نشریه شمـاره ۱۴، پاییز و زمستان ۱۳۹۸، صفحات ۶۳ تا ۷۴

نشریه مدیریت بیابـان
www.isadmc.ir

انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران

مقایسه مقدار تجمع عناصر، محتوی خاکستر و زیست توده چند گونه شورزی تحت آبیاری با آب دریا

غلامحسن رنجبر[۱]، هادی پیراسته انوشه[۱*]

۱. استادیار، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران.
* نویسنده مسئول: h.pirasteh@areeo.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۳/۰۳

چکیده

به منظور مقایسه زیست‌توده، تجمع برخی عناصر و محتوی خاکستر شاخساره پنج گونه شورزی *Salicornia bigelovii* Torr.، *S. sinus persica* Torr.، *Atriplex lentiformis* Bieb.، *Halocnemum strobilaceum* و *Halostachys caspica* Botsch. تحت آبیاری با آب دریا، آزمایشی در سال ۹۶-۱۳۹۵ در نوار ساحلی خلیج فارس انجام شد. نتایج نشان داد که بین گونه‌های شورزی مورد مطالعه از نظر غلظت یون‌های Na^+، K^+، Cl^-، نسبت Na^+ به K^+، وزن تر، وزن خشک، محتوای رطوبت و خاکستر شاخساره تفاوت معنی‌دار وجود داشت. بیشترین و کمترین غلظت Na^+ به‌ترتیب در گونه‌های *S. sinus persica* و *A. lentiformis* به‌دست آمد، به‌طوری‌که مقدار Na^+ گونه *S. sinus persica* به‌مقدار ۱۰۱/۳٪ بیشتر از گونه *A. lentiformis* بود. بیشترین غلظت K^+، Cl^- و Na^+/K^+ به ترتیب در گونه *A. lentiformis*، و شاخساره گونه‌های *Salicornia* و گونه *H. strobilaceum* به‌دست آمد. گونه *A. lentiformis* با تولیدی معادل ۱۸/۹۸ و ۷/۷۵ تن در هکتار به‌ترتیب دارای بیشترین مقدار زیست‌توده تر و خشک بود. کمترین مقدار زیست‌توده تر و خشک به‌ترتیب برابر با ۱۰/۱۳ و ۲/۴۹ تن در هکتار در *S. bigelovii* مشاهده شد. بیشترین و کمترین محتوای خاکستر به‌ترتیب برابر با ۴۸/۸ درصد در گونه *S. sinus persica* و ۳۷/۵ درصد در گونه *A. lentiformis* بود. بر اساس نتایج پژوهش حاضر گونه‌های *Salicornia* با توجه به غلظت بالای یون‌های Na^+ و Cl^- در شاخساره دارای سازوکار ممانعت از ورود نمک به داخل گیاه نمی‌باشند. این گونه‌ها احتمالاً از سازوکار تجمع نمک در بافت گیاه، با هدف تنظیم اسمزی برای بقا در شرایط بسیار شور تبعیت می‌کند. گونه *A. lentiformis* نیز بیشترین مقدار زیست‌توده را داشت، که می‌تواند به محتوی آب شاخساره کمتر در این گونه به دلیل وجود ساقه‌های خشبی در گیاه در مقایسه با ساقه‌های آبدار و محتوی بالاتر آب شاخساره گونه‌های دیگر ارتباط داده شود. با توجه به مقدار تولید و محتوای خاکستر، به نظر می‌رسد که گونه *A. lentiformis* گونه مناسبی برای تامین علوفه دام در مناطق با محدودیت آب شیرین باشد. همچنین گونه‌های *Salicornia* نیز می‌توانند به‌عنوان بخشی از جیره غذایی دام در این مناطق درنظر گرفته شوند.

واژگان کلیدی: آتریپلکس؛ سالیکورنیا؛ هالکنموم؛ هالوستاخیس، هالوفیت

■ مقدمه

با توجه به کمبود منابع آب غیرشور بهره‌گیری از آب دریا در تولید محصول‌های کشاورزی مورد نظر صاحب-نظران این عرصه بوده است. این درحالیست که هیچ‌کدام از گیاهان زراعی رایج قادر به تحمل شوری آب دریا نیستند. بنابراین ضرورت دارد تا راهکارهایی اندیشیده شود که به‌توان از این منابع برای تولید پایدار و اقتصادی مبتنی بر حفظ محیط‌زیست استفاده کرد (١٢ و ٢٥). یکی از این راهکارها، کشت گیاهان شورزی با ارزش اقتصادی زیاد می‌باشد.

سابقه کشت گیاهان شورزی با بهره‌گیری از آب دریا به زمان پس از جنگ جهانی دوم (١٩٤٩) و در نوار ساحلی دریای سیاه در منطقه ایلات خلیج العقبه واقع در جنوبی‌ترین قسمت فلسطین اشغالی برمی‌گردد (٢). نتایج این بررسی‌ها موجب شد تا پژوهش‌هایی در شناسایی گونه‌های مناسب آبیاری مستقیم با آب دریا ادامه یافته، به نحوی‌که تا سال ١٩٧٥ هزاران گونه از گیاهان شورزی از نقاط مختلف دنیا مورد بررسی قرار گرفتند. از بین این تعداد گیاهان شورزی و با همکاری تیم‌های تحقیقاتی دانشگاه آریزونای آمریکا تعداد ١٢ گونه شورزی که پتانسیل تولید در این شرایط را داشتند، انتخاب شدند. در سال ١٩٧٨ این گیاهان در بیابان‌های ساحلی واقع در پورتو پناسکو[1] مکزیک در مزرعه‌ای آزمایشی کشت گردید و روزانه توسط آبیاری به شیوه‌ی غرقابی با آب دریا آبیاری شدند. عملکرد ماده خشک این گیاهان به‌طور متوسط بین ١ تا ٢ کیلوگرم در متر مربع در سال گزارش شدند که تقریبا مشابه یونجه (*Medicago sativa* L.) کشت شده با آب شیرین بود. بیشترین مقدار بهره‌وری و تحمل به شوری در این گیاهان متعلق به سالیکورنیا (*Salicornia spp.*)، سیاه‌شور (*Suaeda spp.*) و آتریپلکس (*Atriplex spp.*) از خانواده‌ی Chenopodiaceae بودند. البته گونه‌های دیگری مانند *Distichlis spicata* (L.) Greene و *Batis maritime* L. نیز در این شرایط تولید زیادی داشتند (٧).

