی‌گرم در لیتر بود. پس از حدود ۵ هفته از کاشت بذرها اعمال تنش شوری به مدت یک ماه از طریق آبیاری با نمک‌ها هر هفته دو بار و هر دفعه با ۱۲ لیتر آب شور انجام شد. سپس نمونه‌برداری و ارزیابی وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، کلروفیل کل، پرولین، پروتئین و فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز انجام شد.

یافته‌ها: بررسی داده‌ها نشان داد، تیمارها تأثیر معنی‌داری بر صفات مورد ارزیابی داشتند. بیش‌ترین وزن تر و خشک اندام هوایی (۴/۸۷-۳/۸۵ گرم)، وزن تر و خشک ریشه (۲/۲۳- ۱/۴۶ گرم) و کلروفیل کل (۱۶/۹۶ میلی‌گرم در گرم) در شاهد مشاهده شد، در حالیکه بیش‌ترین پروتئین (۳/۷۳ میکروگرم در میلی‌گرم) و فعالیت آنزیم‌های سوپر اکسید دیسموتاز (۴/۶۲ واحد آنزیم در گرم) و پراکسیداز (۴/۱۲ واحد آنزیم در گرم) در تیمار کلرید سدیم ۷۵ میلی‌گرم در لیتر و بیش‌ترین میزان پرولین (۸/۱۲ میلی‌گرم در گرم) در تیمار ۷۵ میلی‌گرم در لیتر کلرید پتاسیم مشاهده شد. همچنین کم‌ترین وزن تر و خشک اندام هوایی (۳/۰۸-۲/۱۲ گرم) و کلروفیل کل (۱۲/۵۳ میلی‌گرم در گرم) در تیمار کلرید پتاسیم ۷۵ میلی‌گرم در لیتر و کم‌ترین وزن تر و خشک ریشه (۰/۹۶- ۰/۵۹ گرم) در تیمار کلرید سدیم ۷۵ میلی‌گرم در لیتر بدست آمد و کمترین میزان پرولین (۴/۴۸ میلی‌گرم در گرم)، پروتئین (۲/۴۸ میکروگرم در میلی‌گرم) و فعالیت آنزیم‌های سوپر اکسید دیسموتاز (۳/۰۰ واحد آنزیم در گرم) و پراکسیداز (۲/۹۳ واحد آنزیم در گرم) در شاهد بود.

نتایج: با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، چمن ورزشی با افزایش ترکیباتی نظیر پرولین، پروتئین و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی توانست شرایط تنش در سطح شوری ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر را تا حدودی تحمل کند، اما افزایش غلظت نمک‌های به‌کاربرده شده خصوصاً نمک کلرید پتاسیم (۷۵ میلی‌گرم در لیتر) بیش‌ترین تأثیر را در کاهش صفات رویشی و افزایش فعالیت آنزیمی چمن ورزشی داشت.

کلید واژه‌ها: پراکسیداز، پروتئین، سوپر اکسید دیسموتاز، کلرید پتاسیم، کلرید کلسیم

شاپا چاپی: ۷۴۸۰-۲۲۵۱
شاپا الکترونیکی: ۷۴۰۰-۲۲۵۰

نشریه حفاظت منابع آب و خاک

آدرس تارنما:
https://wsrcj.srbiau.ac.ir

پست الکترونیک:
iauwsrcj@srbiau.ac.ir
iauwsrcj@gmail.com

سال سیزدهم
شماره ٤ (٥٢)

تاریخ دریافت:
۱۴۰۲/۰۹/۱۰

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۲/۱۰/۰۱

صفحات: ۱۱۱-۱۰۳

10.30495/WSRCJ.2023.75841.11414

مقدمه

چمن یکی از مهم‌ترین گیاهان پوششی در جهان است که علاوه بر نقش آن در زیبایی و پوشش فضای سبز، در زمین‌های ورزشی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد (Samiei et al., 2020). چمن‌ها گیاهانی از تیره گندمیان می‌باشند و دارای جنس، گونه و واریته‌های مختلفی هستند که مخلوط بذر چمن سه گونه پوآپراتنسیس، لولیوم پرنه و فستوکا چمن ورزشی را تشکیل می‌دهد. چمن‌ها نیازهای محیطی متفاوتی دارند که در بسیاری از موارد نظیر کمبود آب و یا شوری زمین امکان استفاده آن‌ها در فضای سبز را محدود می‌کند، درنتیجه استفاده از چمن‌های مقاوم به شوری و کم‌آبی یکی از راهکارهای ایجاد فضای سبز در این مناطق می‌باشد (Fazel et al. 2017).

