فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران
جلد ۲۱، شماره ۴، صفحه ۶۷۵-۶۶۳ (۱۳۹۳)

قابلیت ٤ گونه از هالوفیت‌های دریاچه ارومیه در پالایش نمک خاک‌های شور

آرزو علیزاده[۱]، جواد معتمدی[۲*] و رضا عرفانزاده[۳]

۱- کارشنارس ارشد مرتعداری، دانشکده علوم دریایی و منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران
۲*- نویسنده مسئول، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ایران، پست الکترونیک: motamedi.torkan@gmail.com
۳- استادیار، دانشکده علوم دریایی و منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران
تاریخ دریافت: ۹۱/۳/۷ تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۱/۱۰

چکیده

در این تحقیق، قابلیت جذب نمک ۴ گونه *Salsola dendroides*، *Sa.nitraria*، *Sa.iberica* و *Halocnemum strobilaceum* در رویشگاه‌های شور اطراف دریاچه ارومیه مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور نمونه‌های خاک از دو عمق ۰-۱۵ و ۱۵-۳۰ سانتی‌متر در داخل لکه‌های اکولوژیک گیاهی و همچنین خاک لخت اطراف این لکه‌ها برداشت شد. مقایسه میانگین مقادیر کاتیون‌های محلول نشان‌دهنده اثر معنی‌دار هالوفیت‌ها در کاهش مقادیر سدیم ($P<0/01$)، کلسیم و منیزیم ($P<0/05$) در عمق اول پروفیل خاک بود. اما در عمق دوم که کمتر تحت تأثیر ریشه‌دوانی گیاهان بود اختلاف معنی‌داری از نظر مقادیر این کاتیون‌ها در خاک داخل لکه‌ها و اطراف لکه‌های گیاهی مشاهده نشد. همچنین میزان جذب عناصر Mg^{2+}، Cl^{-}، Ca^{2+}، Na^{+} و K^{+} توسط بیوماس زمینی و هوایی این گونه‌ها بررسی شد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین این عناصر نشان داد که گونه‌های *Sa. nitraria* و *Ha. strobilaceum* بیشترین میزان منیزیم و کلر را در هر گرم از وزن خشک بیوماس هوایی خود انباشته کرده بودند. همچنین از نظر جذب سدیم، اختلاف معنی‌داری بین گونه‌های مورد بررسی مشاهده نشد. البته با مقایسه میزان این عناصر در بافت ریشه دو گونه‌ای که بیشترین انباشت عناصر شور کننده را در بیوماس هوایی خود داشتند، گونه‌ای که میزان کمتری از این عناصر را در بافت ریشه خود نگهداشته بود، به‌عنوان گونه با بالاترین قابلیت نمک‌زدایی از خاک معرفی شد. از این رو گونه *Ha. strobilaceum* بیشترین قابلیت جذب نمک از طریق ریشه و پالایش نمک از خاک در مقایسه با سایر گونه‌های مورد بررسی را دارد و کشت آن برای اصلاح خاک و تولید علوفه در اراضی شور توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: دریاچه ارومیه، هالوفیت، خاک شور، گیاه پالایی، عناصر محلول.

مقدمه

شوری خاک یکی از مسائل اساسی در استفاده از اراضی برای تأمین غذای جمعیت رو به رشد جهان است. همچنین بدلیل رشد روزافزون جمعیت، امکان مهاجرت و عدم استفاده از اراضی شور روز به روز محدودتر می‌شود. نیاز روزافزون به استفاده از اراضی شور، استخراج نمک، اصلاح خاک‌های شور و جلوگیری از شورشدن بیشتر این اراضی اهمیت مدیریت اکولوژیک این خاک‌ها را بیش از گذشته روشن می‌سازد، همچنین استفاده از این اراضی به‌عنوان چراگاه در نواحی خشک و نیمه‌خشک بدلیل محدودیت منابع آب به‌عنوان یک اصل کلی و عمومی پذیرفته شده است (Kuzmina & Treshkin, 2011). نمک‌های محلول بدلیل سمیت ویژه یون‌ها و ایجاد اثر اسمزی مقدار زیاد نمک در اطراف ریشه، سلامت و رشد گیاهان را تحت تأثیر

قرار می‌دهند (جعفری و پناهی، ۱۳۹۰). هالوفیت‌ها گیاهان شاخصی هستند که زنده‌مانی و رشد خود را در شرایطی حفظ می‌کنند که شوری و املاح خاک برای ۹۹ درصد گیاهان غیرقابل تحمل است (Flowers & Clower, 2008). جذب و انباشت یون‌ها در واکوئل سلول یکی از اساسی‌ترین سازوکارهای مقاومتی گیاهان شورپسند در تعدیل اثر اسمزی نمک‌های محلول خاک می‌باشد (Radyukina *et al.*, 2007).

شیره سلول در گیاهان هالوفیت از محلول نمک‌های مختلف اشباع است و در بعضی موارد تا ۴۵ درصد وزن خشک مطلق برگ‌ها را نمک تشکیل می‌دهد، فراوانی نمک‌های محلول در آب و خاک شور موجب افزایش فشار اسمزی شیره سلول می‌شود، بدلیل همین افزایش فشار اسمزی گیاهان هالوفیت قادر به جذب آب بسیار ناچیز در دسترس بوده و بقای خود را در شرایط شوری زیاد خاک حفظ می‌کنند (جعفری و طویلی، ۱۳۸۹).

پالایش نمک جنبه جدیدی از گیاه‌پالایی است که برای احیاء اراضی شور مورد توجه قرار گرفته است، در این روش بر استخراج و انباشت نمک‌های محلول از طریق کشت هالوفیت‌ها تأکید می‌شود (Manousaki & Kalogerkis, 2011).

