Nova Biologica Reperta 6(1): 96-105 (2019)
Print ISSN: 2423-6330/Online ISSN: 2476-7115
https://nbr.khu.ac.ir; Kharazmi University Press

یافته‌های نوین در علوم زیستی
جلد ۶، شماره ۱، صفحات ۹۶ الی ۱۰۵ (۱۳۹۸)
انتشارات دانشگاه خوارزمی

بررسی انباشت سدیم در برخی از گونه‌های شورزی تیره‌های قیچیان، علف هفت بندیان، کاسنیان و تاج خروسیان

سید موسی موسوی کوهی، مریم مودی، اسماعیل سلطانی مقدم و هدیه سرچاهی مقدم
گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
مسئول مکاتبات: سید موسی موسوی کوهی، smmousavi@birjand.ac.ir

چکیده. شناسایی ویژگی‌های گونه‌های شورزی محلی اهمیت زیادی در استفاده کاربردی از آنها دارد. مطالعه حاضر با هدف شناسایی گونه‌های شورزی منطقه‌ای بیابانی و بسیار شور در اطراف شهرستان خوسف واقع در استان خراسان جنوبی و تشخیص روش تحمل شوری (دفع یا انباشت نمک) آنها انجام شده است. برای این منظور، انباشت سدیم در ریشه و اندام‌هوایی هفت گونه شامل چرخه (*Launaea arborescens*)، اسپند (*Peganum harmala*)، پرند کوهی (*Pteropyrum olivieri*)، درمنه سفید (*Artemisia santolina*)، قیچ (*Zygophyllum eurypterum*)، پشموک (*Aerva javanica*) و کک‌کش بیابانی (*Pulicaria gnaphalodes*) و خاک اطراف ریشه آنها بررسی شد. در ادامه، ضریب انباشتگی زیستی سدیم (Bioconcentration Factor: BCF) در ریشه، ضریب تراجایی (Translocation factors: TF) آن از ریشه به اندام‌هوایی و ضریب انباشتگی (Accumulation Factor: AF) در اندام هوایی محاسبه شد. نتایج نشان داد که خاک منطقه از نوع لومی رسی و EC آن به بزرگی ۶۵ دسی زیمنس بر متر (ds/m) است که نشان دهنده شوری بسیار زیاد خاک است. بر طبق مقادیر نسبت جذب سدیم (SAR)، درصد سدیم تبادلی (ESP) و با در نظرگیری EC خاک این منطقه در زمره خاک‌های شور-سدیمی قرار دارد. ضریب TF در برخی گونه‌ها بیش‌تر از یک بود. با این حال، از آنجا که در هیچ یک از گونه‌های مورد بررسی ضریب BCF و AF بیش‌تر از یک نبود، گونه‌های مذکور جذب‌کننده یا انباشتگر سدیم نیستند. در مقابل، به نظر می‌رسد که همه گونه‌های مورد مطالعه، دفع‌کننده نمک و یا حداقل دفع‌کننده سدیم هستند.

واژه‌های کلیدی. انباشتگر نمک، خاک شور، دفع‌کننده نمک، ضریب انباشتگی زیستی، گیاهان شورپسند

The investigating of sodium accumulation in some halophytic species of Zygophyllaceae, Polygonaceae, Asteraceae and Amaranthaceae

Seyed Mousa Mousavi Kouhi, Maryam Moudi, Esmael Soltani Moghadam, Hedyieh Sarchahi Moghadam
Department of Biology, Faculty of Sciences, University of Birjand, Birjand, Iran
Correspondent author: Seyed Mousa Mousavi Kouhi, smmousavi@birjand.ac.ir

Abstract. The identification of the characteristics of native halophytic species is very important for their practical application. The present study was carried out to identify the halophytic species of a desert and highly saline region around the city of Khosf, southern Khorasan Province, and to detect their general tolerance mechanisms (i.e. salt exclusion or inclusion). Sodium accumulation in the roots and shoots of seven species, including *Launaea arborescens*, *Peganum harmala*, *Pteropyrum olivieri*, *Artemisia santolina*, *Zygophyllum eurypterum* Boiss, *Aerva javanica*, *Pulicaria gnaphalode*, and their rhizosphere soil were determined. The bioconcentration of sodium from soil to roots (BCF), its translocation from roots to shoots (TF), and its accumulation in the shoots (AF) were then calculated. Results showed that the soil of the studied area was clay loam with a high EC of 65 ds/m, indicating its high salinity level. According to the values of sodium adsorption ratio (SAR) and the exchangeable sodium percentage (ESP) and regarding EC, the soil of studied region can be regarded as a saline-sodic soil. The value of TF in some species was higher than 1. However, none of the species had BCF and AF greater than 1, thus, none of them could be considered to be salt accumulator. Instead, it could be assumed that all of the studied species were salt, or at least, sodium excluders.