یکی از مشکلات جهانی، شوری آب و خاک می‌باشد که به‌طور قابل توجهی رشد و کیفیت محصولات را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Abdeldym et al., 2020). در زمین‌های شور انواع مختلفی از نمک‌ها وجود دارد که کلرید سدیم و کلرید پتاسیم ازجمله نمک‌های محلولی هستند که بر رشد گیاه تأثیر می‌گذارند، کلرید سدیم معمول‌ترین نوع نمک است و پتاسیم نیز یکی از عناصر غذایی ضروری در گیاه است که غلظت‌های بالای آن (۵۰ میلی‌مولار) موجب بروز تنش شوری و کاهش رشد گیاه می‌گردد (Hassini et al., 2017). هنگامی که گیاه با تنش کلرید پتاسیم مواجه می‌شود، k^+ اضافی از طریق سیتوپلاسم جذب می‌شود، درنتیجه تعادل Na^+ و k^+ در سیتوپلاسم از بین می‌رود و سمیت یونی ایجاد می‌کند (Li et al., 2021). گیاهان با استفاده از مکانیسم‌های مختلف از جمله فعال کردن سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی، تعادل یونی، تنظیم اسمزی، تنظیم سنتز هورمون‌های گیاهی به مقابله با اثرات سمیت یون‌ها می‌پردازد (Abbaszadeh et al., 2023) و ساخت اسمولیت‌هایی مانند گلایسین بتائین، پرولین، کربوهیدرات‌های محلول، پروتئین‌ها و غیره در گیاهان موجب تعدیل اسمزی می‌گردد (Nazarpoor et al., 2020). همچنین به دلیل افزایش تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن و بروز تنش اکسیداتیو در گیاه، تولید ترکیبات آنتی‌اکسیدان نظیر کاروتنوئیدها، گلوتاتیون، آسکورباتتوکروفرول و آنزیم‌های کاتالاز، سوپر اکسید دیسموتاز، گلوتاتیون پراکسیداز و پراکسیداز افزایش می‌یابد (Saiema et al., 2013). در شرایط تنش شوری میزان اتیلن افزایش می‌یابد و اثرات سمی برخی از یون‌ها بر فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی تأثیر گذاشته و موجب کاهش جذب عناصر غذایی توسط ریشه می‌شود (Garrido et al., 2014) با این حال پاسخ اسمزی گیاهان متناسب با نوع نمک، ژنوتیپ، مدت زمان و شدت تنش و مرحله رشدی گیاه متفاوت است (Nazarpoor et al., 2020). در چمن کنتاکی بلوگراس (*Poa pratensis* L.) شوری (صفر، ۴۰ و ۸۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) رشد ریشه و شاخساره، کیفیت ظاهری چمن، محتوای کلروفیل و پتاسیم برگ‌ها را کاهش داد، درحالیکه که نشت یونی، محتوای پرولین و میزان سدیم برگ‌ها با افزایش غلظت نمک افزایش یافت (Arghavani et al., 2017). در پژوهشی دیگر بر چمن رقم (*Seashore Paspalum*) نیز افزایش شوری (۵، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ گرم در لیتر) وزن تر و خشک گیاه، طول ریشه و اندام هوایی و درصد نسبی آب گیاه را کاهش داد (Tabatabaei et al., 2019). رحیم[1] و همکاران (۲۰۲۰) نیز کاهش وزن گیاه، طول ساقه، برگ و سنبله، تعداد برگ و پنجه گیاه ارزن مرواریدی (*Pennisetum americanum*) را تحت تنش شوری ناشی از سدیم کلراید و پتاسیم کلراید (۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ میلی‌مولار) گزارش نمودند. در دانهال سیب (*Malus hupehensis*) نیز تنش ناشی از کلرید پتاسیم ۵۰ میلی مولار موجب کاهش کلروفیل کل، وزن تر و خشک اندام هوایی و فعالیت آنزیم پراکسیداز شد، در حالیکه فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز، محتوای پرولین و پروتئین را افزایش داد (Li et al., 2021).

در اکثر پژوهش‌های صورت گرفته، اثر نمک کلرید سدیم مورد ارزیابی قرارگرفته است، در حالیکه که در زمین‌های شور انواعی از نمک‌ها وجود دارد. هدف از این پژوهش بررسی اثر تنش شوری ناشی از کلرید سدیم و کلرید پتاسیم بر رشد و کیفیت چمن ورزشی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

شرح آزمایش: به‌منظور بررسی اثر تنش شوری ناشی از کلرید سدیم و کلرید پتاسیم بر رشد و برخی صفات مورفوفیزیولوژیک و بیوشیمیایی چمن ورزشی این آزمایش در گلخانه‌ای واقع در شهرستان کرج انجام شد. که حداقل و حداکثر دما در این منطقه به ترتیب ۲۰- و ۳۸ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارندگی سالیانه ۲۲۰ میلی‌متر گزارش شده است. تیمارهای آزمایش شامل نمک‌های کلرید سدیم و کلرید پتاسیم هر کدام با غلظت‌های صفر، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ میلی‌گرم در لیتر بود. برای شروع آزمایش ابتدا نمونه‌ی خاکی جهت آنالیز از خاک آزمایش تهیه شد (جدول ۱) ، سپس در فروردین‌ماه بذرهای چمن اسپرت که شامل: ۳۵ درصد *Lolium perenne* Fandango NZ، ۲۰ درصد *Lolium perenne* Sirtaky NL، ۱۰ درصد *Festucarubra Commutata* US Musica، ۲۳ درصد *poa pratensis* DK Baronial و ۱۲ درصد *Poa pratensis* US Baron بودند، در کرت‌هایی با ابعاد ۲ متر مربع (۱×۲ متر مربع) و با تراکم ۴۰ گرم در متر مربع کشت شدند. پس از حدود ۵ هفته از کاشت بذرها اعمال تنش شوری به مدت یک ماه از طریق آبیاری با نمک‌ها هر هفته دو بار و هر دفعه با ۱۲ لیتر آب شور انجام شد. برای جلوگیری از تجمع نمک پس از دو بار آبیاری با آب شور در هفته یکبار آبشویی با آب شرب انجام شد. سپس نمونه‌برداری برای ارزیابی صفات انجام شد.

جدول ۱. مشخصات خاک محل آزمایش

کربن آلی	فسفر	پتاسیم	نیتروژن	pH	شوری	بافت		
(ppm)	(ppm)	(ppm)	(%)		(ds/m)	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)
۰/۷۵	۴۶/۵	۱۱۴	۰/۶۵	۷/۲	۱/۳	۵۴	۲۵/۴	۲۰/۶

وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه بلافاصله پس از برداشت و وزن خشک پس از نگهداری نمونه‌ها در آون ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت به وسیل ترازوی دیجیتالی با دقت یک صدم گرم توزین شد (Abdossi and Danaee, 2019).