در پژوهشی، گیاهان شورزی که می توانند با آب دریا آبیاری شوندبه همراه ویژگی‌های آن‌ها از جمله رویشگاه، توزیع، مسیر فتوسنتزی، سطح تحمل به شوری و مصرف اقتصادی مشخص شد. این لیست شامل ١٦٨ گونه از ٣٢ خانواده بود. البته بیش از ٦٠ گونه گیاه شورزی دیگر نیز لیست شد که می‌توانند با آب دریا آبیاری شوند، ولی هنوز مصرف اقتصادی آن‌ها شناخته نشده است (٣٠). بدون شک از بین گیاهان فوق، سالیکورنیا به‌خاطر داشتن برخی ویژگی‌های خاص از جمله تولید روغن با کیفیت، تحقیقات بیشتری در این شرایط به خود اختصاص داد. به‌طوری‌که تمرکز بر روی این گیاه باعث شد با همکاری دانشگاه آریزونا و شرکت جنسیس مکزیک دو رقم SOS-7 و SOS-10 این گیاه با هدف افزایش درصد روغن تا ٤٠٪ اصلاح گردد (١١).

نتایج عملکرد آتریپلکس نیز با استفاده از کیفیت‌های مختلف آب رضایت‌بخش بوده است، به‌طوری‌که بسته به نوع گونه و مقدار شوری آب و خاک عملکرد آن می‌تواند بین ٢ تا ٢٠ تن متفاوت باشد (١٤، ١٦ و ١٩). اگرچه در پژوهشی مشخص شد که حداکثر رشد گونه‌های مختلف آتریپلکس در تیمار ١٥٪ شوری آب دریا مشاهده می-گردد (٢٠)؛ ولی در بررسی دیگر مشخص شد که برخی از گونه‌های آن پتانسیل تولید با استفاده مستقیم با آب دریا را دارند (١٩). باتلاقی شور (*Halocnemum spp.*) و مارونگ (*Halostachys spp.*) گونه‌های دیگر زیروفیت[2] و هیدروهالوفیت[3] می‌باشند که با توجه به پراکنش آن‌ها در اطراف نوار ساحلی (١٣) می‌تواند گزینه دیگری در استفاده از آب دریا محسوب گردند.

با این‌حال یکی از معایب گونه‌های شورزی آبیاری شده با آب دریا و شور، تجمع زیاد عناصری مانند Cl^- و Na^+ و در نتیجه محتوی زیاد خاکستر می‌باشد که بر کیفیت علوفه تولیدی آنها تاثیر می‌گذارد، لذا در بسیاری از مواقع نمی‌توان از آن به‌طور مستقیم در جیره غذایی دام استفاده نمود. برای نمونه خاکستر گونه‌های *Atriplex lentiformis* Torr. و *A. barclayana* Benth. که تنها با استفاده از آب دریا آبیاری شده‌اند به‌ترتیب ٢٧٪ و ٣٣٪ بود. در آزمایش دیگری مقدار خاکستر گونه‌های *A. halimus* L. ،*A. nummularia* Lindl. ،*A. lentiformis*

[1] Puerto Penasco

[2] Xerophyte

[3] Hydro-halophyte

Torr. و *A. canesense* Nutt. در شرایط آبیاری با آب شور ۸/۴ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب ۲۶/۵٪، ۳۵/۹٪، ۳۴/۲٪ و ۲۲/۰٪ گزارش شد (۱). با این‌حال محتوی پروتئین خام این گونه‌ها موجب شده است که ارزش تغذیه‌ای آن‌ها مورد توجه قرار گیرد. گزارش شده است که پروتئین خام گونه‌های آتریپلکس حدود ۱۱٪ تا ۲۴٪ وزن خشک می‌باشد (۸)؛ در مقایسه محتوی پروتئین یونجه بین ۱۲٪ تا ۲۲٪ است (۳). اگرچه برخی پژوهشگران گزارش کردند که مقدار پروتئین خام اکثر گیاهان شورزی فراتر از ۱۰٪ تا ۲۰٪ ماده خشک آن‌ها نمی‌باشد (۱۹). مقدار پروتئین گونه‌های *Atriplex barclayana* و *A. lentiformis* که با آب دریا آبیاری شده بودند به ترتیب ۱۱/۶٪ و ۱۶/۷٪ وزن ماده خشک گیاه بودند (۶). با توجه به وجود منابع آب بسیار شور شامل منابع آب‌های شور زیرزمینی، رودخانه‌های فصلی، زه‌آب‌ها، منابع عظیم آب شور دریای خزر، دریای عمان و خلیج فارس در کشور، هدف از پژوهش حاضر بررسی مقدار تولید و تجمع عناصر مختلف برخی گونه‌های شورزی تحت شرایط آبیاری با آب دریا بود.

■ مواد و روش‌ها

به منظور بررسی مقدار زیست‌توده تولیدی، تجمع برخی عناصر و مقدار خاکستر شاخساره پنج گونه شورزی شامل *Salicornia bigelovii* Torr.، *Salicornia sinus persica*، *Atriplex lentiformis* Torr.، *Halocnemum strobilaceum* Bieb. و *Halostachys caspica* Botsch. انتخاب شدند. آزمایش در سال ۹۶-۱۳۹۵ در ی خاک سیلتی لوم (جدول ۱) ایستگاه تحقیقات شوری واقع در شهرستان دلوار استان بوشهر انجام شد.

کاشت به‌صورت نشایی انجام شد. بدین منظور بذر گونه‌های مختلف در گلخانه تحقیقاتی مرکز ملی تحقیقات شوری در یزد و در سینی‌های کشت حاوی کوکوپیت+ ۲۵٪ پرلایت+ ۱۰٪ پیت موس کاشته شد. نشاها دو ماه پس از کاشت با ارتفاع ۶-۷ سانتیمتر به استان بوشهر انتقال داده و در ۱۵ بهمن ۱۳۹۵ بر محل داغاب پشته کاشته شدند. گیاهچه‌های کاشته شده بلافاصله پس از کشت به‌طور مستقیم با آب خلیج فارس با هدایت الکتریکی حدود ۶۰ دسی‌زیمنس بر متر آبیاری شدند. ویژگی های شیمیایی آب مورد استفاده در جدول ۲ آمده است. آبیاری در سرتاسر فصل رشد در حد ظرفیت مزرعه به علاوه ۳۰-۲۵ درصد سهم آبشویی به صورت سطحی جوی و پشته ای انجام شد. فاصله بین آبیاری‌ها بسته به شرایط اقلیمی و مرحله رشد و از طریق تاثیر بر تبخیر و تعرق بین ۱۵-۷ روز متغیر بود. گونه‌های گیاهی در پلات‌های آزمایشی در ۴ خط ۳ متری با فاصله بین بوته ۲۵ سانتی‌متر و بین ردیف ۳۰ سانتی‌متر کشت گردید. آزمایش به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار انجام شد. بدین ترتیب در هر قطعه آزمایشی ۴۸ بوته بود.