Keywords. bioconcentration factor, halophytic plants, saline soil, salt accumulator, salt excluder

Received 23.06.2017/ Revised 09.09.2018/ Accepted 23.12.2018/ Published 01.05.2019
دریافت ۱۳۹۶/۰۴/۰۲/ اصلاح ۱۳۹۷/۰۶/۱۸/ پذیرش ۱۳۹۷/۱۰/۰۲/ انتشار ۱۳۹۸/۰۲/۱۱

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1398.6.1.14.9]
[DOI: 10.29252/nbr.6.1.96]

مقدمه

یکی از مشکلات فراگیر و محدودکننده تولید پایدار کشاورزی در ایران شوری خاک و آب است. بخش‌های وسیعی از مساحت ایران به ویژه فلات مرکزی از نظر اقلیمی جزء مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می‌شود. تبخیر زیاد و نزولات جوی اندک و پراکنده در این مناطق موجب تجمع نمک‌های مختلف در لایه سطحی و ایجاد شوری خاک می‌شود (Teimouri & Jafari, 2010). شوری خاک یکی از مهمترین مشکلات نواحی خشک و نیمه‌خشک برای رشد و تکثیر گیاهان است. چنانچه خاک حاوی مواد معدنی مازاد باشد به آن خاک شور گفته می‌شود که در آن گیاهان با تنش شوری مواجه می‌شوند (Taiz & Zeiger, 2002). خاک‌های شور حاوی نمک‌هایی همچون NaCl، Na_2SO_4، $MgSO_4$، $CaSO_4$، $MgCl_2$، Na_2CO_3 و KCl است که هر کدام در ایجاد تنش شوری نقش ایفا می‌کنند اما کلرید سدیم (NaCl) عمده‌ترین نمک دخیل در شوری است و از این رو بسیاری از پژوهش‌ها در این زمینه بر روی آن متمرکز شده است (Tavakkoli *et al*., 2010). وجود نمک مازاد در خاک، هم به طور طبیعی و هم به دلیل عملیات آبیاری ایجاد می‌شود و در اثر تحرک و انتقال نواحی جدید را تحت تأثیر قرار می‌دهد. خاکی که هدایت الکتریکی (EC) آن بیشتر از ۴ دسی‌زیمنس بر متر (dS/m) معادل با ۴۰ میلی مولار (mM) NaCl باشد شور محسوب می‌شود به طوری‌که رشد اغلب گونه‌های زراعی تحت شوری بیش از این آستانه، محدود می‌شود (Marschner, 2012). تنش شوری (نمک) در گیاهان به طور عمده ناشی از سمیت یونی Na^+ و Cl^- است و از این‌رو مطالعات زیادی بر روی دفع Na^+ و کنترل انتقال آن در گیاه انجام شده است (Hasanuzzaman *et al*., 2014). به عنوان مثال بیش‌بیانی ناقل سدیمی NHX1 در آرابیدوپسیس بررسی شده است (Apse *et al*., 1999). در مطالعه‌ای دیگر بر روی همین گیاه با بررسی بیش‌بیانی پمپ واکوئلی پیروفسفاتاز AVP1 که شرایط الکتروشیمیایی برای جذب سدیم را فراهم می‌کند مشخص شد که انباشت سدیم و تحمل به شوری گیاه تراریخته نسبت به گیاه وحشی بیشتر است (Gaxiola *et al*., 2001). همچنین مشخص شده است که تبادل‌کننده‌های کاتیونی از جمله ناقل‌های سدیم در تعادل سلولی و تحمل به تنش شوری نقش مهمی دارند (Pardo *et al*., 2006). وجود Na^+ مازاد به عنوان یک کاتیون قابل‌تبادل در خاکِ نواحی وسیعی از جهان اثرات نامطلوبی را در پی دارد. سدیم موجب از دست‌رفتن ویژگی‌های فیزیکی خاک از طریق ایجاد تورم و پراکندگی می‌شود (Marschner, 2012). در خاک‌های دارای سدیم مازاد، ذرات سدیمی باردار از هم فاصله می‌گیرند به طوری که نیروهای دافعه بین ذرات بر نیروهای جاذبه غلبه می‌کنند و لذا ذرات پراکنده می‌گردند (Malik *et al*., 1992). شوری موجب کاهش رشد و نمو گیاهان می‌شود. در این میان، گیاهانی با نام شورزی یا شورپسند (هالوفیت) وجود دارند که به طور طبیعی قادر به بقا و رشد طبیعی در شرایط شور هستند (Heydarnezhad & Ranjbarfordoei, 2014). این گیاهان حدود یک درصد از گونه‌های گیاهی را تشکیل می‌دهند و قادر به بقا و تولید مثل در محیطی با غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار NaCl (معادل حدود ۲۰ dS/m) یا بیشتر از آن هستند (Taiz & Zeiger, 2002; Manousaki & Kalogerakis, 2011). عامل تعیین‌کننده در تحمل نمک مازاد توسط گیاهان شورزی، توانایی این گیاهان در تنظیم جذب یون‌های Na^+ و Cl^- و در عین حال حفظ غلظت‌های سیتوپلاسمی پتاسیم و منیزیم در حد مورد نیاز برای فعالسازی فعالیت‌های آنزیمی ضروری است (Flowers & Colmer, 2015). از گذشته و به طور فزاینده‌ای در سالهای اخیر، گیاهان شورزی کاربردهای زیادی داشته‌اند که از آن جمله کاربرد آنها در طب سنتی، شوری‌زدایی محیط، گیاه‌پالایی و استفاده به عنوان علوفه دام، غذای انسان، دانه‌های روغنی و موارد دیگر را می‌توان ذکر کرد (Abdelly *et al*., 2008; Yensen, 2008; Liang *et al*., 2017). از این گیاهان می‌توان جهت به حداکثر رساندن بهره‌وری محصول در نواحی‌ای که گیاهان حساس و غیر مقاوم قابل کشت نیست استفاده کرد. گونه‌های شورزی با شکل‌های زیستی گوناگون از جمله علفی، درختچه‌ای و درختی قابلیت استفاده جهت مصارف گوناگون را دارند (Hasanuzzaman *et al*., 2014) و شناسایی ویژگی‌های گوناگون آنها می‌تواند کاربرد آنها را هدفمند سازد.