محتوای کلروفیل کل با استفاده از دی متیل سولفوکساید (DMSO) استخراج شد و جذب نمونه‌ها در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (UV Visible مدل Spectro Flex 6600)، اندازه‌گیری و برحسب میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ طبق رابطه (۱) بیان شد (Soroori et al., 2023)

میزان جذب نور=A (۳)

کلروفیل کل برگ =۲۰/۲(A_{645nm})+۸/۰۲(A_{663nm})

برای اندازه‌گیری میزان پرولین جذب نمونه‌ها در طول‌موج ۵۲۰ نانومتر قرائت گردید و درنهایت بر حسب میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ بیان شد (Bates et al., 1973).

میزان پروتئین با استفاده از روش برادفورد[۲] (۱۹۷۶)، اندازه‌گیری شد و جذب نمونه‌ها در طول‌موج ۵۹۵ خوانده شد و درنهایت بر حسب میکروگرم در میلی‌گرم وزن تر بیان شد.

فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز با استفاده از سنجش مهار احیای نوری ((Nitro BlueTetrazolium (NBT)) در طول‌موج ۵۶۰ نانومتر اندازه‌گیری و درنهایت بر حسب واحد آنزیم در گرم وزن تر محاسبه شد (Farhangju et al., 2023).

فعالیت آنزیم پراکسیداز از طریق قرائت جذب نمونه‌ها در طول‌موج ۵۳۰ نانومتر انجام شد و بر حسب واحد آنزیم در گرم وزن تر بیان شد (Khodabakhsh and Danaee, 2022).

طرح آزمایشی و تجزیه و تحلیل داده‌ها: آزمایش به‌صورت طرح بلوک کامل تصادفی شامل تنش شوری ناشی از کلرید سدیم و کلرید پتاسیم (صفر، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ میلی‌گرم در لیتر) در سه تکرار اجرا شد. آنالیز داده‌ها توسط نرم‌افزار آماری SPSS23 و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ و ۱٪ انجام گردید. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel16 استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد، اثر تنش شوری بر وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، کلروفیل کل و پرولین در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد، در حالیکه بر پروتئین و فعالیت آنزیم‌های سوپر اکسید دیسموتاز و پراکسیداز در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲).

وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه: نتایج نشان داد، بیش‌ترین وزن تر و خشک اندام هوایی (۴/۸۷- ۳/۸۵ گرم) در شاهد و کم‌ترین (۳/۰۸- ۲/۱۲ گرم) در تیمار کلرید پتاسیم ۷۵ میلی‌گرم در لیتر بدست آمد. همچنین بیش‌ترین وزن تر و خشک ریشه (۲/۲۳- ۱/۴۶ گرم) در شاهد و کم‌ترین (۰/۹۶- ۰/۵۹ گرم) در تیمار کلرید سدیم ۷۵ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد (جدول ۳). افزایش غلظت نمک‌ها موجب کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه گردید، زیرا ریشه اولین اندامی است که تحت تأثیر تنش شوری قرار می‌گیرد و گیاه از طریق حفظ آماس سلولی، تنظیم اسمزی و ساخت مواد آلی از خود در برابر تنش محافظت می‌کند، ساخت این مواد از جمله پرولین انرژی زیادی صرف می‌کند، در نتیجه موجب کاهش رشد گیاه و وزن تر و خشک ریشه می‌شود (Goldani et al., 2018)، همچنین غلظت بیش از اندازه k^+ در محیط خاک پتانسیل آب را در خاک کاهش می‌دهد و منجر به تنش اسمزی در گیاه می‌شود (Li et al., 2021) و با تحت تأثیر قرار دادن بسیاری از

جدول ۲. تجزیه واریانس اثر شوری ناشی از کلرید سدیم و کلرید پتاسیم بر خصوصیات رشدی و بیوشیمیایی چمن ورزشی

منبع تغییرات	میانگین مربعات									
	درجه آزادی	وزن تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	کلروفیل کل برگ	پرولین	پروتئین	سوپر اکسید دیسموتاز	پراکسیداز
بلوک	۲	۳/۱**	۳/۴**	۰/۲۶**	۰/۱۹**	۳/۳۳**	۲/۲۷**	۱/۸**	۲/۴**	۰/۹۸**
تنش	۶	۳/۴۰۵**	۳/۲۰۷**	۱/۸۹۶**	۰/۷۶۴**	۱۸/۳۲۲**	۱۴/۳۲۲**	۱/۵۷۴*	۳/۰۳۶*	۱/۴۳۲*
اشتباه آزمایشی	۱۲	۰/۰۱۹	۰/۰۱۶	۰/۰۰۹	۰/۰۰۵	/۰۷۶	۰/۰۲۹	۰/۰۱۶	۰/۰۱۴	۰/۰۱۸
ضریب تغییرات(٪)	---	۱۲/۴۱	۱۳/۰۲	۱۳/۳۶	۱۲/۶۸	۱۲/۴۹	۱۱/۹۷	۱۲/۸۵	۱۰/۶۲	۱۱/۰۶

* و ** به ترتیب معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد

* and ** are significant at the 5% and 1% levels, Respectively

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر تنش شوری ناشی از کلرید سدیم و کلرید پتاسیم بر صفات رویشی چمن ورزشی