چهار ماه پس از کاشت و در اواسط فصل رشد و به منظور تعیین مقدار زیست‌توده تولیدی و مقدار تجمع عناصر در شاخساره گونه‌های مختلف، در هر قطعه ۱۰ بوته به طور تصادفی انتخاب و برداشت شدند. در این زمان گیاهان ۱۸۰ روزه بودند. گیاهان از سطح زمین کف بر و برای گونه‌های *Salicornia bigelovii*، *S. sinus persica*، *Halocnemum strobilaceum* و *Halostachys caspica* ساقه‌های آبدار و برای گونه *Atriplex lentiformis* برگ به‌همراه ساقه‌های چوبی به‌عنوان شاخساره در نظر گرفته شد.

جدول ۱. ویژگی‌های شیمیایی خاک مزرعه قبل از زمان کاشت

عمق (cm)	شوری ($dS\ m^{-1}$)	pH	میلی اکی والان در لیتر در عصاره اشباع					SAR
			Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Cl^-	$HCO3^-$	$SO4^{2-}$
۰-۳۰	۳۴/۰	۷/۳۵	۲۵۷/۸۴	۴۱/۰۸	۹۲/۸۱	۳۱۹/۱۸	۱/۶	۷۰/۹۶	۳۱/۵۱
۳۰-۶۰	۳۴/۴	۷/۳۸	۲۴۵/۶۵	۴۱/۰۸	۱۰۹/۵۵	۳۳۵/۹۲	۱/۵	۵۸/۸۵	۲۸/۳۱
۶۰-۹۰	۳۱/۱	۷/۳۶	۲۲۷/۹۱	۳۷/۶۱	۸۵/۵۳	۲۹۳/۶۹	۱/۵	۵۵/۸۶	۲۹/۰۵

نمونه‌ها پس از توزین وزن تر جهت محاسبه وزن خشک در آون با دمای ۵±۷۰ درجه سانتیگراد به مدت ۴۸ ساعت نگهداری شد. محتوای رطوبت بافت نیز از طریق رابطه ۱ به دست آمد.

$$TWC = \frac{(Fw - Dw)}{FW} \times 100 \quad (1)$$

در این رابطه TWC محتوای رطوبت بافت، FW وزن تر و DW وزن خشک است.

در این آزمایش همچنین Na^+، K^+ و Cl^- نمونه‌ها اندازه گیری شد. بدین منظور نمونه‌های خشک شده در آسیاب خرد گردید، Na^+ و K^+ بوسیله دستگاه فلیم فتومتر[1] و مقدار Cl^- از طریق تیترکردن[2] اندازه‌گیری شد. محتوی خاکستر نیز با قراردادن نمونه‌ها در کوره الکتریکی به مدت ۸ ساعت در دمای ۵۵۰ درجه سانتی-گراد اندازه‌گیری شد. لازم به ذکر است محتوای خاکستر و غلظت Cl^-، Na^+ و K^+ برای گونه *A. lentiformis* در برگ، و در مورد دیگر گونه‌ها در ساقه‌های آبدار[3] شاخساره گیاه اندازه‌گیری شد. پس از آزمون یکنواختی، داده‌ها مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD انجام شد.

■ نتایج و بحث

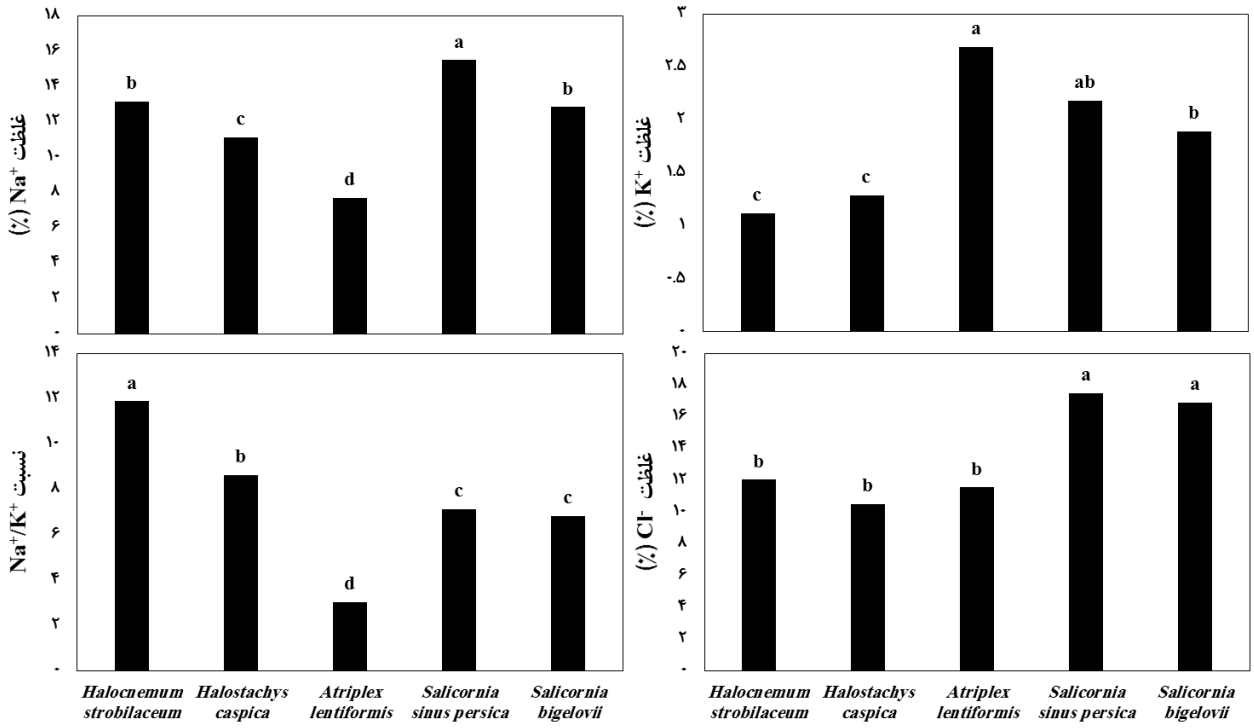
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین گونه‌های شورزی مورد مطالعه از نظر غلظت یون‌های Na^+، K^+، Cl^-، Na^+/K^+، وزن تر، وزن خشک، محتوای رطوبت و خاکستر شاخساره در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار وجود داشت (جدول ۳). تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین غلظت یون‌ها در گونه‌های شورزی مورد بررسی بود (شکل ۱). بیشترین و کمترین غلظت Na^+ به‌ترتیب در شاخساره گونه‌های *S. sinus persica* و برگ *A. lentiformis* به دست آمد، بطوری‌که گونه *S. sinus persica* به‌مقدار ۱۰۱/۳٪ دارای Na^+ بیشتری در شاخساره نسبت به برگ گونه *A. lentiformis* بود (شکل ۱). پس از گونه *A. lentiformis*، گونه *H. caspica* دارای کمترین غلظت Na^+ شاخساره بود. درحالی‌که گونهٔ *A. lentiformis* دارای کمترین غلظت Na^+ برگ بود، از دیگر سو بیشترین غلظت K^+ برگ را داشت (شکل ۱)، که دارای ۵۸/۴٪ K^+ بیشتری نسبت به گونه *H. strobilaceum* با کمترین غلظت K^+ شاخساره بود. گونه *S. sinus persica* پس گونه از *A. lentiformis*، دارای K^+ شاخساره بیشتری در مقایسه با دیگر گونه‌ها بود. بین شاخساره گونه *S. sinus persica* و برگ گونه *A. lentiformis* از نظر غلظت K^+ تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. قابلیت جذب زیاد K^+ در غلظت‌های زیاد نمک، یک مزیت برای گیاه محسوب می‌گردد، چراکه کاهش K^+، به دلیل کاهش ظرفیت گیاه برای تعادل اسمزی و حفظ فشار آماس با تأثیر منفی بر عملکرد متابولیت‌ها، موجب کاهش رشد می‌شود (۵ و ۲۹).