در بسیاری از مطالعات انجام گرفته تا کنون، شناسایی گیاهان شورزی پیش از آنکه معطوف به بررسی عناصر و یون‌ها در بافت‌های گیاه باشد، بیشتر بر مبنای بررسی زیستگاه این گیاهان بوده است. به عبارت دیگر در یک تعریف عمومی به گیاهانی شورزی اطلاق می‌شود که قادر به تکمیل چرخه حیات خود در زیستگاه

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1398.6.1.14.9]
[DOI: 10.29252/nbr.6.1.96]

شور باشند. به عنوان مثال در مرور کلی و دسته‌بندی گونه‌های شورزی پاکستان این تعریف لحاظ شده است (Khan *et al.*, 2003). با این وجود مطالعاتی نیز وجود دارند که به بررسی انباشت نمک در بافت‌های مختلف گیاهان شورزی و تشخیص مکانیسم تحمل آنها به شرایط شور تحت شرایط طبیعی پرداخته‌اند. در مطالعه‌ای در منطقه‌ای بیابانی شور در هند بر روی الگوی انباشت یون‌ها در *Sporobolus marginatus* Hochst. ex A.Rich و *Aeluropus lagopoides* L. تحت شرایط طبیعی مشخص شد که این گونه‌ها بیشتر سدیم را در ریشه‌ها انباشته می‌کنند (Mangalassery *et al.*, 2017). در مطالعه‌ای دیگر بر روی گیاه ساحلی *Arthrocnemum indicum* (Willd.) Moq. در منطقه‌ای که مرتباً در معرض آب شور دریا قرار می‌گیرد مشخص شد که انباشت سدیم در برگ نسبت به ساقه و ریشه بیشتر است (Gul & Khan, 1994). در پژوهشی دیگر بر روی *A. indicum* و *Suaeda fruticosa* Forssk. ex J.F.Gmel. در منطقه‌ای با خاک شور، بررسی غلظت سدیم در خاک و بافت‌های گیاه نشان داد که اندام‌هوایی سهم قابل توجهی در شوری‌زدایی خاک ریزوسفر دارد (Rabhi *et al.*, 2009).

به دلیل کمبود پیشرونده منابع آب و شوری‌شدن فزاینده خاک به دلیل تغییرات اقلیمی و توسعه سریع کشاورزی مبتنی بر آبیاری، ارزیابی گونه‌های شورزی محلی از جهات گوناگون اهمیت زیادی در استفاده کاربردی از آنها در نواحی خشک و نیمه خشک دارد (Abdelly *et al.*, 2008; Liang *et al.*, 2017). به عنوان مثال چنانچه هدف شوری‌زدایی منطقه‌ای معین باشد، جهت انتخاب گونه‌های مناسب برای این منظور تشخیص مکانیسم تحمل شوری (از جمله دفع یا انباشت نمک) توسط آنها نقش تعیین کننده‌ای دارد زیرا به عنوان نمونه، انتخاب یک گونه دفع‌کننده نمک با هدف ذکرشده کاملاً مغایرت دارد. پیرو این شرح، هدف مطالعه حاضر شناسایی گونه‌های شورزی منطقه‌ای بیابانی و بسیار شور و تشخیص روش کلی تحمل شوری (دفع یا انباشت نمک) توسط این گیاهان با بررسی جذب سدیم در ریشه و اندام‌هوایی و مقایسه آن با مقدار سدیم خاک است.