عموما خاک‌های شور از طریق لایه سفید نمکی روی سطح خاک قابل شناسایی هستند (Dikilitas & Karakas, 2011 و جعفری و طویلی، ۱۳۸۹). نوع و میزان نمک‌های موجود در خاک، مشخص‌کننده خصوصیات شیمیایی خاک‌های شور است. نمک‌های محلولی همانند یون‌های سدیم، کلسیم، منیزیم و کلر با مقادیر زیاد و نمکی همانند پتاسیم به‌عنوان میکروالمنت، مشخص‌کننده خصوصیات شیمیایی خاک‌های شور هستند. قابلیت گیاهان مختلف برای انباشت مقادیر مختلفی از نمک، بستگی مستقیم با توانایی انتقال نمک توسط ریشه و ظرفیت بیوماس هوایی آنها برای دخیره نمک دارد. این قابلیت در مناطق خشک و نیمه‌خشک که میزان بارندگی و سیستم‌های آبیاری وضعیت مناسبی ندارد و روش‌های مکانیکی و شیمیایی اصلاح خاک پرهزینه است، بسیار با اهمیت جلوه می‌کند. هالوفیت‌هایی همانند گونه‌های *Atriplex* spp.، *Suaeda* spp.، *Salsola* spp.، *Chenopodium* spp. و *Portulaca* spp. دارای توانایی جذب یون‌های نمکی از طریق ریشه و متابولیز و انباشت این یون‌ها در بیوماس هوایی خود هستند. از این رو این گیاهان می‌توانند برای اهداف پالایش سبز و نمک‌زدایی مورد استفاده قرار گیرند (Dikilitas & Karakas, 2011).

هالوفیت‌های دارای برگ‌های گوشتی و آبدار نمک‌ها را از طریق ریشه‌ها جذب و با انتقال و انباشت این نمک‌ها در قسمت‌های هوایی از مقادیر نمک خاک در ناحیه ریشه‌ها می‌کاهند (Boonsaner & Hawker, 2012).

در این راستا Ashraf و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که گیاه پالایی اقتصادی‌ترین راهکار بهبود وضعیت خاک‌های شور است که از این طریق یون‌های سمی به‌ویژه کلر و سدیم توسط گیاهان مقاوم به شوری از خاک برداشت می‌شود.

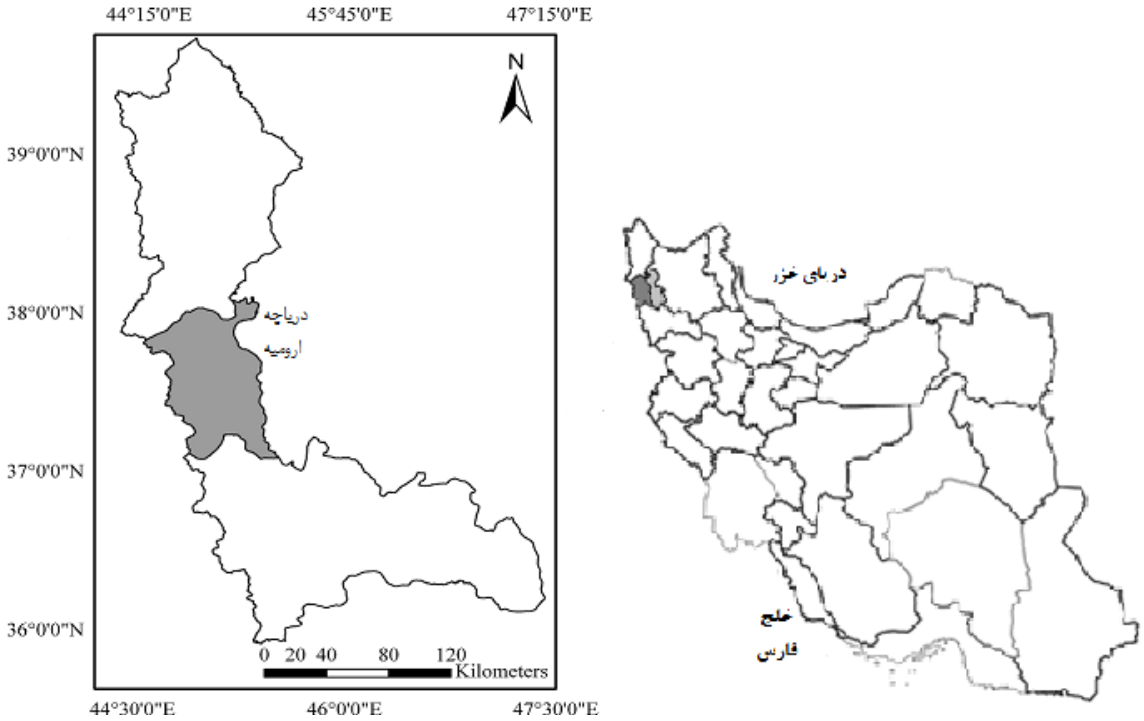
گونه *Suaeda fruticosa* در صورت کشت خالص و برداشت اندام‌های هوایی در منطقه‌ای به وسعت چهار هکتار قادر به استخراج ۱۰۸/۶ کیلوگرم نمک از خاک می‌باشد، همچنین گونه *Suaeda salsa* با تراکم کاشت ۱۵ گیاه در مترمربع و برداشت اندام‌های هوایی در پایان دوره رشد می‌تواند در هر هکتار ۳۰۹۰ تا ۳۸۶۰ کیلوگرم سدیم از خاک پالایش نماید (Manousaki & Kalogerakis, 2011).

با توجه به مطالب مطرح شده، رویکرد این مطالعه بر معرفی هالوفیت‌های دارای بیشترین قابلیت انتقال نمک از طریق ریشه و انباشت آن در بیوماس هوایی، برای اصلاح خاک‌های شور اطراف دریاچه ارومیه با روش نوین پالایش سبز می‌باشد. برداشت نمک از طریق اندام‌های زیرزمینی و انتقال آن به اندام‌های هوایی، شاخص اصلی در گیاه پالایی خاک‌های شور است، با این شرط که اندام‌های هوایی برای مصارف علوفه‌ای، سوختی یا دارویی برداشت شده و از بازگشت مجدد آن به خاک جلوگیری شود (Tiba, 2009 و Gharaibeh *et al.*, 2011).