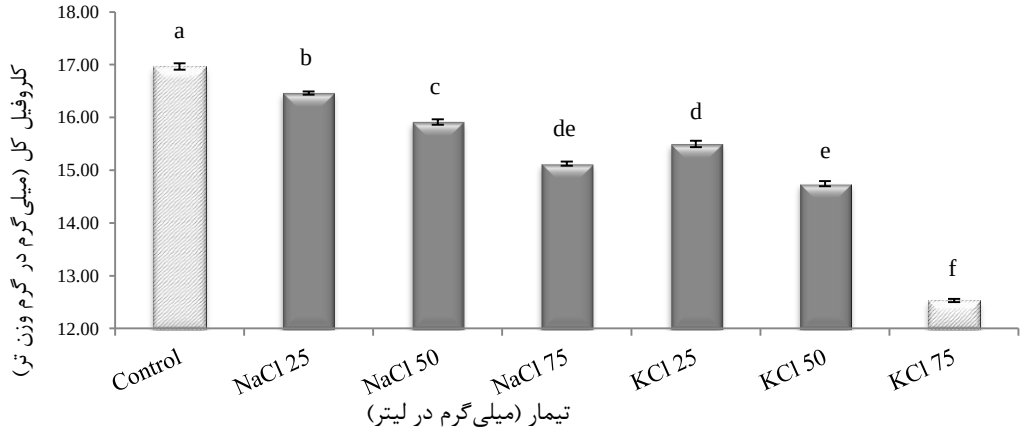
نمک	غلظت (میلی‌گرم در لیتر)	وزن تر اندام هوایی (گرم)	وزن خشک اندام هوایی (گرم)	وزن تر ریشه (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)
شاهد	صفر	۴/۸۷^{a}	۳/۸۵^{a}	۲/۲۳^{a}	۱/۴۶^{a}
کلرید سدیم	۲۵	۴/۳۹^{b}	۳/۴۳^{b}	۱/۶۵^{c}	۰/۹۲^{cd}
	۵۰	۴/۰۴^{c}	۳/۱۷^{c}	۱/۱۴^{e}	۰/۷۵^{e}
	۷۵	۳/۷۲^{d}	۲/۷۶^{de}	۰/۹۶^{f}	۰/۵۹^{f}
کلرید پتاسیم	۲۵	۳/۸۴^{cd}	۲/۸۵^{d}	۲/۰۱^{b}	۱/۲۲^{b}
	۵۰	۳/۳۷^{e}	۲/۴۱^{e}	۱/۷۴^{c}	۱/۰۳^{c}
	۷۵	۳/۰۸^{f}	۲/۱۲^{f}	۱/۳۶^{d}	۰/۸۸^{d}

حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح $P\leq0.05$ است

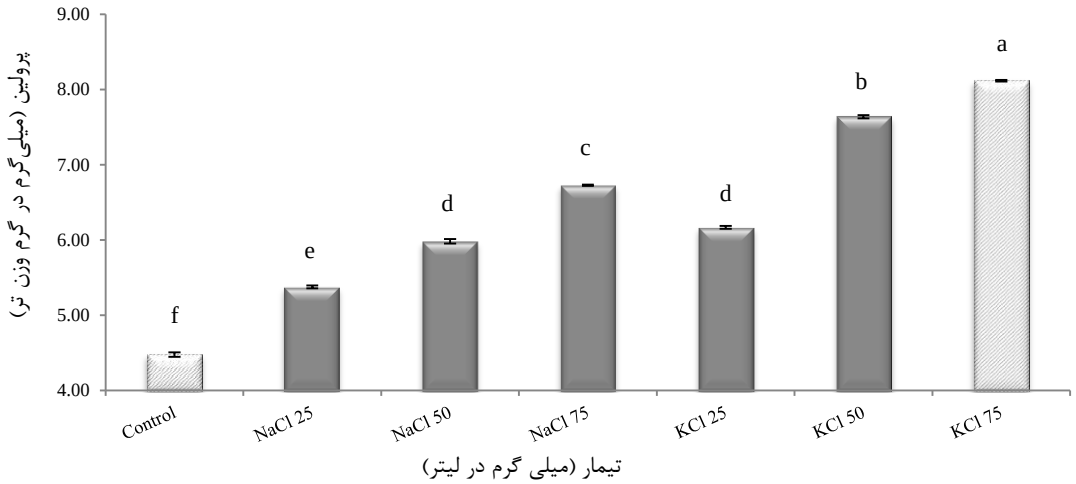
فرآیندهای فیزیولوژیکی مانند فتوسنتز موجب کاهش شاخص‌های رشدی گیاه می‌گردد (Fazeli et al., 2018). نتایج این آزمایش با نتایج رسولی و همکاران (۲۰۱۷) در سه گونه چمن (*Agrostis stolonifera* L. و *Agropyron desertorum* L. و *Festuca ovina* L.) و خداشناس[۳] و همکاران (۲۰۲۰) در گیاه کالار گراس (*Laptochloa fusca*) مطابقت داشت.

کلروفیل کل: مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیش‌ترین کلروفیل کل با ۱۶/۹۶ میلی‌گرم در گرم وزن تر در شاهد و کم‌ترین با ۱۲/۵۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر در تیمار کلرید پتاسیم ۷۵ میلی‌گرم در لیتر بود (شکل ۱). کاهش محتوای کلروفیل کل در شرایط تنش شوری می‌تواند مربوط به افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز و رادیکال‌های آزاد اکسیژن و کاهش محتوای پروتئین‌های غشایی و آنزیم‌های مسیر سنتز کلروفیل باشد (Turan and Tripathy, 2014). همچنین افزایش غلظت تنظیم‌کننده‌های رشد مانند اسید آبسزیک و اتیلن نیز که تحریک کننده آنزیم کلروفیلاز هستند موجب تجزیه کلروفیل در شرایط تنش می‌شود (Orabi et al., 2010). نتایج عظیمیان و روشندل[۴] (۲۰۱۶) نشان داد، تنش شوری محتوای کلروفیل کل درمنه دشتی (*Artemisia sieberi*) را افزایش داد.