مواد و روش‌ها

توصیف منطقه جمع‌آوری نمونه‌های گیاهی

در مطالعه حاضر نمونه‌های گیاهی از منطقه‌ای کویری در اطراف شهرستان خوسف واقع در استان خراسان جنوبی در شرق ایران جمع‌آوری گردید. منطقه مورد نظر در طول جغرافیایی ۵۸ درجه و ۵۷ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۴۸ دقیقه و در حدود ۴۰۰ متر بالاتر از سطح دریا قرار دارد و در زمره کویرهای مرکزی ایران به شمار می‌رود. خاک این منطقه به شدت تحت تأثیر املاحی است که شوری خاک را به حدی افزایش می‌دهند که تنها گیاهان هالوفیت یا شورزی قادر به بقا در چنین شرایطی باشند. از آنجا که مکان انتخاب شده برای جمع‌آوری نمونه‌های گیاهی تحت تأثیر آب شور نیز قرار دارد، لذا شوری خاک تشدید هم شده است.

نمونه‌برداری و بررسی خاک منطقه مورد مطالعه

جهت آشنایی با ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک منطقه، از لایه سطحی خاک تا عمق ۲۰ سانتی‌متر در سه نقطه مختلف منطقه در محدوده طول و عرض جغرافیایی ذکر شده در بخش قبل نمونه-برداری صورت گرفت. سپس نمونه‌ها جهت حصول یک نمونه واحد به نسبت یکسان با هم مخلوط شده و جهت آنالیز خاک به آزمایشگاه شیمی خاک منتقل گردید. بافت خاک با روش هیدرومتری مورد سنجش قرار گرفت (Klute, 1986). پس از تهیه عصاره اشباع خاک، هدایت الکتریکی (EC) و اسیدیته (pH) خاک به ترتیب توسط EC متر و pH متر سنجش گردید. تعیین غلظت بی کربنات به روش تیتراسیون با اسید سولفوریک انجام گرفت. در این روش ابتدا فنل‌فتالئین به نمونه اضافه شده و سپس محلول حاصل تا زمان تغییر رنگ از صورتی به سفید با اسید سولفوریک تیتر گردید و در انتها با توجه به حجم اسید مصرفی غلظت بی‌کربنات مورد محاسبه قرار گرفت. غلظت کلر (Cl) به روش تیتراسیون با نیترات نقره تعیین گردید.در این روش به مقدار معینی از عصاره و آب مقطر کرومات پتاسیم افزوده شد و سپس محلول حاصل تا تغییر رنگ از زرد روشن به نارنجی متمایل به قهوه‌ای با نیترات نقره تیتر گردید. غلظت کاتیون‌های سدیم (Na) و پتاسیم (K) با دستگاه فلیم فتومتری و غلظت کاتیون‌های کلسیم - (Ca) و منیزیم (Mg) به روش کمپلکسومتری مورد سنجش قرار گرفت. در این روش به محلول نمونه، بافر و معرف مردانت بلاک ۱۱ افزوده و سپس با EDTA تیتر شد. تیتراسیون تا تغییر رنگ محلول از قرمز مایل به ارغوانی به آبی ادامه یافت (Page *et al.*,

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1398.6.1.14.9]
[DOI: 10.29252/nbr.6.1.96]

1994). نسبت جذب سدیم (SAR) و درصد سدیم تبادلی (ESP) با استفاده از رابطه‌های زیر محاسبه گردید (Sumner, 1993):

$$SAR = Na / ([Mg+ Ca]/2)^{0.5} \quad (۱)$$

$$ESP = (1.475\times SAR)/(l+0.0147\times SAR) \quad (۲)$$

نمونه‌برداری از گیاهان و بررسی غلظت سدیم

هفت گونه گیاهی مطابق جدول ۱ از منطقه مورد بررسی نمونه‌برداری شده و در آزمایشگاه سیستماتیک گیاهی گروه زیست‌شناسی دانشگاه بیرجند به طور دقیق مورد شناسایی قرار گرفتند. جهت بررسی انباشت سدیم در بخش‌های مختلف گیاهان، از ریشه و اندام هوایی هر گونه گیاهی نیز به دقت نمونه‌برداری صورت گرفت. علاوه بر آن، از خاک اطراف ریشه گیاهان نیز نمونه‌برداری شد تا غلظت سدیم آن مورد بررسی قرار گیرد. نمونه‌های ریشه و اندام هوایی پس از انتقال به آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهی دانشگاه مذکور در دمای ۷۰ درجه‌سانتیگراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند و سپس از این نمونه‌ها پودری همگن تهیه گردید. غلظت سدیم در نمونه‌های پودر شده گیاهی و خاک‌های نمونه برداری شده از اطراف ریشه هر گیاه پس از هضم اسیدی با دستگاه طیف‌سنجی نشری پلاسمای جفت شده القائی (ICP-OES) مورد سنجش قرار گرفت (Uddin *et al*., 2016).