مواد و روش‌ها

در این پژوهش چراگاه‌های شور تزخراب ارومیه که با موقعیت جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۵ دقیقه شمالی و ۴۵ درجه و ۱۶ دقیقه شرقی در ۱۵ کیلومتری ارومیه و در سمت جنوب‌غربی دریاچه واقع شده، به‌عنوان عرصه مطالعاتی و معرف رویشگاه‌های شور اقلیم رویشی آذربایجانی در استان آذربایجان غربی انتخاب شد (شکل ۱). متوسط بارندگی سالانه منطقه ۲۹۹ میلی‌متر و اقلیم آن بر مبنای طبقه‌بندی اقلیمی آمبرژه، نیمه‌خشک می‌باشد. اراضی منطقه، پست و شور و بافت خاک از لومی تا شنی لومی متغیر است. خاک لخت منطقه دارای EC حدود ۹ تا ۱۰/۵ میلی‌موس است که براساس طبقه‌بندی فائو (۱۹۸۸) در دسته خاک‌هایی با شوری زیاد قرار می‌گیرد که فقط برای گیاهان مقاوم به شوری قابل تحمل است (Yensen & Biel, 2006). شوری خاک در این رویشگاه به دلیل حمل نمک توسط باد از سطح دریاچه و سواحل آن به اراضی اطراف می‌باشد. همچنین نفوذ آب شور از دریاچه ارومیه به آب‌های زیرزمینی نیز به‌عنوان یک عامل ثانویه در شوری این منطقه مطرح است، زیرا در این شوره‌زارها ارتفاع زمین نسبتا افزایش پیدا کرده و میزان نفوذ آب‌نمک از دریاچه کمتر است (عصری، ۱۳۷۷). به‌منظور انجام پژوهش حاضر از ۴ گونه *Salsola dendroides*، *Salsola nitraria* و *Salsola iberica* و *Halocnemum strobilaceum* که از گونه‌های مهم و مورد چرای دام در چراگاه‌های شور منطقه می‌باشند و عناصر اصلی پوشش گیاهی اطراف دریاچه را تشکیل می‌دهند، به‌طور تصادفی در داخل لکه‌های اکولوژیک، نمونه‌برداری شد. در این خصوص از هر گونه، سه نمونه و برای هر نمونه حداقل ۵ پایه گیاهی قطع گردید. پس از جداسازی بیوماس زمینی و هوایی و خشک شدن نمونه‌ها، آنها را آسیاب و با اسید نیتریک هضم شدند و عصاره گیاهی برای اندازه‌گیری نمک‌های محلول تهیه شد که در این خصوص، کاتیون‌های اصلی شورکننده خاک یعنی Na^{+}، K^{+}، Ca^{+2}، Mg^{+2} و همچنین آنیون Cl^{-} اندازه‌گیری شد. بعلاوه اینکه برای بررسی قابلیت گیاه پالایی این هالوفیت‌ها در امتداد ۲ ترانسکت ۱۵۰ متری که به‌صورت تصادفی و موازی با هم مستقر شدند، نمونه‌های خاک در ۲ عمق ۱۵-۰ سانتی‌متری و ۳۰-۱۵ سانتی‌متری از داخل چهار لکه اکولوژیک برداشت شد. همچنین از نواحی واقع در بین لکه‌های گیاهی نیز که فاقد هرگونه پوشش گیاهی بودند با ۴ تکرار نمونه‌برداری از خاک انجام شد. برای آنالیز آزمایشگاهی، نمونه‌های خاک پس از انتقال به آزمایشگاه خشک‌شده و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شده و کاتیون‌های محلول سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم نیز اندازه‌گیری شدند.

تجزیه واریانس یک‌طرفه (One Way-ANOVA) در رابطه با داده‌های نتایج آزمایش‌های خاک و گیاه در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم‌افزار SPSS17.0 انجام شد. مقایسه میانگین مقادیر کاتیون‌های محلول در خاک داخل لکه‌های اکولوژیک و خاک لخت اطراف لکه‌ها با استفاده از آزمون T غیرجفتی، و مقادیر عناصر اندازه‌گیری‌شده در داخل بافت ریشه و بیوماس هوایی هالوفیت‌های مورد تحقیق با استفاده از آزمون چند دامنه دانکن انجام شد.



شکل ۱- تصویر موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در استان آذربایجان‌غربی و اطراف دریاچه ارومیه

نتایج

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار گونه‌های مورد بررسی در مقدار کاتیون محلول منیزیم با سطح اطمینان ۹۵ درصد و میزان کاتیون پتاسیم و آنیون کلر با سطح اطمینان ۹۹ درصد است. ضمن اینکه در میزان سدیم و کلسیم بین گونه‌های مورد بررسی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۱).

جدول ۱- تجزیه واریانس مقادیر عناصر محلول Mg^{2+}، Cl^-، Ca^{2+}، Na^+ و K^+ در بیوماس هوایی گونه‌ها

منابع تغییر	Mg^{2+}	Cl^-	Ca^{2+}	Na^+	K^+
مجموع مربعات	۲/۷۱۳۰	۱۱۷/۴۶۲	۰/۹۷	۱/۸۲۷	۱/۲۱۳
میانگین مربعات	۰/۹۰۴	۳۹/۱۵۴	۰/۰۳۲	۰/۶۰۹	۰/۴۰۴
درجه آزادی	۳	۳	۳	۳	۳
F	۴/۳۵۴*	۹۳/۷۸**	۲/۹۰۱ns	۰/۳۲۴ns	۴۴/۱۲۱**

* و **: معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns: غیر معنی‌دار

نتایج مقایسه میانگین مقادیر کاتیون منیزیم نشان‌دهنده بالاترین مقدار انباشت منیزیم در بیوماس هوایی، گونه *Halocnemum strobilaceum* و کمترین مقادیر منیزیم نیز در بیواس هوایی دو گونه *Salsola iberica* و *Salsola dendroides* بود (جدول ۲).

جدول ۲- مقایسه میانگین مقادیر Mg^{2+} (میلی‌گرم در گرم وزن خشک بیوماس هوایی) ۴ گونه مورد بررسی

گونه / کاتیون محلول	*Salsola dendroides*	*Salsola nitraria*	*Salsola iberica*	*Halocnemum strobilaceum*
Mg^{2+}	۲/۰۳ ±۰/۱۶^{bc}	۲/۷۴±۰/۰۲^{ab}	۱/۸۲ ±۰/۱۲^{c}	۲/۹۶ ±۰/۴۸^{a}

حروف متفاوت نشان‌دهنده وجود اختلاف آماری معنی‌دار بین گونه‌هاست.

همچنین در جذب آنیون Cl^- نیز تفاوت معنی‌داری بین گونه‌های مختلف مشاهده شد و گونه *Halocnemum strobilaceum* بیش از سایر گونه‌ها این آنیون را جذب و در بیوماس هوایی خود انباشت کرده بود که به‌طور معنی‌داری بالاتر از سه گونه مربوط به جنس سالسولای مورد بررسی بود (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین مقادیر Cl^- (میلی‌گرم در گرم وزن خشک بیوماس هوایی) ۴ گونه مورد بررسی

گونه / کاتیون محلول	*Salsola dendroides*	*Salsola nitraria*	*Salsola iberica*	*Halocnemum strobilaceum*
Cl^-	۹/۲۳ ±۰/۲۰^{c}	۱۳/۱۳±۰/۲۰^{b}	۸/۶ ±۰/۲۰^{c}	۱۶/۳۳ ±۰/۶۵^{a}

حروف متفاوت نشان‌دهنده وجود اختلاف آماری معنی‌دار بین گونه‌هاست.