پرولین: نتایج نشان داد، بیش‌ترین و کم‌ترین میزان پرولین به ترتیب با ۸/۱۲ و ۴/۴۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر در تیمار کلرید پتاسیم ۷۵ میلی‌گرم در لیتر و شاهد بدست آمد (شکل ۲). در محیطی که دچار عدم تعادل یونی شده است، تجمع پرولین در سیتوپلاسم سلول گیاهی نقش موثری در حفاظت ساختمان ماکرومولکول ها و آسیب‌های ناشی از رادیکال‌های آزاد دارد (Iraji Mareshk and Moghaddam, 2020). همچنین پرولین با تنظیم آب درون سلول‌های گیاهی موجب پایداری آنزیم‌ها و پروتئین‌ها از طریق حفظ pH سلولی می‌گردد (Mostofa et al., 2017). افزایش میزان پرولین در شرایط تنش نوعی واکنش از طرف گیاه به کاهش پتانسیل آب در اطراف ریشه است، تجمع پرولین از طریق کم کردن پتانسیل اسمزی سلول‌های ریشه جذب آب و عناصر غذایی را برای گیاه میسر می‌کند. همچنین پرولین نسخه برداری پروتئین‌های مقاوم به تنش شوری را القا می‌کند و موجب افزایش تحمل گیاه نسبت به تنش شوری می‌گردد (Abedini et al., 2021). مطابق با یافته‌های این پژوهش، کوزلوسکا[۵] و همکاران (۲۰۲۱) افزایش میزان پرولین را در چمن ورزشی را تحت تنش شوری گزارش نمودند.



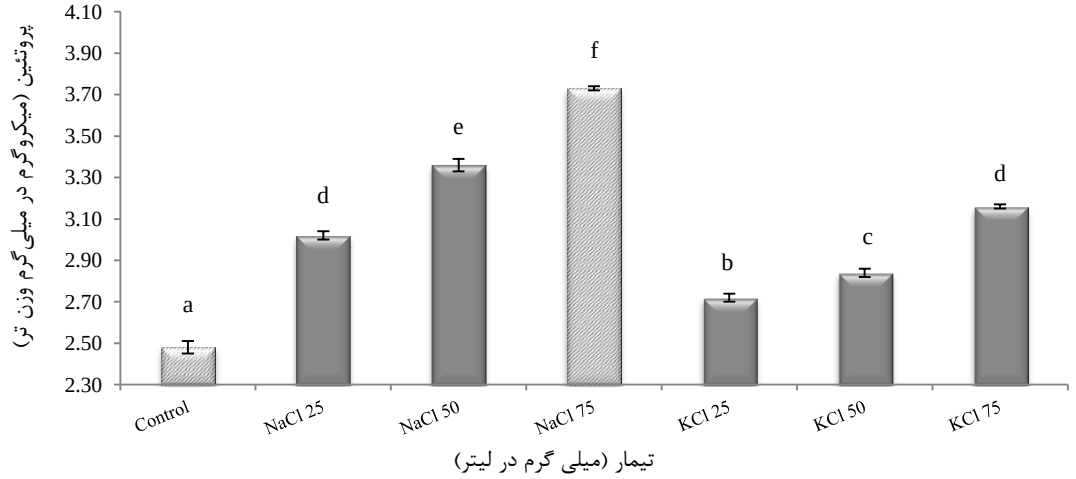
شکل ۱. اثر تنش شوری ناشی از کلرید سدیم و کلرید پتاسیم بر محتوای کلروفیل چمن ورزشی