محاسبه ضرایب انباشتگی سدیم در اندام‌های مختلف گیاه

جهت بررسی توانایی گیاهان برای انباشت سدیم در اندام‌های مختلف، ضریب انباشتگی زیستی (Bioconcentration Factor: BCF) در ریشه، ضریب تراجایی (Translocation factors: TF) از ریشه به اندام‌هوایی و ضریب انباشتگی (Accumulation Factor: AF) در اندام هوایی با استفاده از روابط زیر مورد محاسبه قرار گرفت (Marrugo-Negrete *et al*., 2016):

BCF =(مقدار انباشت سدیم در ریشه)/ (غلظت سدیم در خاک پیرامون ریشه)

TF =(مقدار انباشت سدیم در اندام هوایی)/ (مقدار انباشت سدیم در ریشه)

AF =(مقدار انباشت سدیم در اندام هوایی)/ (غلظت سدیم در خاک پیرامون ریشه)

بررسی آماری

در مطالعه حاضر نمونه‌برداری به صورت کاملاً تصادفی (طرح کاملاً تصادفی) در سه تکرار انجام گرفت. جهت سنجش دقیق رابطه معنی‌دار بین غلظت سدیم در خاک، ریشه و اندام هوایی گونه‌های جمع‌آوری شده، تجزیه واریانس (ANOVA) هم به صورت مجزا برای هر گونه و هم به صورت گروهی برای کلیه گونه‌ها انجام گرفت. جهت مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن از نرم افزار Mstat-C استفاده شد. اختلاف معنی‌دار در سطح $P \leq ۰/۰۵$ گزارش گردید.

نتایج و بحث

آنالیز خاک

نتایج آنالیز خاک (جدول ۲) نشان داد که خاک منطقه از نوع لومی رسی بوده و EC آن به بزرگی ۶۵ دسی زیمنس بر متر (ds/m) است که نشان دهنده شوری بسیار زیاد خاک است. به طور کلی خاک‌هایی که EC آنها بیشتر از ۴ ds/m باشد، شور در نظر گرفته می‌شوند (Marschner, 2012). مطابق نتایج، شوری خاک منطقه از شوری میانگین آب دریاها نیز بیشتر است. آب دریا که به طور میانگین حاوی ۳۲ g/L از نمک‌های محلول است، دارای EC معادل ۵۰ است (Taiz & Zeiger, 2002). به عنوان مثال EC دریای سرخ ۵۷ ds/m ذکر شده است (Mohamed Ahmed, 1997). در مطالعه حاضر، سدیم و کلر املاح عمده خاک را تشکیل می‌داد به طوری‌که مقدار سدیم در عصاره اشباع خاک حدود ۱۲ g/L بود که این مقدار بیشتر از مقدار سدیم در آب دریا در حدود ۱۱ g/L (Harvey, 1957) و بسیار بیشتر از مقدار آن در محلول خاک نواحی خشک و نیمه خشک (به طور میانگین ۱۵/۳-۱/۲ g/L) است (Marschner, 2012).

بر طبق محاسبات انجام شده مقادیر SAR و ESP خاک به ترتیب ۷۷/۹۳ و ۵۳/۵۷ درصد بود که با در نظرگیری EC آن می‌توان خاک منطقه را در زمره خاک‌های شور-سدیمی به شمار آورد. خاکی که دارای شوری، SAR و ESP به ترتیب بیش از ۴ds/m، ۱۲ و ۱۵ درصد باشد، شور-سدیمی محسوب می‌شود (Sumner, 1993). SAR، نشان‌دهنده غلظت سدیم نسبت به غلظت کلسیم و منیزیم در محلول خاک است. ساختار خاک شور-سدیمی با مقادیر SAR یا ESP زیاد دچار از هم گسیختگی است، به طوریکه فشردگی آن به قدری زیاد است که منجر به نفوذناپذیری در برابر هوا، آب و ریشه گیاهان می‌شود (Marschner, 2012). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که سدیم در ریشه و اندام هوایی گونه‌های گیاهیِ مورد بررسی، به طور معنی‌داری نسبت به خاک انباشته شده است.

انباشت سدیم در ریشه و اندام هوایی گیاهان

از آنجائی‌که که خاک منطقه مورد بررسی به شدت شور و سدیمی بود (جدول ۲) و گیاهان مورد بررسی مقادیر زیادی سدیم در بافت

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1398.6.1.14.9]
[DOI: 10.29252/nbr.6.1.96]

جدول ۱– نام علمی، نام فارسی و تیره گونه‌های گیاهی مورد بررسی.