در رابطه با جذب پتاسیم نیز بین گونه‌ها اختلاف معنی‌دار وجود داشت ($P<۰/۰۱$). به‌طوری‌که کمترین میزان جذب این کاتیون در گونه‌های *Halocnemum strobilaceum* و *Salsola iberica* مشاهده شد که به‌ترتیب برابر با ۱ و ۱/۱۳۳ میلی‌گرم در هر گرم وزن خشک بیوماس هوایی این گونه‌ها بود و بیشترین میزان جذب پتاسیم نیز در گونه *Salsola dendroides* مشاهده شد که برابر با ۱/۸ میلی‌گرم بود (جدول ۴).

جدول ۴- مقایسه میانگین مقادیر K^+ (میلی‌گرم در گرم وزن خشک بیوماس هوایی) ۴ گونه مورد بررسی

گونه / کاتیون محلول	*Salsola dendroides*	*Salsola nitraria*	*Salsola iberica*	*Halocnemum strobilaceum*
K^+	۱/۸ ±۰/۰۵^{a}	۱/۵۳±۰/۰۶^{b}	۱/۰۰ ±۰/۰۰^{c}	۱/۱۳ ±۰/۶۶^{c}

حروف متفاوت نشان‌دهنده وجود اختلاف آماری معنی‌دار بین گونه‌هاست.

در رابطه با جذب سدیم، بین گونه‌های مورد بررسی اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد ولی گونه*Halocnemum strobilaceum* از نظر عددی مقدار بیشتری از سدیم محلول خاک را در بیوماس هوایی خود انباشت کرده بود، به‌طوری‌که ۹/۷۳ میلی‌گرم سدیم در هر گرم وزن خشک آن اندازه‌گیری شد (جدول ۵).

جدول ۵- مقایسه میانگین مقادیر Na^+ (میلی‌گرم در گرم وزن خشک بیوماس هوایی) ۴ گونه مورد بررسی

گونه / کاتیون محلول	*Salsola dendroides*	*Salsola nitraria*	*Salsola iberica*	*Halocnemum strobilaceum*
Na^+	۸/۶۶ ±۰/۵۳[a]	۹/۰۰±۰/۳۰[a]	۹/۲۶ ±۰/۱۳[a]	۹/۷۳ ±۱/۴۵[a]

حروف متفاوت نشان‌دهنده وجود اختلاف آماری معنی‌دار بین گونه‌هاست.

در رابطه با جذب کلسیم، بین گونه‌های مورد بررسی اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد ولی گونه *Salsola nitraria* از نظر عددی مقدار بیشتری از کاتیون کلسیم محلول خاک را در بیوماس هوایی خود انباشت کرده بود (جدول ۶).

جدول ۶- مقایسه میانگین مقادیر Ca^{2+} (میلی‌گرم در گرم وزن خشک بیوماس هوایی) ۴ گونه مورد بررسی

گونه / کاتیون محلول	*Salsola dendroides*	*Salsola nitraria*	*Salsola iberica*	*Halocnemum strobilaceum*
Ca^{2+}	۰/۵۰ ±۰/۰۸[a]	۰/۵۰±۰/۰۴[a]	۰/۳۳ ±۰/۰۳[a]	۰/۳۲ ±۰/۰۶[a]

حروف متفاوت نشان‌دهنده وجود اختلاف آماری معنی‌دار بین گونه‌هاست.

با توجه به داده‌های ارائه شده در جدول‌های دو تا شش می‌توان نتیجه گرفت که ۲ گونه *Halocnemum strobilaceum* و *Salsola nitraria* بیشترین میزان انباشت عناصر محلول را در بیوماس هوایی خود داشته‌اند. اما برای نتیجه‌گیری نهایی و معرفی بهترین گونه جهت نمک‌زدایی؛ میزان عناصر شورکننده خاک در بافت ریشه گیاهان مورد مطالعه نیز اندازه‌گیری شد. گونه‌ای که بیشترین میزان این عناصر را در بیوماس هوایی و میزان کمتری از همین عناصر را در بافت ریشه خود انباشته کند، قابلیت بالاتری در نمک پالایی خاک دارد. زیرا اصل اساسی در معرفی گیاهان برای پالایش نمک، توانایی جذب نمک در ناحیه ریشه و انتقال آن به بیوماس هوایی است. با این بررسی، مشخص شد که در جذب کاتیون‌های سدیم، منیزیم، کلسیم و آنیون کلر بین گونه‌های مورد بررسی اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۷).

جدول ۷- تجزیه واریانس مقادیر عناصر محلول Mg^{2+}، Cl^-، Ca^{2+}، Na^+ و K^+ در بافت ریشه گونه‌ها

منابع تغییر	Mg^{2+}	Cl^-	Ca^{2+}	Na^+	K^+
مجموع مربعات	۶/۵۷۹	۷۶/۶۱۶	۰/۲۱۶	۱۴/۸۸۹	۰/۳۹۰
میانگین مربعات	۲/۱۹۳	۲۵/۵۳۹	۰/۰۷۲	۴/۹۶۳	۰/۱۳۰
درجه آزادی	۳	۳	۳	۳	۳
F	۵/۸۷۹*	۳۱/۵۶۲**	۷/۸۴۸**	۸/۹۸۳**	۲/۷۹۶ ns

* و **: معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns: غیرمعنی‌دار

نتایج مقایسه میانگین مقادیر کاتیون منیزیم بافت ریشه گونه‌های مورد بررسی نشان‌دهنده بالاترین مقدار انباشت منیزیم در بیوماس زمینی، گونه *Salsola nitraria* و کمترین مقادیر منیزیم نیز در بیوماس زمینی دو گونه *Salsola iberica* و *Salsola dendroides* بود (جدول ۸).