گونه *H. strobilaceum* دارای بیشترین Na^+/K^+ شاخساره بود (شکل ۱)، که به طور قابل توجهی نسبت به دیگر گونه‌ها بیشتر بود. نسبت Na^+/K^+ شاخساره در گونه H. strobilaceum به‌ترتیب ۳۷/۵٪، ۲۸۹/۵٪، ۶۶/۶٪ و ۷۳/۹٪ بیشتر از گونه‌های H. caspica، S. persica، S. bigelovii و برگ گونه A. lentiformis بود. در بسیاری از بررسی‌ها مشخص شده‌است که شوری با ایجاد تنش موجب تأثیر بر تجمع K^+ در گیاهان می‌شود.

جدول ۲. برخی ویژگی‌های شیمیایی آب خلیج فارس استفاده شده در آزمایش

EC ($dS\ m^{-1}$)	pH	میلی اکی والان در لیتر					SAR
		HCO_3^-	CL^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	
۶۰/۲	۸/۹۱	۱/۸۰	۶۱۷/۴۵	۲۴/۳۹	۱۲۷/۱۷	۵۲۶/۳۳	۶۰/۴۶

[1]Flame Photometere
[2]Titration
[3]Succulent stems



شکل ۱. غلظت یون‌های Na^+، K^+ و Cl^- و Na^+/K^+ در گونه‌های مختلف شورزی (ستون‌های با حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری ندارند).

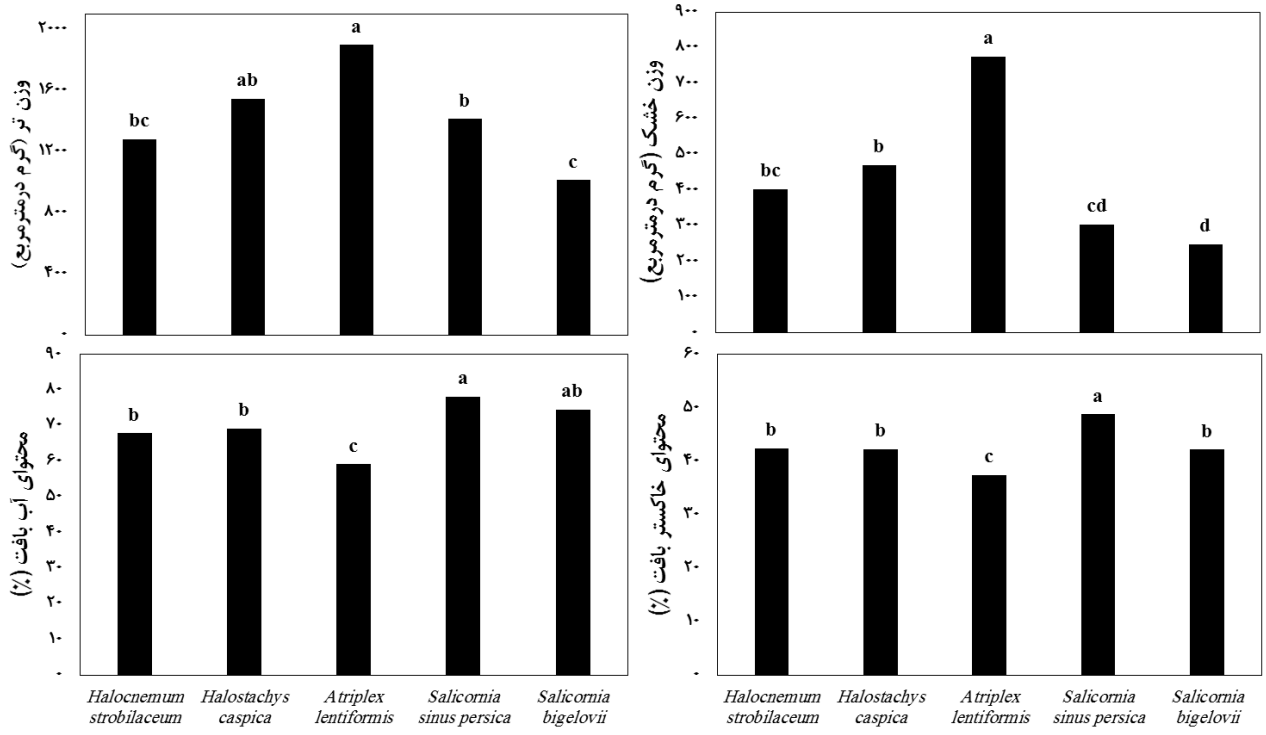
این فرایند بیشتر به‌دلیل تشابه بین شعاع یون هیدراته Na^+ و K^+ (۲۹)، رقابت K^+ و Na^+ برای ورود به گیاه یا از بین رفتن ویژگی تراوایی غشاء پلاسمایی است (۲۶). آنچه مسلم است حفظ نسبت زیاد K^+ به Na^+ در سیتوسل می‌تواند به بهبود رشد گیاه در شرایط تنش‌های شدید شوری منجر گردد، ویژگی که می‌تواند به عنوان معیار مناسبی برای گزینش گونه‌های متحمل به شوری بکار برده شود (۵).