Table 1. Scientific and Persian names, and family of the studied species.

نام تیره	نام فارسی	نام علمی
Zygophyllaceae	قیچ	*Zygophyllum eurypterum* Boiss.
Polygonaceae	پرند کوهی	*Pteropyrum olivieri* Jaub. & Spach
Asteraceae	چرخه	*Launaea arborescens* (Batt.) Murb
Amaranthaceae	پشموک	*Aerva javanica* (Burm. f.) Juss. ex Schult
Asteraceae	درمنه سفید	*Artemisia santolina* Schrenk
Zygophyllaceae	اسپند	*Peganum harmala* L.
Asteraceae	کک‌کش بیابانی	*Pulicaria gnaphalodes* (Vent.) Boiss

جدول ۲- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه مورد مطالعه.

Table 2. Some physical and chemical properties of the soil in the studied area.

بافت خاک Soil texture	pH	EC (ds/m)	غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌ها Concentration of cations and anions (ppm)					
			سدیم Sodium	کلر Chlorine	کلسیم Calcium	منیزیم Magnesium	پتاسیم Potassium	بی‌کربنات Bicarbonate
لومی رسی Clay loam	۸/۵	۶۵	۱۱۹۵۱/۱۲	۱۴۶۸۶/۲۳	۸۹۵/۷۹	۵۳۸/۳۶	۸۷۱/۱۵	۴۵۰۸/۵۱

ریشه و اندام هوایی انباشته کرده بودند (شکل ۱)، لذا گیاهان مذکور گیاهان شورزی (هالوفیت) هستند. با این وجود، این گونه‌ها پیش از این نیز در برخی منابع علمی به عنوان شورزی معرفی شده‌اند (Khan *et al*., 2003, 2006, 2015; Breckle *et al*., 2012). در حالیکه اغلب گیاهان زراعی تحمل شوری خاک بیش از ۴ ds/m را ندارند (Marschner, 2012) و رشد اغلب گیاهان تحت شوری ۴-۸ ds/m محدود می‌شود (Kotuby-Amacher *et al*., 2000)، در مطالعه حاضر گیاهان مورد بررسی تحت شرایط شوری بسیار زیاد خاک (۶۵ ds/m) قادر به بقا بودند.

نتایج تجزیه واریانس انباشت سدیم در ریشه، اندام‌هوایی و خاک پیرامونی گونه‌های گیاهی هم به صورت مجزا برای هر گونه و هم به صورت گروهی با درنظر گیری همه گونه‌ها به ترتیب در جداول ۳ و ۴ ارائه شده است. مقدار انباشت سدیم در موارد مذکور نیز در شکل ۱ نشان داده شده است. با توجه به مقایسه میانگین گروهی، در بین گیاهان مورد بررسی، بیشترین انباشت سدیم در ریشه و اندام‌هوایی گونه *Z. eurypterum* مشاهده شد که اختلاف آن نسبت به ریشه و اندام‌هوایی سایر گونه‌ها معنی‌دار بود ($P \leq ۰/۰۵$). گونه‌های سرده *Zygophyllum* که بزرگترین سرده تیره Zygophyllaceae است گیاهانی مقاوم به خشکی و شوری هستند و قادر به بقا تحت شرایط سخت و بیابانی هستند (Amini-Chermahini *et al*., 2014). *Z. eurypterum* گونه‌ای نیمه-درختچه‌ای بیابانی است که در آسیای مرکزی، ایران و افغانستان می-روید (Beier *et al*., 2003). با در نظرگیری غلظت سدیم در خاک، علی‌رغم آنکه این گونه بیشترین تجمع سدیم را نسبت به سایر گونه‌ها داشت اما مقدار BCF آن کمتر از یک (حدود ۰/۷) بود. در مقابل، گونه *L. arborescens* بیشترین مقدار BCF (حدود ۱) را داشت. این گونه که از تیره Asteraceae است، گیاهی درختچه‌ای خاردار با ارتفاع ۱۵۰-۵۰ سانتی‌متر است که بیشتر در مناطق نیمه بیابانی زیست دارد. برگ‌های این گیاه باریک است و ساقه‌ای زیگزاکی دارد (Schütz & Milberg, 1997; Ghrabi, 2005). مقدار BCF در سایر گیاهان اندک و به ترتیب نزولی زیر بود (جدول ۵):

A. javanica > *A. santolina* > *Pt. olivieri* > *P. harmala* > *Pu. gnaphalodes*

دو گونه *A. javanica* و *A. santolina* که کمترین مقدار BCF را داشتند گیاهانی علفی و پایا هستند. *A. javanica* از تیره Amaranthaceae بومی آفریقاست (Samejo *et al*., 2012) و در نواحی خشک بر روی رسوبات شنی پراکنش دارد. این گیاه جهت ممانعت از فرسایش خاک بسیار مناسب است (Phondani *et al*., 2015). گونه *A. santolina* از تیره Asteraceae در سرتاسر شمال‌شرقی ایران به ویژه استان‌های خراسان در نواحی شنی پراکنده است (Mozaffarian, 1996).