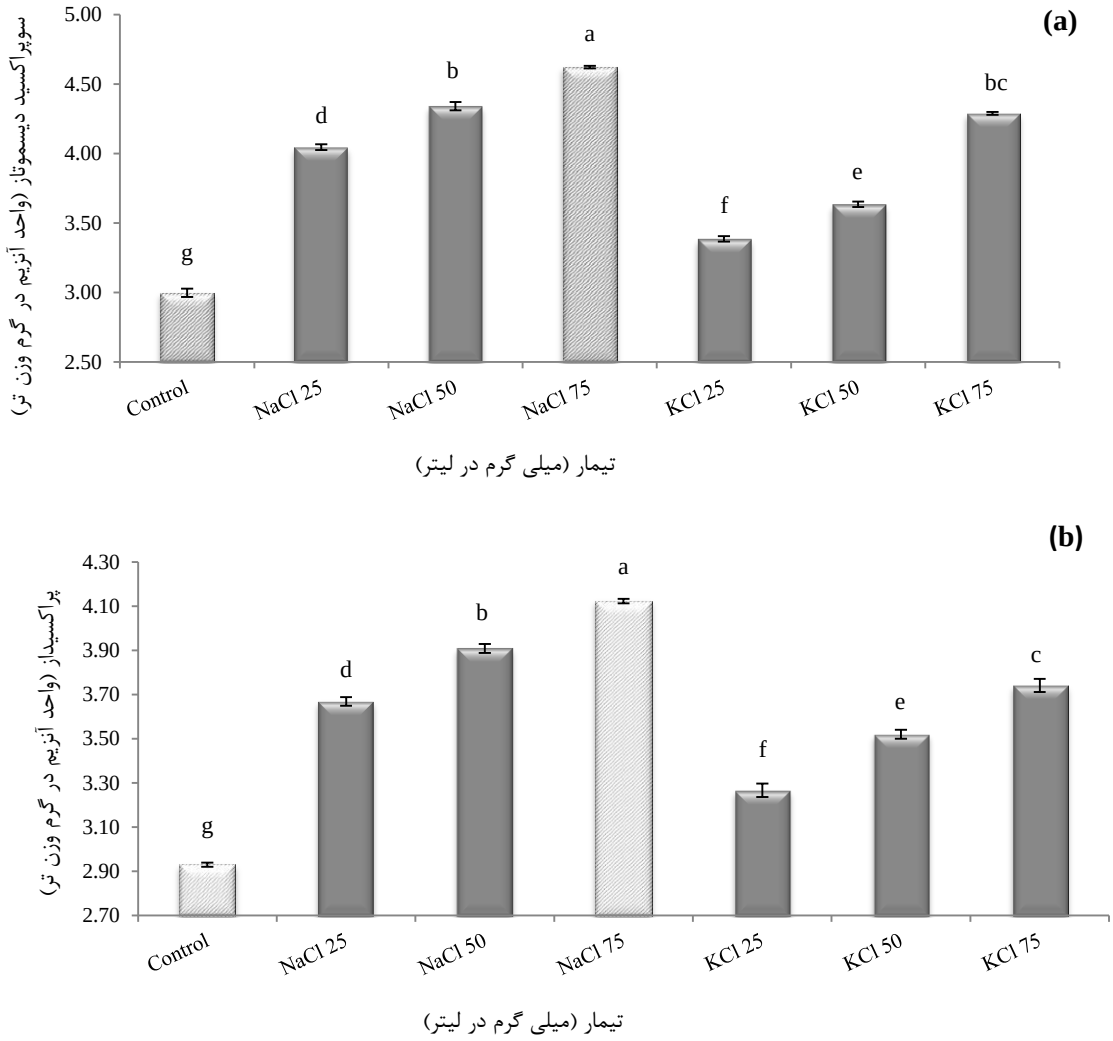
شکل ۲. اثر تنش شوری ناشی از کلرید سدیم و کلرید پتاسیم بر محتوای پرولین چمن ورزشی

پروتئین: داده‌های به دست آمده نشان داد، بیش‌ترین میزان پروتئین (۳/۷۳ میکروگرم در میلی‌گرم وزن تر) در شاهد و کم‌ترین (۲/۴۸ میکروگرم در میلی‌گرم وزن تر) در تیمار کلرید سدیم ۷۵ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد (شکل ۳). در این پژوهش افزایش شدت تنش شوری موجب تجمع پروتئین گردید، زیرا گیاهان با تجمع مواد تنظیم کننده اسمزی نظیر قندها، اسیدهای آمینه، پروتئین و مواد معدنی با تنش های محیطی مقابله می‌کنند در نتیجه دلیل افزایش پروتئین چمن ورزشی در شرایط تنش شوری می‌تواند مربوط به تنظیم فشار اسمزی ناشی از افزایش یون‌های سدیم و کلر باشد (Munns et al., 2016) و یا القا پروتئین‌های گیاهی در اثر تنش شوری باشد که در گیاه تجمع می‌یابد و شکلی از نیتروژن ذخیره‌ای را فراهم می‌کند که در تنظیم اسمزی نقش دارد (Farsari et al., 2022). مطابق با نتایج این آزمایش کرمیان و عطایی برازنده[۶] (۲۰۱۳)، افزایش میزان پروتئین را در سه گونه اسپرس (*Obrychis subnitens*، *Obrychis viciifolia* و *Obrychis melanotricha*) در شرایط تنش شوری گزارش نمودند، همچنین تنش شوری در گیاه گلرنگ (*Carthamus tinctirius* L.) نیز میزان پروتئین برگ را افزایش داد (Attarzadeh et al., 2016).

فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز و پراکسیداز: نتایج نشان داد، فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز و پراکسیداز به ترتیب با ۴/۶۲ و ۴/۱۲ واحد آنزیم در گرم وزن تر در کلرید سدیم ۷۵ میلی‌گرم در لیتر، بیش‌ترین و در شاهد با ۳/۰۰ و ۲/۹۳ واحد آنزیم در گرم وزن تر، کم‌ترین بود (شکل ۴). مواجهه گیاه با تنش شوری به دلیل بسته شدن روزنه‌ها، کاهش تثبیت دی اکسید کربن و افزایش تنفس گیاه موجب تولید گونه‌های فعال اکسیژن از جمله رادیکال سوپر اکسید می‌گردد.



شکل ۳. اثر تنش شوری ناشی از کلرید سدیم و کلرید پتاسیم بر میزان پروتئین چمن ورزشی



شکل۴. اثر تنش شوری ناشی از کلرید سدیم و کلرید پتاسیم بر فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز (a) و پراکسیداز (b) چمن ورزشی