جدول ۸- مقایسه میانگین مقادیر Mg^{2+} (میلی‌گرم در گرم وزن خشک بیوماس زمینی) ۴ گونه مورد بررسی

گونه / کاتیون محلول	*Salsola dendroides*	*Salsola nitraria*	*Salsola iberica*	*Halocnemum strobilaceum*
Mg^{2+}	۰/۸۷ ±۰/۰۷^{b}	۲/۷۵±۰/۶۸^{a}	۱/۰۰ ±۰/۰۹^{b}	۱/۵۵ ±۰/۰۸^{b}

حروف متفاوت نشان‌دهنده وجود اختلاف آماری معنی‌دار بین گونه‌هاست.

همچنین در جذب آنیون Cl^{-} نیز تفاوت معنی‌داری بین گونه‌های مختلف مشاهده شد و گونه *Salsola iberica* و *Salsola dendroides* کمتر از سایر گونه‌ها این آنیون را جذب و در بیوماس زمینی خود انباشت کرده بود که به‌طور معنی‌داری پایین‌تر از دو گونه دیگر بود و بیشترین میزان آنیون کلر در بافت ریشه‌ای گونه *Salsola nitraria* اندازه‌گیری شد (جدول ۹).

جدول ۹- مقایسه میانگین مقادیر Cl^{-} (میلی‌گرم در گرم وزن خشک بیوماس زمینی) ۴ گونه مورد بررسی

گونه / کاتیون محلول	*Salsola dendroides*	*Salsola nitraria*	*Salsola iberica*	*Halocnemum strobilaceum*
Cl^{-}	۱/۹۶ ±۰/۰۳^{c}	۸/۱۶±۱/۰۱^{a}	۲/۰۰ ±۰/۰۰^{c}	۴/۳۳ ±۰/۲۰$^{b\,a}$

حروف متفاوت نشان‌دهنده وجود اختلاف آماری معنی‌دار بین گونه‌هاست.

در رابطه با مقادیر پتاسیم در بیوماس زمینی چهار گونه مورد تحقیق اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. اما کمترین مقادیر نگهداشت این کاتیون در بافت ریشه‌ای مربوط به گونه‌های *Salsola dendroides* و *Halocnemum strobilaceum* بود (جدول ۱۰).

جدول ۱۰- مقایسه میانگین مقادیر K^{+} (میلی‌گرم در گرم وزن خشک بیوماس زمینی) ۴ گونه مورد بررسی

گونه / کاتیون محلول	*Salsola dendroides*	*Salsola nitraria*	*Salsola iberica*	*Halocnemum strobilaceum*
K^{+}	۰/۲۱ ±۰/۰۱^{a}	۰/۶۸±۰/۲۶^{a}	۰/۳۳ ±۰/۰۶^{a}	۰/۲۸ ±۰/۰۶^{a}

حروف متفاوت نشان‌دهنده وجود اختلاف آماری معنی‌دار بین گونه‌هاست.

در رابطه با مقادیر کاتیون سدیم در اندام زیرزمینی گونه‌های مورد تحقیق، نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان‌دهنده وجود کمترین مقدار سدیم در بافت ریشه‌ای گونه *Salsola dendroides* بود و بیشترین مقدار سدیم محلول خاک را در

بافت ریشه‌ای گونه *Salsola nitraria* نشان داد (جدول ۱۱).

جدول ۱۱- مقایسه میانگین مقادیر Na^{+} (میلی‌گرم در گرم وزن خشک بیوماس زمینی) ۴ گونه مورد بررسی

گونه / کاتیون محلول	*Salsola dendroides*	*Salsola nitraria*	*Salsola iberica*	*Halocnemum strobilaceum*
Na^{+}	۱/۵۶ ±۰/۰۳^{c}	۴/۴۴±۰/۸۰^{a}	۱/۹۶ ±۰/۰۸^{bc}	۳/۲۳ ±۰/۲۹^{ab}

حروف متفاوت نشان‌دهنده وجود اختلاف آماری معنی‌دار بین گونه‌هاست.

در رابطه با جذب کلسیم، بین گونه‌های مورد بررسی اختلاف آماری معنی‌دار نشان‌دهنده وجود کمترین مقدار کلسیم محلول در بیوماس زمینی گونه *Salsola nitraria* بود که مقدار آن برابر با ۰/۸۳ میلی‌گرم در هر گرم از وزن خشک بافت ریشه اندازه‌گیری شد (جدول ۱۲).

جدول ۱۲- مقایسه میانگین مقادیر Ca^{2+} (میلی‌گرم در گرم وزن خشک بیوماس زمینی) ۴ گونه مورد بررسی

گونه / کاتیون محلول	*Salsola dendroides*	*Salsola nitraria*	*Salsola iberica*	*Halocnemum strobilaceum*
Ca^{2+}	۱/۲ ±۰/۰۰^{a}	۰/۸۳±۰/۰۸^{b}	۱/۱ ±۰/۰۵^{a}	۱/۰۳ ±۰/۰۳^{a}

حروف متفاوت نشان‌دهنده وجود اختلاف آماری معنی‌دار بین گونه‌هاست.

با توجه به نتایج ارائه شده در رابطه با محتوای عناصر محلول از بین دو گونه *Halocnemum strobilaceum* و *Salsola nitraria* که دارای عناصر محلول بیشتری به‌ویژه کلر و سدیم بالاتری در بیوماس هوایی خود بودند، طبق نتایج ارائه شده برای مقادیر عناصر محلول در بافت ریشه، می‌توان نتیجه گرفت که گونه *Halocnemum strobilaceum* در بافت ریشه خود، میزان کمتری از این عناصر را انباشته کرده و از این رو قابلیت بیشتری در جذب این عناصر و انتقال آن به بیوماس هوایی خود داشته است.

مقایسه مقادیر کاتیون‌های محلول خاک در عمق ۰-۱۵ سانتی‌متر نشان‌دهنده اثر معنی‌دار حضور هالوفیت‌ها در کاهش مقادیر این کاتیون‌ها داخل لکه‌های گیاهی نسبت به خاک لخت اطراف این لکه‌ها بود. به‌طوری‌که سدیم محلول در خاک داخل لکه‌ها به‌طور معنی‌دار ($P<۰/۰۱$) و به مقدار ۱/۷۸ برابر کمتر از خاک لخت اطراف لکه‌ها بود، همچنین مقدار پتاسیم در خاک داخل لکه‌های اکولوژیک حدود ۲ برابر و مقدار منیزیم ۴/۷۷ برابر کمتر از خاک لخت اطراف لکه‌ها بود، اما در رابطه با مقادیر کلسیم اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۱۳).