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1398.6.1.14.9]
[DOI: 10.29252/nbr.6.1.96]

جدول ۳ – نتایج تجزیه واریانس انباشت سدیم در نمونه‌های خاک، ریشه و اندام‌هوایی هر گونه گیاهی (آنالیز مجزا برای هر گونه).

Table 3. ANOVA results of sodium accumulation in samples of soil, root, and aerial parts of each species (separate analysis for each species).

گونه Species	منابع تغییرات Source of variations	درجه آزادی df	میانگین مربعات means of squares: غلظت سدیم Sodium concentration
چرخه ***Launaea arborescens* (Batt.) Murb.**	نمونه Sample	۲	۴۴۲۵۸۵۴/۵۶۱ **
	خطا error	۶	۱۵۴۷/۲۵۴
	ضریب تغییرات (٪) CV (%)	–	۱/۵
اسپند ***Peganum harmala* L.**	نمونه Sample	۲	۲۱۰۸۲۱۵۸/۱۷۲ **
	خطا error	۶	۱۷۷/۹۶۰
	ضریب تغییرات (٪) CV (%)	–	۰/۴
پرند کوهی ***Pteropyrum olivieri* Jaub. & Spach**	نمونه Sample	۲	۴۸۸۰۵۳۴۶/۰۵۳ **
	خطا error	۶	۵۲۰۴/۷۵۱
	ضریب تغییرات (٪) CV (%)	–	۱/۵۳
درمنه سفید ***Artemisia santolina* Schrenk**	نمونه Sample	۲	۱۴۰۵۴۹۸۵/۱۵۱ **
	خطا error	۶	۱۵۲۴/۴۲۷
	ضریب تغییرات (٪) CV (%)	–	۱/۰۱
قیچ ***Zygophyllum eurypterum* Boiss.**	نمونه Sample	۲	۵۶۴۱۶۹۷/۸۹۳ **
	خطا error	۶	۴۰۵۶۵/۵۱۷
	ضریب تغییرات (٪) CV (%)	–	۲/۸۵
پشموک ***Aerva javanica* (Burm. f.) Juss. ex Schult**	نمونه Sample	۲	۱۸۱۰۶۰۰۱/۵۹۹ **
	خطا error	۶	۲۸۸۷۹/۵۸۳
	ضریب تغییرات (٪) CV (%)	–	۳/۲۷
کک‌کش بیابانی ***Pulicaria gnaphalodes* (Vent.) Boiss.**	نمونه Sample	۲	۷۰۳۱۸۳۹۷/۳۷ **
	خطا error	۶	۱۳۶۳۵/۲۸۲
	ضریب تغییرات (٪) CV (%)	–	۲/۲۹

**معنی دار در سطح احتمال ۱٪.

**Significant at level of 1%.

در بین گونه‌های مورد بررسی، *P. harmala* بیشترین مقدار TF را داشت (جدول ۵). مقدار سدیم در اندام‌هوایی این گیاه به میزان ۴/۵ برابر ریشه بود. این گونه علفی پایا از تیره Zygophyllaceae گیاهی‌است گل‌بوته‌ای با ارتفاعی بین ۹۰–۳۰ سانتی‌متر که در نواحی خشک و نیمه‌خشک مانند شمال آفریقا، خاورمیانه، ترکیه، پاکستان، هند و ایران گسترش دارد (Karam *et al*., 2016).

علاوه بر *P. harmala* گونه‌های *Pu. gnaphalodes*، *Pt. olivieri* و *Z. eurypterum* نیز دارای TF بیشتر از ۱ بودند. گونه

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1398.6.1.14.9]
[DOI: 10.29252/nbr.6.1.96]

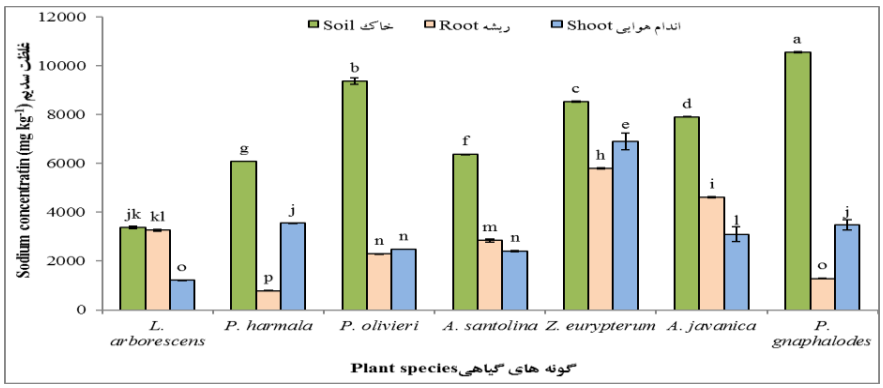
جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس انباشت سدیم درنمونه‌های خاک، ریشه و اندام‌هوایی گونه‌های گیاهی (آنالیز گروهی).