دو گونه *Salicornia* بدون تفاوت معنی‌دار با یکدیگر، دارای بیشترین غلظت Cl^- شاخساره نسبت به دیگر گونه‌ها بودند (شکل ۱). سه گونه دیگر نیز بدون تفاوت معنی‌دار با یکدیگر، غلظت Cl^- شاخساره کمتری نسبت به گونه‌های *Salicornia* داشتند. آنچه مسلم است تجمع نمک در گیاه از طریق یون‌های مختلف، یکی از روش‌هایی است که به‌وسیله آن گیاهان شورزی از طریق سازوکار تنظیم اسمزی با تنش خشکی فیزیولوژیک که توسط محیط رشد بسیار شور ایجاد شده است، مقابله می‌کند (۹). البته نوع یون جذب شده و مقدار جذب آن بسته به گونه گیاهی می‌تواند متفاوت باشد (۴). معمولا تجمع یون‌های Cl^- و Na^+ با توجه به ترکیب غالب این یون‌ها در آب‌های بسیار شور و آب دریا در سلول‌های برگ گیاهان شورزی بیشتر است (۲۳). تقریبا همه سازوکارهای تحمل به شوری گیاهان بر پایهٔ محدودسازی غلظت سدیم و کلر تجمع یافته در سیتوسول است، چرا که آنزیم‌های سیتوسولی هم در گیاهان شورزی و هم گیاهان غیرشورزی به این یون‌ها حساس هستند (۲۸). در این ارتباط، یافته‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهد که گونه‌های سالیکورنیا، به‌احتمال دارای سازوکار ممانعت از ورود نمک به داخل گیاه نباشند. بنابراین با توجه به تجمع زیاد این عناصر در شاخساره گیاه، می‌تواند جزء شورزی‌های دارای سازوکار تجمع نمک در بافت گیاه با هدف تنظیم اسمزی برای تحمل و بقا در شرایط بسیار شور باشند. به‌همین خاطر در این گونه‌ها به علت تجمع مقادیر زیادی Na^+ و Cl^- در بافت خود، دارای محتوای خاکستر زیاد در شاخساره خود هستند (۲۷). این استدلال همچنین در محتوای زیادتر آب در شاخساره گونه‌های سالیکورنیا منعکس شده است، چنانچه این گونه‌ها با جذب آب بیشتر، سازوکار کارآمد تنظیم اسمزی را در سلول‌های برگ به دلیل تجمع زیاد نمک

دنبال می‌کند. در بررسی‌ای گزارش شده است که بین قطر ساقه‌های سالیکورنیا و مقدار شوری آب و خاک رابطه مستقیمی وجود دارد. به‌عبارت دیگر هر چقدر شوری خاک بیشتر باشد، گیاه به منظور کاربرد سازوکار تنظیم اسمزی نیاز به جذب آب بیشتری دارد، لذا قطر ساقه افزایش پیدا می‌کند (۲۴).

گونه *A. lentiformis* دارای بیشترین وزن زیست توده تر و خشک شامل برگ+ساقه‌های خشبی بود (شکل ۲)، که تولیدی معادل ۱۸۹۸ گرم در متر مربع وزن تر و ۷۷۵ گرم در متر مربع وزن خشک داشت. کمترین وزن زیست توده تر و خشک نیز با تولیدی به ترتیب برابر با ۱۰۱۳ و ۲۴۹ گرم در متر مربع در گونه *S. bigelovii* مشاهده شد. پس از گونه *A. lentiformis*، گونه *H. caspica* دارای وزن تر و خشک بالایی بود (شکل ۲).

هر دو گونه *Salicornia* بدون تفاوت معنی‌دار با یکدیگر، دارای محتوای رطوبت شاخساره زیادتری نسبت به دیگر گونه‌ها بودند (شکل ۲). کمترین محتوای رطوبت بافت نیز در گونه *A. lentiformis* به دست آمد. به نظر می‌رسد برای مقایسه بین گونه‌ها و محتوای یون‌های آن‌ها، وزن خشک، شاخص به مراتب بهتری نسبت به وزن تر باشد، چرا که وزن خشک در زیر تأثیر محتوای رطوبت قرار ندارد، و همچنین همبستگی بیشتری با صفت‌های غلظت و جذب یون‌ها دارد (۲۱). در پژوهش حاضر مشخص شد که وزن تر با غلظت Na^+ همبستگی منفی و معنی‌دار و با صفت‌های وزن خشک، جذب Na^+، جذب K^+ و جذب Cl^- همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (جدول ۴). بیشترین همبستگی مربوط به جذب Na^+ (**۰/۸۶۱+) بود. در حالی‌که، وزن خشک با صفات غلظت Na^+، Na^+/K^+ و غلظت Cl^- به طور منفی و معنی‌دار و با صفات وزن تر، محتوای رطوبت، محتوای خاکستر، جذب Na^+، جذب K^+ و جذب Cl^- همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. بیشترین همبستگی مربوط به جذب K^+ (**۰/۸۸۹+) بود. همچنین، صفات جذب K^+، غلظت K^+، جذب Cl^-، غلظت Cl^- و غلظت Na^+ به عنوان مهم‌ترین صفات موثر بر وزن خشک شناسایی شدند (جدول ۵).