جدول ۱۳- تجزیه واریانس و مقایسه میانگین (Mean±SE) کاتیون‌های محلول خاک (میلی اکی والان در لیتر) در داخل لکه‌های گیاهی و نواحی بین لکه‌ها در عمق اول (۱۵cm-۰)

کاتیون‌های محلول	منابع تغییر		
	محل	میانگین	F
Na^{+}	لکه	۵۴/۵۷ ±۹/۲۳	۰/۲۰۱**
	بین لکه	۹۷/۲۵ ±۵/۵۳	
K^{+}	لکه	۱/۸۰ ±۰/۲۴	۲/۳۸۸*
	بین لکه	۳/۷۵ ±۰/۵۸	
Ca^{2+}	لکه	۱۳/۵ ±۳/۱۷	۱/۰۷۰ns
	بین لکه	۲۷/۳۵ ±۶/۲۵	
Mg^{2+}	لکه	۲۱/۷۵ ±۷/۳۸	۴۲/۷۰*
	بین لکه	۱۰۳/۷۵ ±۲۵/۹۳	

** و *: به‌ترتیب نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح یک و پنج درصد و ns: نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار

اندازه‌گیری کاتیون‌های محلول نمونه‌های خاک برداشت‌شده از عمق دوم (۳۰-۱۵ سانتی‌متر) که کمتر تحت تأثیر ریشه‌دوانی گیاهان بود اختلاف معنی‌دار آماری بین پارامترهای مورد بررسی در خاک لکه‌های گیاهی و نواحی بین لکه‌ها نشان نداد، بلکه فقط اختلافات عددی نشان‌دهنده کاهش میزان این عناصر در خاک داخل لکه‌های گیاهی بود (جدول۱۴).

جدول ۱۴- تجزیه واریانس و مقایسه میانگین (Mean±SE) کاتیون‌های محلول خاک (میلی اکی والان در لیتر) در داخل لکه‌های گیاهی و نواحی بین لکه‌ها در عمق دوم (۳۰cm-۱۵)

کاتیون‌های محلول	منابع تغییر		
	محل	میانگین	F
Na^{+}	لکه	۵۷/۶۵ ±۹/۰۳	۰/۲۰۱**
	بین لکه	۷۴/۳۵ ±۱۰/۷۳	
K^{+}	لکه	۲/۲۵ ±۰/۵۱	۲/۳۸۸*
	بین لکه	۳/۷۷ ±۱/۰۱	
Ca^{2+}	لکه	۱۶/۲۵ ±۴/۶۰	۱/۰۷۰ns
	بین لکه	۱۹/۲۵ ±۲/۳۲	
Mg^{2+}	لکه	۳۲/۲۵ ±۹/۲۵	۴۲/۷۰*
	بین لکه	۵۳/۲۵ ±۱۸/۰۸	

** و *: به‌ترتیب نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح یک و پنج درصد و ns: نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار

بحث

گیاهان از نظر واکنش در برابر شوری و نمک خاک به سه دسته کلی تقسیم می‌شوند. دسته اول گیاهانی هستند که به‌شدت از تأثیر نمک اجتناب می‌کنند که عمدتا شامل گیاهان نمک گریز می‌باشند. دسته دوم گیاهان هدایت‌کننده نمک هستند که نمک جذب شده از خاک را توسط غده‌های

ویژه‌ای به بیرون ترشح می‌کنند. در این قبیل گیاهان، می‌توان بلورهای نمک را در سطح برگ‌ها مشاهده کرد. گیاهانی مثل گز در این گروه قرار می‌گیرند که عمدتا سبب شورشدن خاک سطحی نیز می‌شوند. دسته سوم، هالوفیت‌های انباشت‌کننده نمک هستند که نمک را از خاک جذب و در واکوئل خود انباشت می‌کنند. این دسته از گیاهان دارای توانایی پالایش نمک از خاک هستند (Yensen & Biel, 2006). در این تحقیق ۴ گونه از هالوفیت‌های انباشت‌کننده نمک در چراگاه‌های شور اطراف دریاچه ارومیه بررسی شدند. نتایج نشان داد که گونه *Halocnemum strobilaceum* بیشترین میزان جذب کلر و منیزیم را در مقایسه با سایر گونه‌های مورد بررسی داشت. استفاده از هالوفیت‌های انباشت‌کننده نمک همانند گونه‌های جنس‌های *Suaeda* و *Atriplex*، در جذب یون‌های Cl^- و Na^+ به‌عنوان اصلی‌ترین عناصر شورکننده خاک توسط Zhao و همکاران (۲۰۰۵) نیز گزارش شده است، که این گیاهان غلظت بالایی از یون‌های شورکننده خاک را جذب کرده و می‌توان از آنها برای اصلاح خاک‌های شور استفاده کرد. در تحقیق حاضر، بیشترین میزان عناصر جذب‌شده به‌ویژه سدیم و کلر توسط گونه *Halocnemum strobilaceum* انجام شده است. بدلیل اینکه شوری خاک منطقه مورد مطالعه، بیش از سایر عناصر از نمک NaCl آب شور دریاچه ارومیه متأثر است. به‌طوری‌که بیشترین تأکید بر جذب کاتیون سدیم و آنیون کلر می‌باشد. Rabhi و همکاران (۲۰۰۹) نیز با مقایسه میزان جذب Na^+ در سه گونه *Arthrocnemum indicum*، *Suaeda fruticosa* و *Sesuvium portulacastrum* گزارش کردند که گونه‌های مختلف توانایی متفاوتی در جذب نمک‌های خاک از خود نشان می‌دهند و گونه *Sesuvium portulacastrum* توانایی بیشتری در جذب سدیم داشت و استفاده از این گونه را برای پالایش سبز مناسب‌تر از ۲ گونه دیگر ارزیابی نمودند که با نتایج بدست آمده در تحقیق حاضر و تفاوت کارایی گیاهان گونه‌های مختلف در جذب و پالایش نمک مطابقت دارد. همچنین استفاده از هالوفیت‌های *Nerium oleander*، *Tamarix smymensis* و *Atriplex halimus* که دارای قابلیت جذب نمک توسط ریشه و انتقال آن به اندام‌های هوایی بودند، برای کاهش شوری خاک از طریق برداشت اندام هوایی توسط Manousaki و Kalogerakis (۲۰۱۱) گزارش شده است. Ravidran و همکاران (۲۰۰۷) با مقایسه میزان انباشت Nacl در بیوماس هوایی ۶ گونه *Suaeda maritima*، *Excoecaria agallocha*، *Clerodendron inerme*، *Ipomoea pes-carpae* و *Haliotropium curassaricum* گزارش کردند که میزان کلر و سدیم در گونه*Suaeda maritime* بیش از سایر گونه‌ها بوده است، به‌طوری‌که گیاهان ۱۲۰ روزه این گونه حاوی بیش از ۱۷۰ میلی‌گرم نمک در هر گرم وزن خشک بیوماس هوایی بودند و مقادیر کلریدسدیم خاک تحت تأثیر این هالوفیت‌ها به‌طور قابل توجهی کاهش یافت و تخمین زده شد که گونه *Suaeda maritime* در صورت کشت خالص در سطحی معادل یک هکتار قادر به استخراج ۵۰۴ کیلوگرم نمک کلرید سدیم از خاک می‌باشد. کاهش میزان کاتیون‌های Na^+، Ca^{2+}، K^+ و Mg^{+2} خاک در اثر حضور *Leptochloa fusca* توسط Akhter و همکاران (۲۰۰۳) نیز گزارش شده است. در تحقیق دیگری با بررسی میزان جذب Na^+، K^+، Ca^{+2} و Mg^{+2} توسط گونه *Sesuvium portulacastrum* گزارش شد که بالاترین میزان جذب مربوط به کاتیون Na^+ با رقم ۱۴۹ میلی‌گرم در هر گرم وزن خشک برگ بود و میزان جذب برای کاتیون‌های K^+، Ca^{+2} و Mg^{+2} به‌ترتیب کمتر بود (Rabhi *et al.*, 2010). این نتایج در رابطه با انباشت یون‌های مختلف با مقادیر متفاوت با نتایج گزارش شده در این تحقیق مطابقت دارد و از بین کاتیون‌های بررسی شده در تحقیق حاضر نیز بیشترین مقادیر جذب مربوط به کاتیون سدیم بود، هرچند اختلاف معنی‌داری بین گونه‌ها مشاهده نشد اما نتایج بررسی‌های انجام‌شده در رابطه با مقدار این کاتیون در داخل و خارج لکه‌های گیاهی نیز تأییدکننده این مطلب است که مقدار سدیم با سطح معنی‌داری بالاتری ($P<۰/۰۱$) در خاک تحت تأثیر هالوفیت‌ها کاهش یافت. میزان جذب منیزیم در گونه