که منجر به آسیب به سلول‌ها و اجزای سلولی نظیر لیپیدها، نوکلوئیک اسیدها، رنگدانه‌های فتوسنتزی و پروتئین‌ها می‌شود. آنزیم‌هایی نظیر سوپر اکسید دیسموتاز این رادیکال‌ها را به پراکسید هیدروژن تبدیل می‌کنند و سپس آنزیم‌های پراکسیداز، کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز، پراکسید هیدروژن تولید شده را به آب و هیدروژن تجزیه می‌کنند، در نتیجه گیاه با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی از جمله سوپر اکسید دیسموتاز و پراکسیداز می‌تواند شرایط تنش را تا حدودی تحمل کند (Farsari et al., 2022). نتایج این تحقیق با یافته‌های سارکر و اوبا[۷] (۲۰۲۰)، در گیاه تاج خروس سه رنگ (*Amaranthus tricolor*) و محمدی و کریمی[۸] (۲۰۲۰) در گیاه رز ماری (*Rosmarinus officinalis* L.) مطابقت داشت.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که در شرایط تنش شوری ناشی از کلرید پتاسیم ۷۵ میلی‌گرم در لیتر، وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه و محتوای کلروفیل کل، کم‌ترین و در شاهد، بیش‌ترین میزان بود. بیش‌ترین و کم‌ترین پروتئین و فعالیت آنزیم‌های سوپر اکسید دیسموتاز و پراکسیداز به ترتیب در تیمار کلرید سدیم ۷۵ میلی‌گرم در لیتر و شاهد مشاهده شد. همچنین میزان پرولین در تیمار کلرید پتاسیم ۷۵ میلی‌گرم در لیتر، بیش‌ترین و در شاهد، کم‌ترین بود. کم‌ترین و بیش‌ترین وزن تر و خشک ریشه نیز به ترتیب در تیمار کلرید سدیم ۷۵ میلی‌گرم در لیتر و شاهد به‌دست آمد. با توجه به نتایج حاصل، چمن ورزشی با داشتن سیستم آنزیمی و غیر آنزیمی تا حدودی توانایی تحمل تنش را دارد، اما افزایش غلظت نمک‌های مورد استفاده خصوصاً کلرید پتاسیم (۷۵ میلی‌گرم در لیتر) بیش‌ترین تأثیر را در کاهش صفات رویشی و افزایش فعالیت آنزیمی چمن ورزشی داشته است.

Reference:

Abbaszadeh, K., Shirzadian-Khorramabad, R., Sohani, M M., & Hajiahmadi Z. (2023). The effect of salt stress on some morpho-physiological and molecular traits of transgenic Tomato plants of T3 containing cry1Ab Gene. Plant genetic resarch, 9 (2), 15-30. https://doi.org/10.52547/pgr.9.2.2 [In Persian].

Abdeldym, E.A., El-Mogy, M.M., Abdellateaf, H.R., & Atia, M.A. (2020). Genetic characterization, agro-morphological and physiological evaluation of grafted tomato under salinity stress conditions. Agronomy. 10 (12), 1947. https://doi.org/10.3390/agronomy10121948

Abdossi, V., Danaee, E. (2019). Effects of some amino acids and organic acids on enzymatic activity and longevity of *Dianthus caryophyllus* cv. Tessino at pre-harvest stage. Journal of Ornamental Plants, 9(2), 93-104. https://doi.org/20.1001.1.22516433.2019.9.2.2.7

Abedini, M., Garebaghi, M. & Moradkhani, S. (2021). The effect of root and foliar application of selenium on some physiological and biochemical responses of wheat (*Triticum aestivum* L.) under salt stress. *Journal of Plant Environmental Physiology*, 16(62): 95-108. https:// doi.org/10.30495/iper.2021.679526. [In Persian].

Arghavani, M., Savadkoohi, S., & Mortazavi, S. N. (2017). Salinity tolerance of Kentucky bluegrass as affected by Salicylic Acid. *Journal of Ornamental Plants*, 7(4), 237-245.

Attarzadeh, M., Rahimi, A., & Torabi, B. (2016). Response of chlorophyll, relative water content and protein percentage of Safflower leaves to salinity and foliar Calcium, Potassium and Magnesium applications. *Journal of Crop Ecophysiology*, *10*(37(1)), 269-282. [In Persian].

Azimian, F., & Roshandel, P. (2016). Physiological and phytochemical changes induced by seed pretreatment with hydrogen peroxide in *Artemisia sieberi* under salt stress, *Iranian Journal of Plant Physiology*, 7(1), 1875-1887. https://doi.org/10.30495/ijpp.2016.532427

Bates, L.S., Waldran, R.P., & Teare, I.D. (1973). Rapid determination of free proline for water studies. Plant and Soil, 39, 205-207.

Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Journal of Analytical Biochemistry, 72, 248- 254. https://doi.org/10.1006/abio.1976.9999.

Farhangju, S. E., sadatmand, S., Khavarinezhad, R., najafi, F., & Babakhani, B. (2023). Effect of Salicylic Acid on some Morphological and Biochemical Traits of Rice (*Oryza sativa* L.) under salt stress. *Journal of Plant Production Research*, *30*(2), 163-182. https://doi.org/10.22069/jopp.2023.20675.2970. [In Persian].

Farsari, S., Moghaddam, M., & Mehdizade, L. (2022). Effect of salicylic acid application on some physiological characteristics and essential oil production of lemon verbena (*Lippia citrodora* L.) under salinity stress. *Journal of Plant Environmental Physiology*, 17(65): 54-65. https:// doi.org/10.30495/iper.2021.679535. [In Persian].

Fazel, F., Gheysari, M., Mohamadian, M., & Etemadi, N. A. (2017). Effect of maximum allowable depletion on irrigation use and plant parameters of grass under subsurface drip irrigation management. *Journal of Irrigation Sciences and Engineering*, 40(1), 155-165. https://doi.org/20.1001.1.25885952.1396.40.1.13.2 [In Persian].

Garrido, Y., Tudela, JA., Marín, A., Mestre, T., Martínez, V., & Gil, MI. (2014). Physiological, phytochemical and structural changes of multileaf lettuce caused by salt stress. Journal of the Science of Food and Agriculture, 94, 1592-1599.