شکل ۲. مقایسه زیست توده تر و خشک و محتوی رطوبت و خاکستر گونه‌های مختلف شورزی. ستون‌های با حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۳. میانگین مربعات صفات اندازه گیری شده گونه‌های مختلف شورزی

منابع تغییرات	درجه آزادی	غلظت Na^+	غلظت K^+	Na^+/K^+	غلظت Cl^-	وزن تر	وزن خشک	محتوای رطوبت	محتوای خاکستر	جذب Na^+	جذب K^+	جذب Cl^-
بلوک	۲	۳/۵۷*	۰/۱۱^{ns}	۳/۹۵*	۲/۰۹^{ns}	۲۱۱۹۵/۰۰^{ns}	۴۰۲۴/۸۲^{ns}	۱/۸۶^{ns}	۸/۶۱*	۲۶۱/۸۰**	۱/۴۸^{ns}	۲۰/۰۸^{ns}
گونه	۴	۲۴/۱۵**	۱/۲۴**	۱۴/۲۵**	۳۱/۲۸**	۳۲۲۰۰۱/۶۷**	۱۲۶۷۳۲/۱۷**	۱۵۶/۷۱**	۴۸/۹۱**	۳۳۱/۱۵**	۷/۵۸**	۲۱۱/۶۷**
خطا	۸	۰/۵۶	۰/۰۸	۰/۷۶	۰/۹۹	۷۰۵۱۷/۲۲	۶۶۲۵/۰۹	۱۲/۷۵	۱/۹۶	۳۶/۲۴	۰/۷۸	۳۳/۳۴
ضریب تغییرات		۶/۲۲	۱۵/۸	۱۱/۶۲	۷/۳۰	۱۸/۵۷	۱۸/۴۸	۵/۱۱	۳/۲۸	۱۲/۳۲	۸/۵۵	۱۰/۲۱

ns، غیرمعنی دار؛ * و ** معنی‌دار به ترتیب در سطوح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۴. همبستگی بین صفت‌های اندازه گیری شده

	غلظت Na^+	غلظت K^+	Na^+/K^+	غلظت Cl^-	وزن تر	وزن خشک	محتوای رطوبت	محتوای خاکستر	جذب Na^+	جذب K^+	جذب Cl^-
غلظت Na^+	۱/۰۰۰										
غلظت K^+	-۰/۳۷۶	۱/۰۰۰									
Na^+/K^+	۰/۵۷۵*	-۰/۹۱۰**	۱/۰۰۰								
غلظت Cl^-	۰/۶۹۲**	۰/۲۱۰	-۰/۰۷۴	۱/۰۰۰							
وزن تر	۰/۵۱۹*	۰/۳۴۳	-۰/۴۰۶	-۰/۴۳۸	۱/۰۰۰						
وزن خشک	-۰/۸۵۳**	۰/۴۴۹	-۰/۵۳۴*	-۰/۶۷۹**	۰/۸۱۷**	۱/۰۰۰					
محتوای رطوبت	۰/۸۶۰**	-۰/۲۷۷	۰/۳۵۶	۰/۷۳۶**	-۰/۳۲۱	-۰/۷۹۸**	۱/۰۰۰				
محتوای خاکستر	۰/۹۱۷**	-۰/۲۴۴	۰/۳۸۵	۰/۶۷۲**	-۰/۳۵۳	-۰/۷۳۲**	۰/۸۲۰**	۱/۰۰۰			
جذب Na^+	-۰/۲۷۶	۰/۰۴۲	۰/۰۲۹	-۰/۵۰۲	۰/۸۶۱**	۰/۶۹۸**	-۰/۳۳۰	-۰/۱۹۴	۱/۰۰۰		
جذب K^+	-۰/۷۷۵**	۰/۷۹۳**	-۰/۷۸۳**	-۰/۳۷۳	۰/۶۶۷**	۰/۸۸۹**	-۰/۷۲۰**	-۰/۶۵۶**	۰/۴۵۱	۱/۰۰۰	
جذب Cl^-	-۰/۶۳۲*	۰/۶۱۵*	-۰/۶۴۴*	-۰/۲۸۷	۰/۸۳۷**	۰/۸۸۳**	-۰/۵۶۴*	-۰/۴۹۶	۰/۷۱۲**	۰/۸۷۲**	۱/۰۰۰

* و ** معنی دار به ترتیب در سطوح احتمال پنج و یک درصد

گونه *S. sinus persica* دارای بیشترین محتوای خاکستر شاخساره برابر با ۴۸/۸٪ و گونه *A. lentiformis* دارای کمترین محتوای خاکستر برگ برابر با ۳۷/۵٪ بود (شکل ۲). محتوای خاکستر شاخساره گونه *S. persica* به مقدار ۳۰/۳٪ بیشتر از برگ گونه *A. lentiformis* بود. در یک آزمایش مشاهده شد که مقدار خاکستر شاخساره از ۸ تا ۵۶٪ بسته به نوع گونه آبیاری‌شده با آب دریا، متفاوت بود (۴). افزایش مقدار خاکستر در یونجه، یونجه گل زرد (*Melilotus officinalis* L.) (۱۰)، کوشیا (*Bassia scoparia* L.) (۱۸) و کوشیا (*Bassia indica* Wight.) و سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) (۲۲) در اثر شوری گزارش شده است که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد. محتوای خاکستر ویژگی مهمی برای بررسی قابلیت کاربرد یک گیاه به عنوان علوفه است. اگرچه در شرایط غیرشور که بخش عمدهٔ خاکستر مربوط به مواد معدنی است، خاکستر زیاد می‌تواند معادل کیفیت بهتر علوفه شود، اما در شرایط شور و گیاهان شورزی این موضوع نه تنها صدق نکرده، بلکه برعکس نیز می‌باشد. در مورد استفاده گیاهان شورزی به عنوان علوفه باید دقت بیشتری کرد، چرا که در تنش شوری، بیش از ۵۰٪ از مواد معدنی جذب شده، یون‌های Na^+ و Cl^- می‌باشند که عوامل ضدتغذیه‌ای به حساب می‌آیند (۱۵ و ۲۲). نتایج پژوهش حاضر نیز نشان داد بین محتوای خاکستر با غلظت Na^+ (+۰/۹۱۷**) و Cl^- (+۰/۶۷۲**) همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (جدول ۴).

یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده استفاده از گیاهان شورزی به‌عنوان علوفه، محتوای زیاد خاکستر آن‌ها در مقایسه با گیاهان زراعی می‌باشد (۲۴). با توجه به محتوی زیاد نمک و خاکستر به نظر می‌رسد به‌توان تنها بخشی از علوفه مصرفی دام را با علوفه گیاهان شورزی مانند سالیکورنیا جایگزین کرد، چراکه بدن حیوانات ظرفیت بسیار کمی برای ذخیرهٔ الکترولیت‌های اضافی یا دفع آن‌ها از طریق ادرار یا مدفوع دارد (۲۴). فلور میکروبی سیستم گوارش نشخوارکنندگان نیز به دلیل زیاد بودن مقدار نمک با مشکل مواجه می‌شود و در نتیجه قابلیت هضم علوفه‌های تولیدی در شرایط شور کاهش می‌یابد (۱۷). همچنین بیان شده است که گیاهان شورزی مانند *Disticblis palmeri*، *Suaeda*، *Salicornia*، و *Atriplex* را می‌توان برای پرواربندی دام بین ۳۰ تا ۵۰ درصد از مجموع جیره غذایی مورد استفاده قرار داد (۲۸).