Halocnemum strobilaceum بالاتر از سایر گونه‌ها بود. به‌طوری‌که بررسی میزان انباشت کاتیون‌های سدیم، منیزیم، کلسیم و پتاسیم و آنیون کلر در بیوماس زمینی و هوایی گونه‌های *Limunium bicolor* و *Suaeda salsa* نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین دو گونه در جذب این عناصر بوده و گونه *Suaeda salsa* میزان بالاتری از هر پنج یون را در بیوماس هوایی خود انباشت کرده بود که نشان‌دهنده بردباری بالاتر آن در برابر شوری خاک و قابلیت بیشتر آن در استفاده برای نمک‌زدایی از خاک می‌باشد (Liu *et al.*, 2006). این نتایج برای جذب عناصر کلر، منیزیم و پتاسیم مطابق با نتیجه گزارش شده برای عملکرد متفاوت گونه *Halocnemum strobilaceum* در مقایسه با سه گونه دیگر مورد تحقیق است. بنابراین در نتیجه‌گیری کلی می‌توان گونه *Halocnemum strobilaceum* را به‌عنوان گیاهی با قابلیت بیشتر در پالایش سبز نمک از خاک معرفی نمود. زیرا این گونه در مقایسه با سه گونه سالسولای مورد بررسی، بیشترین میزان کلر و منیزیم را جذب کرده است. همچنین در جذب سدیم نیز از نظر عددی، بالاتر از سایر گونه‌ها بود. بعلاوه چون عناصر کلر، سدیم، منیزیم و کلسیم نقش بیشتری را در شوری خاک دارند، از این رو می‌توان گفت که این گونه قابلیت بیشتری در اصلاح خاک‌های شور خواهد داشت. نتایج مقایسه میانگین مقادیر این کاتیون‌ها در عمق اول که بیشتر تحت تأثیر ریشه گیاهان بود نشان‌دهنده کاهش معنی‌دار مقدار این عناصر محلول در خاک داخل لکه‌ها در مقایسه با مناطق بین لکه‌ها بود، در حالی‌که حضور لکه‌ای گیاهان تفاوت آماری معنی‌داری را در خصوصیات خاک پروفیل دوم یعنی عمق ۱۵ تا ۳۰ سانتی‌متری نسبت به خاک لخت بین لکه‌ها ایجاد نکرد، علت این امر می‌تواند به دلیل تأثیر حضور ریشه گیاهان با تراکم بیشتر در عمق اول پروفیل خاک باشد. البته جذب و ترشح ترکیبات مختلف از طریق ریشه می‌تواند عامل مؤثری در تغییر خصوصیات خاک در ناحیه ریشه‌دوانی گیاهان باشد (Kuzyakov *et al.*, 2009). به‌هرحال، این تحقیق نشان می‌دهد که مقادیر قابل توجهی از نمک در خاک‌های شور بوسیله گیاهان هالوفیت قابل استخراج است.

منابع مورد استفاده

جعفری، م. و پناهی، ف.، ۱۳۹۰. خواص و مدیریت خاک‌ها، انتشارات دانشگاه تهران، ایران، ۸۶۸ ص.

جعفری، م. و طویلی، ع.، ۱۳۸۹. احیای مناطق خشک و بیابانی، انتشارات دانشگاه تهران، ایران، ۳۸۰ ص.

عصری، ی.، ۱۳۷۷. پوشش گیاهی شوره‌زارهای دریاچه ارومیه، انتشارات موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، ایران، ۲۲۲ ص.

-Akhter, J., Mahmood, K., Malik, K. A., Ahmed, S. and Murray, R., 2003. Amelioration of a Saline Sodic Soil Through Cultivation of Salt-Tolerant Grass (*Leptochloa fusca*). Environment conservation, 30:168-174.