Goldani M, Kamali M., & ghiasabadi, M. (2018). Investigation of mitigated effects of KCl on growth and physiological index in Mustard plant (Parkland and Goldrush) under salinity stress. *Journal of Horticultural Science*, 32(1), 123-136. https://doi.org/10.22067/jhorts4.v32i1.61472 [In Persian].

Hassini, I., Baenas, N., Moreno, D. A., Carvajal, M., Boughanmi, N., & Ballesta, M. (2017). Effects of seed priming, salinity and methyl jasmonate treatment on bioactive composition of Brassica oleracea var. capitata (white and red varieties) sprouts. Journal of the Science of Food and Agriculture 97, 2291–2299. https:// doi.org/10.1002/jsfa.8037.

Iraji Mareshk, M. & Moghaddam, M. (2020). Physiological and biochemical responses of Mexican marigold (*Tagetes minuta* L.) to mycorrhizal fungi application under salinity stress condition. *Journal of Plant Environmental Physiology*, 15(60): 79-94. https:// doi.org/20.1001.1.76712423.1399.15.60.6.5. [In Persian].

Karamian, R., & Ataei Barazande, S. (2013). Effect of salinity on some growth parameters in three Onobrychis species (Fabaceae) in Iran. *Iranian Journal of Plant Biology*, *5*(15), 69-82. [In Persian].

Khodabakhsh, M. & Danaee, E. (2022). The Effect of foliar application of Proline and Glycine-Betaine on growth indices, Proline content and enzymatic activity of aromatic Geranium (*Pelargonium Graveolens*) under low water stress, *Journal of Water and Soil Resources Conservation*, 12(1), 125-136. https://doi.org/10.30495/wsrcj.2022.20474 [In Persian].

Kozłowska, M., Bandurska, H., & Bre´s, W. (2021). Response of lawn grasses to salinity stress and protective Potassium effect .Agronomy, 11, 843. https//: doi.org/10.3390/agronomy11050843

Mohamadi, M., & karimi, M. (2020). Effect of exogenous melatonin on growth, electrolyte leakage and antioxidant enzyme activity in rosemary under salinity stress. Plant Process and Function, 9 (37), 59-66 [In Persian].

Mostofa, M. G., Hossain, M. A., Siddiqui, M.N., Fujita, M., & Tran, L.-S. P. (2017). Phenotypical, physiological and biochemical analyses provide insight into selenium- induced phytotoxicity in rice plants. Chemosphere. 178: 212-223. https:// doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.03.046

Munns, R., James, R.A., Gilliham, M., Flowers, T.J., & Colmer, T.D. (2016). Tissue tolerance: an essential but elusive trait for salt-tolerant crops. Functional Plant Biology, 43, https//:doi.org/1103-1113. 10.1071/FP16187

Nazarpoor, S., salami, A., & zaidi S. (2020) Evaluating the effect of the salinity stress of different salts of soil salts in Iran on some of the physiological and biochemical responses of Harmala (*Peganum harmala* L.). Plant Process and Function, 9 (39), 311-329. https:// doi.org/20.1001.1.23222727.1399.9.39.16.5 [In Persian].

Rasouli, M., Hatamzadeh, A., Ghasemnezhad, M., Samizadeh Lahiji, H. (2017). The increase of salinity tolerance in three turf grass species using trinexapac-ethyl. Nova Biologica Reperta, 4 (1), 29-38. https:// doi.org/10.21859/acadpub.nbr.4.1.29 [In Persian].

Saiema, R., Asiya, H., Azooz, M. M., Siddiqi, T. O., & Parvaiz, A. (2013) Salt stress: Causes, types and responses of plants. Ecophysiology and responses of plants under salt stress. Department of Botany, Faculty of Science, 1-24. https:// doi.org/10.1007/978-1-4614-4747-4_1.

Samiei, A., Kafi, M., Jowkar, M., & Shaghaghi, A. (2020). Effect of different irrigation levels on morphological and physiological features of SPORT grass-seed mixture. *Journal of Plant Ecophysiology*, *12*(2), 217-229. https:// doi.org/20.1001.1.20085958.1399.12.41.18.5 [In Persian].

Sarker, U., & Oba, S. (2020). The response of salinity stress-induced *A. tricolor* to growth, anatomy, physiology, non-enzymatic and enzymatic antioxidants. Frontiers in Plant Science. 16; 11:559876. https:// doi.org/10.3389/fpls.2020.559876.

Soroori, S., Danaee, E., Hemmati, K., & Ladan Moghadam A. (2021). The metabolic response and enzymatic activity of *Calendula officinalis* L. to foliar application of Spermidine, Citric Acid and Proline under drought stress and in a Post-Harvest. Journal of Agriculture Science Tecnology, 23(06), 1339-1353. https:// doi.org/20.1001.1.16807073.2021.23.6.6.9.

Tabatabaei, S., Pessarakli, M., & Nourmahnad, N. (2019). Responses of grass (*Seashore Paspalum*) to rotational management of saline water. *Journal of Water and Soil Resources Conservation*, *8*(3), 1-10. https:// doi.org/20.1001.1.22517480.1398.8.3.1.6 [In Persian].

Turan, S. & Tripathy, B. (2014). Salt-stress induced modulation of chlorophyll biosynthesis during de-etiolation of rice seedlings. Physiologia Plantarum, 153, 477-491. https:// doi.org /10.1111/ppl.12250.

یادداشت‌ها

[1] *Rahim*
[2] *Bradford*
[3] *Khodashenas*
[4] *Azimian and Roshandel*
[5] *Kozłowska*
[6] *Karamian and Barazande*
[7] *Sarker and Oba*
[8] *Mohamadi and Karimi*