جدول ۵. نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام تعیین موثرترین صفت‌ها بر وزن خشک

گام	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	هفتم
ثابت	۲۲۳/۷	۴۸۴/۹	۳۷۰/۹	۴۳۶/۲	۴۳۸/۰	۴۷۷/۶	۳۷۹/۰
جذب K^+	**۲۵/۱	**۴۰/۶	**۳۳/۴	۹/۲	**۷/۸	*۶/۴	**۷/۳
غلظت K^+		**-۲۱۵/۰	**-۱۹۹/۰	-۱۱/۰			
جذب Cl^-			*۲/۶۱	**۴/۵	**۵/۵	**۵/۶	**۵/۵
غلظت Cl^-				**-۲۶/۱	**-۲۷/۴	**-۲۵/۳	**-۲۷۰۰
غلظت Na^+						-۵/۱	*-۷/۱
محتوای رطوبت							۲/۱
S	۹۵/۷	۳۹/۱	۳۱/۲	۱۷/۴	۱۶/۶	۱۵/۶	۱۴/۲
R^2	۷۹/۰۵	۹۶/۷۷	۹۸/۱۲	۹۹/۴۷	۹۹/۴۷	۹۹/۵۷	۹۹/۶۸
$R^2(adj)$	۷۷/۴۴	۹۶/۲۳	۹۷/۶۰	۹۹/۲۶	۹۹/۳۲	۹۹/۴۰	۹۹/۵۰

* و ** معنی دار به ترتیب در سطوح احتمال پنج و یک درصد

■ نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که به طورکلی گونه‌های *Salicornia* دارای غلظت زیادتری از یون‌های Na^+ و Cl^- در شاخساره خود بودند. بنابراین، این گونه‌ها احتمالاً دارای سازوکار ممانعت از ورود نمک به داخل گیاه نباشند و می‌تواند جزء شورزی‌های دارای سازوکار تجمع نمک در بافت گیاه با هدف تنظیم اسمزی برای تحمل و بقا در شرایط بسیار شور باشند. این درحالی بود که گونه *A. lentiformis* علاوه بر اینکه دارای محتوی کمتر خاکستر و غلظت کمتری از عناصر مضری مانند Na^+ و Cl^- بود، زیست‌توده تولیدی بیشتری در مقایسه با دیگر گونه‌های آزمایش‌شده، تولید کردند.

دو گونهٔ دیگر مورد بررسی نیز دارای روند حدواسطی بین دو گونهٔ سالیکورنیا و *A. lentiformis* نشان دادند.

در شرایط غیرشور خاکستر زیاد به‌عنوان محتوای مواد معدنی و معادل کیفیت بهتر علوفه در نظر گرفته می شود، اما در شرایط شور بیش از نیمی از مواد معدنی یون‌های سدیم و کلسیم است. بنابراین، با توجه به مقدار تولید و محتوای خاکستر *A. lentiformis* گونه مناسبی برای تامین علوفه دام در مناطق با محدودیت آب شیرین است. همچنین، با توجه به محتوی زیاد نمک و خاکستر، به نظر می‌رسد گونه‌های *Salicornia* نیز به‌تواند بخشی از جیرهٔ غذایی دام را تأمین کند.

■ References

1. Banakar, M.H., Ranjbar, G.H., & Soltani, V. (2014). Comparison of the emergence rate, establishment ability and yield of some halophyte species under saline conditions. *Environmental Stresses in Crop Sciences, 6*(2), 137-146 (in Farsi).
2. Boyko, H. (1966). Basic ecological principles of plant growing by irrigation with highly saline or seawater. pp 131-200, In Boyko, H. (Ed.), Salinity and Aridity. Hauge: Junk Publishers.
3. Chapman, V.J. (1975). Terrestrial halophytes as potential food plants. pp 75-90, In Somers, G.F. (Ed.), Seed-Bearing Halophytes as Food Plants. Newark, Delaware: University of Delaware Press.
4. Daoud, S., Harrouni, M.C., & Bengueddour, R. (2001). Biomass production and ion composition of some halophytes irrigated with different seawater dilutions. In The 1st International Conference on Saltwater Intrusion and Coastal Aquifers- Monitoring, Modeling, and Management. April 23–25: Essaouira, Morocco.
5. Gabriel, J.L., Almendros, P., Hontoria, C., & Quemada, M. (2012). The role of cover crops in irrigated systems: soil salinity and salt leaching. *Agriculture, Ecosystems and Environment, 158*, 200-207.
6. Glenn, E.P., Brown, J., & O'Leary J.W. (1998). Irrigating crops with seawater. *Scientific American, 279*, 56-61.
7. Glenn, E.P., & O'Leary, J.W. (1984). Relationship between salt accumulation and water content of dicotyledonous halophytes. *Plant, Cell and Environment*, *7*, 253-261.
8. Goodin, J.R., & Mckell, C.M. (1979). Wild land Shrubs-Their Biology and Utilization. International Shrubs Symposium. *Atriplex* spp. As a potential forage crop in marginal agricultural areas. Utah: Queensland Press.
9. Gorham, J. (1996). Mechanisms of salt tolerance of halophytes. pp 31-53, In Choukr-Allah, R., Malcom, C.V. & Hamdy, A. (Eds.), Halophytes and Biosaline Agriculture. New York: Marcel Dekker, Inc.

10. Guerrero-Rodriguez, J.D. (2006). Growth and Nutritive Value of Lucerne (*Medicago sativa* L.) and Melilotuse (*Melilotuse albus* Medik.) under Saline Conditions. Ph.D. Thesis, The University of Adelaide: Australia.

11. Hodges, C.N., Thompson, T.L., Riley, J.J., & Glenn, E.P. (1993). Reversing the flow: water and nutrients from the sea to the land. *Ambio, 22*, 483-490.

12. Jami Al-Ahmadi, M., Kafi, M., & Nassiri Mahallati, M., (2004). Salinity effects on germination properties of *Kochia scoparia*. *Field Crops Research*, 2(2), 151-158 (in Farsi).

13. Keshtkar, S. (2016). Evaluation the Adaptation of Annual Halophytes using Saline Water of Persian Gulf. Final Report. Agricultural Research, Education and Extension Organization. National Salinity Research Center. Project No: 2-40-23-91002 (in Farsi).