-Ashraf, M. Y., Ashraf, M., Mahmood, Kh., Akhter, J., Hussain, F. and Arshad, M., 2010. Phytoremediation of saline soils for sustainable agricultural productivity: 335- 355. In: Ashraf, M., Ozturk, M., Ahmad, M. S. A., (Eds). Plant adaptation and phytoremediation. Springer, 481p.

-Boonsaner, M. and Hawker, D. W., 2012. Remediation of saline soil from shrimp farms by three different plants including soybean (*Glycine max* (*L.*) Merr.). Journal of Environmental Science and Health, Toxic, Hazardous Substances & Environmental Engineering, 47(4): 558-564.

-Dikilitas, M. and Karakas, S., 2011. Salts as potential environmental pollutants, their types, effects on plants and approaches for their phytoremediation: 357-381. In: Asraf, M., Ozturk, M., Ahmad, M. S. A., (Eds). Plant Adaptation and phytoremediation. Springer, 481p.

-Flowers, T. J. and Colmer, T. D., 2008. Salinity tolerance in halophytes. The New Phytologist, 179(4): 945-963.

-Gharaibeh, M. A., Eltaif, N. I. and Albalasmeh, A. A., 2011. Reclamation of highly calcareous saline sodic soils using *Atriplex halimus* and by product gypsum. International Journal of Phytoremediation, 13(9): 837-883.

-Kuzmina, Z. V. and Treshkin, S. E., 2011. Results of long-term monitoring of the halophytic plants developing on cist-Aeolian solonchaks. Arid Ecosystems, 1(3): 131-141.

-Kuzyakov, Y., Hill, P. W. and Jones, D. L., 2009. Root exudates components change litter decomposition in a simulated rhizosphere depending on temperature. Journal of Plant & Soil 290, 293-305.

Shevyakova, N. I. and Kuznetsov, V. V., 2007. Functioning of defense systems in halophytes and glycophytes. Russian Journal of Plant Physiology, 54(6): 806-815.

-Ravidran, K., Venkatesan, K., Balakrish, V., Chellappan, K. P. and Balasubramanian, T., 2007. Restoration of saline land by halophytes for Indian soils. Soil Biology and Biochemistry, 39(10): 2661-2664.

-Tiba, B., 2009. Anatomical changes induced by increasing NaCl salinity in three fodder shrubs, *Nitraria retusa*, *Atriplex halimus* and *Medicago arbrea*. Acta Physiologiae Planetarum, 31(5): 947-960.

-Yensen, N. P.and Biel, K. Y., 2006. Soil remediation via salt–conduction and the hypotheses of halosynthesis and photoprotectio. 313-344. In: Ajmal Khan, m., Weber, D. J., (Eds.). Ecophysiology of High Salinity Tolerant Plants. Springer, 399 p.

Zhao, K. F., Fan, H., Song, J., Sun, M. X., Wang, B. Z., Zhang, S. Q. and Unger, I. A., 2005. Two Na^+ and Cl^- hyper accumulators of *Chenopodiaceous*. Journal of Integration of Plant Biology, 47(3): 311-318.

-Liu, X., Duan, D., Li, W., Tadano, T. and Ajmal Khan, M., 2006. A comparative study on responses of growth and solute composition in halophytes *Suaeda salsa* and *Limunium bicolor* to salinity: 135-143. In: Ajmal Khan, m., Weber, D. J., (Eds.). Ecophysiology of High Salinity Tolerant Plants. Springer, 399p.

-Manousaki, E. and Kalogerakis, N., 2011. Halophytes present new opportunities in phytoremediation of heavy metals and saline soils. Industrial and Engineering Chemistry Research, 50(2): 656-660.

-Rabhi, M., Ferchichi, S., Jouini, J., Hamrouni, M. H., Koyro, H. W., Ranieri, A., Abdelly, Ch. and Smaoui, A., 2010. Phtodesalination of salt affected soil with the halophyte *Sesuvium portulacastrum L.* to arrange in advance the requirements for the successful growth of glycophytic crop. Bioresource Technology, 101(17): 6822-6828.

-Rabhi, M., Hasfi, C., Lakhdar, A., Hajji, S., Barhoumi, Z., Harouni, M.H., Abdelly, C. and Smaoui, A., 2009. Evaluation of the capacity of three halophytes to desalinize their rhizosphere as grown on saline soils under non leaching conditions. African Journal of Ecology, 47: 463- 468.

-Radyukina, N. L., Kartashov, A. V., Ivanov, Y. V.,

Potential of four halophytes from the Urmia Lacke as soli phytodesalination

A. Alizadeh[1], J. Motamedi[2*] and R. Erfanzadeh[3]

1-Former M.Sc. Student in Range Management, Department of Range Management, Faculty of Natural Resources, University of Tarbiat Modares, Noor, Iran

2*-Corresponding author, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Natural Resources, University of Urmia, Iran, Email: motamedi.torkan@gmail.com

3-Assistant Professor, Department of Range Management, Faculty of Natural Resources, University of Tarbiat Modares, Noor, Iran

Received:5/27/2012 Accepted:1/29/2013

Abstract

This research was aimed to investigate the potential of four halophytes from the Urmia Lacke including *Salsola dendroides, Salsola nitraria*, *Salsola iberica* and *Halocnemum strobilaceum* as soli phytodesalination. For this purpose, soil samples were collected from two soil depths of 0-15 and 15-30 cm inside the ecological patches as well as around it. Our results clearly showed that the studied halophytes could reduce the amount of Na^+, Ca^{2+}, and Mg^{2+} significantly in the first soil depth ($p<0.01$). However, in the second depth, less affected by the root of species, there were no significant differences in the amounts of these cations in the soil of inside and outside the patches. The absorption of Mg^{2+}, Cl^-, Ca^{2+}, Na^+ and K^+ by underground and aboveground biomass was also investigated. The results of mean comparisons showed that *Salsola nitraria and Halocnemum strobilaceum* accumulated the highest concentration of magnesium and chlorine in each gram of dry weight biomass. Also, the studied species showed no significant difference in SAR. The amount of these elements were compared in the roots of two species having the highest salt accumulation in aboveground biomass, and the species accumulating lower levels of these elements in roots was introduced. Overall, *Halocnemum. strobilaceum* showed the highest potential in absorbing salt through roots (soli phytodesalination) as compared to the rest of the species and its cultivation could be recommended for soil improvement and forage production in saline lands.

Keywords: *Urmia Lake, halophyte, saline soil, phytoremediation, soluble salts.*