14. Koocheki, A. (1996). The use of halophytes for forage production and combating desertification in Iran. Pp 263-274, In Choukr-Allah, R., Malcom, C.V. & Hamdy, A. (Eds.), Halophytes and Biosaline Agriculture. New York: Marcel Dekker, Inc.

15. Le Houerou, H.N. (1992). The role of saltbushes (*Atriplex* spp.) in arid land rehabilitation in the Mediterranean Basin: a review. *Agroforestry Systems, 18*, 107-148.

16. Le Houerou, H.N. (1996). Forage halophytes in the Mediterranean basin. pp 115-136, In Choukr-Allah, R., Malcom, C.V. & Hamdy, A. (Eds.), Halophytes and Biosaline Agriculture. New York: Marcel Dekker, Inc.

17. Masters, D.G., Benes, S.E., & Norman, H.C. (2007). Biosaline agriculture for forage and livestock production. *Agriculture, Ecosystems and Environment, 19*, 234-248.

18. Nabati, J., Kafi, M., Nezami, A., Rezvani Moghadam, P., Masoumi, A., & Zareh Mehrjardi, M. (2015). Evaluation of quantitative and qualitative characteristic of forage kochia (*Kochia scoparia*) in different salinity levels and tme. *Field Crops Research, 12*(4), 613-620 (in Farsi).

19. O'Leary, J.W., Glenn, E.P., & Watson, M.C. (1985). Agricultural production of halophytes irrigated with seawater. *Plant and Soil, 89*, 311-321.

20. Pasternak, D., Danon, J A., Aronson, A., & Benjamin, R.W. (1985). Developing the seawater agriculture concept. *Plant and Soil, 89*, 337-348.

21. Pirasteh-Anosheh, H. (2017). Evaluation the Forage Yield of Different Ratios of Sorghum-Kochia Intercropping in Saline Conditions. Final Report. Agricultural Research, Education and Extension Organization. Yazd: Publication of National Salinity Research Center (in Farsi).

22. Pirasteh-Anosheh, H., Ranjbar, G.H., Pakniyat, H., & Emam, Y. (2016). Physiological mechanisms of salt stress tolerance in plants; an overview. pp 141-160, In Azooz, M.M., & Ahmad, P. (Eds.). Plant-Environment Interaction: Responses and Approaches to Mitigate Stress. Wiley: London.

23. Ranjbar, G.H., & Anagholi, A. (2018). Salt Stress Concepts and Plant Response. Tehran: Agricultural Education and Extension Press (in Farsi).

24. Ranjbar, G.H., Dehghani, F., Pirasteh-Anosheh, H., & Pourmoghadam M. (2017). Salicornia, a tolerant plant to seawater. Tehran: Publication of Agricultural Research Education and Extension (in Farsi).

25. Ranjbar, G.H., & Keshtkar, S. (2017). Agriculture with seawater. The 1st National Haloculture Conference. 22-23 November, Yazd, Iran (in Farsi).

26. Silveira J.A.G., Melo, A.R.B., Viegas, R.A., & Oliveira, J.T.A. (2001). Salinity-induced effects on nitrogen assimilation related to growth in cowpea plants. *Environmental and Experimental Botany, 46*(2), 171-179.

27. Ventura, Y., Eshel, A., Pasternak, D., & Sagi, M. (2014). The development of halophyte-based agriculture: past and present. *Annals of Botany*, *115*(3), 529-540.

28. Wang, S.M., Zhang, J. L., & Flowers, T.J. (2007). Low-affinity Na^+ uptake in the halophyte *Suaeda maritima*. *Plant Physiology*, *145*(2), 559-571.

29. Zhang, H., Irving, L.J., McGill, C., Matthew, C., Zhou, D., & Kemp, P. (2010). The effects of salinity and osmotic stress on barley germination rate: sodium as an osmotic regulator. *Annals of Botany*, *106*(6), 1027-1035.

30. Zkffan, H. F. (2000). Halophyte resources in the world that allow seawater irrigation. Chinese Bulletin of Botany, 3.

No. 14, Autumn & Winter, 2020, pp 63-74

Desert Management
www.isadmc.ir

Iranian Scientific Association of Desert Management and Control

Comparison of the Accumulation of Elements, Ash Content and Biomass of Some Halophytes Species under Irrigating with Sea Water

G.H. Ranjbar[1], H. Pirasteh-Anosheh[1]

1. Assistant Professor of National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran.
* Corresponding Author: h.pirasteh@areeo.ac.ir

Received date: 10/02/2019 **Accepted date: 24/05/2019**

Abstract

To comparison biomass production, accumulation of some elements and ash content of shoots in five halophytes species including *Salicornia bigelovii* Torr., *S. sinus persica*, *Atriplex lentiformis* Torr., *Halocnemum strobilaceum* Bieb., and *Halostachys caspica* Botsch irrigated with seawater, a research was conducted at Salinity Research Station in Bushehr province. The results showed that there was a significant difference between the halophytes species in terms of concentration of Na^+, K^+, Cl^-, Na^+/K^+ ratio, fresh weight, dry weight, shoot water content and ash. The highest and lowest Na^+ concentrations were obtained in *S. sinus* persica and *A. lentiformis* species, respectively, whereas the rate of shoot Na^+ in S. sinus persica was more than *A. lentiformis* by 101.3%. The highest concentration of K^+, Cl^- and Na^+/K^+ were obtained in leaves of *A. lentiformis* and shoots of two species of *Salicornia* and *H. strobilaceum* species, respectively. *A. lentiformis* with the production of 18.98 and 7.75 ton ha^{-1}, had the highest fresh and dry biomass, respectively. The lowest fresh and dry biomass were also found in *S. bigelovii* by 10.13 and 2.49 ton ha^{-1}, respectively. The highest and lowest ash content were related to shoots of *S. sinus persica* equal to 48.8% and leaves of *Atriplex lentiformis* equal to 37.5%, respectively. According to the results, *Salicornia* species has no mechanism of preventing salt entrance in the plant due to high concentration of Na^+ and Cl^- ions in their shoots. These species follow the mechanism of salt accumulation in plant tissues with the aim of osmotic regulation for survival in high saline conditions. *Atriplex lentiformis* also produced the highest amount of biomass, which could attributed to the low shoot water content of this species due to the presence of hard stems in the plant in comparison to the succulent stems and higher shoots water content in the other species. According to the production amount and ash content, it seems that *A. lentiformis* is a suitable species for forage producing in the regions with limited freshwater. Furthermore, *Salicornia* species could be also considered as part of a livestock diet in this regions.

Keywords: Atriplex; Halocnemum; Halophyte; Halostachys; Salicornia