Table 4. ANOVA results of sodium accumulation in samples of soil, root, and aerial parts of species (overall analysis).

میانگین مربعات means of squares		منابع تغییرات Source of variations
غلظت سدیم Sodium concentration	درجه آزادی df	
۲۳۸۵۸۳۹۱/۰۲۵ **	۲۰	نمونه Sample
۱۳۰۷۶/۳۹۶	۴۲	خطا error
۲/۵	-	ضریب تغییرات (٪) CV (%)

**معنی دار در سطح احتمال ۱٪.

Significant at level of 1%.



شکل ۱- غلظت سدیم در ریشه و اندام هوایی گیاهان و خاک اطراف آنها. حروف متفاوت نشان دهنده معنی‌داری در سطح P<۰/۰۵ است.

Fig. 1. Sodium concentration in roots and shoots of plants and their rhizosphere soil. Different letters indicate significant differences at P < 0.05.

Pu. gnaphalodes از تیره Asteraceae گیاهی علفی پایا با ساقه‌ای افراشته و گل‌های زرد رنگ است که حدود ۳۰-۱۰ سانتی‌متر ارتفاع دارد و در نواحی خشک ماسه‌ای و سنگی رشد می‌کند. این گیاه در ایران، مصر، پاکستان، هند، ترکیه و عربستان توزیع یافته است (Mozaffarian, 1996; Kamkar *et al.*, 2013). گونه *Pt. olivieri* گیاهی درختچه‌ای کوچک از تیره Polygonacea است که در نواحی بیابانی و خشک انتشار یافته است. این گیاه در خاک‌های کم عمق حاوی ماسه درشت و شن یافت می‌شود (Piri sahragard *et al.*, 2016; Naseem *et al.*, 2009). در سایر گونه‌ها مقدار TF کمتر از ۱ بود. علی‌رغم اینکه گونه *L. arborescens* دارای بیشترین مقدار BCF بود اما این گیاه مقدار TF قابل توجهی را نشان نداد که نشان‌دهنده انتقال اندک سدیم از ریشه به اندام‌هوایی آن است. برای یک فلز یا آلاینده مشخص، گیاهانی که مقادیر BCF و TF آنها بیش از یک باشد جهت استخراج و حذف آن از محیط آلوده بسیار مناسب هستند (Nouri *et al.*, 2011; Marrugo-Negrete *et al.*, 2016).

مقدار AF نشان‌دهنده قابلیت ویژه یک گیاه برای جذب یون‌های فلزی از خاک و انتقال آن به بخش‌های هوایی است (Vikram Ghavri *et al.*, 2013). با در نظرگیری AF، قابلیت گونه‌های مورد ارزیابی در پژوهش حاضر جهت انباشت سدیم در بخش‌های هوایی قابل برداشت مناسب نبود به طوری که هیچ یک مقدار AF بیش‌تر از ۱ را نشان ندادند (جدول ۵). در این میان، گونه *Z. eurypterum* دارای بیشترین AF به مقدار ۰/۸۱ بود و پس از آن *P. harmala* با AF به مقدار ۰/۵۸ قرار داشت. مقدار AF در سایر گونه‌های ارزیابی شده کمتر از ۰/۵ و به صورت روند نزولی زیر بود:

A. javanica > *A. santolina* > *L. arborescens* > *Pu. gnaphalodes* > *Pt. olivieri*

راه‌کارهای مختلفی برای تحمل شوری توسط گیاهان وجود دارد که عمده‌ترین آنها شامل دفع یا جذب املاح است. دفع‌کننده‌ها، نمک را

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1398.6.1.14.9]
[DOI: 10.29252/nbr.6.1.96]

جدول ۵- ضریب انباشتگی زیستی (BCF) سدیم در ریشه، ضریب تراجایی (TF) سدیم از ریشه به اندام‌هوایی و ضریب انباشتگی (AF) آن در اندام هوایی.

Table 5. Bioaccumulation factor (BCF) of sodium in roots, translocation factor (TF) of sodium from roots to shoots, and its accumulation factor (AF) in aerial parts.

	BCF	TF	AF
چرخه (*L. arborescens*)	۰/۹۷	۰/۳۷	۰/۳۶
اسپند (*P. harmala*)	۰/۱۳	۴/۵۱	۰/۵۸
پرند کوهی (*Pt. olivieri*)	۰/۲۴	۱/۰۸	۰/۲۶
درمنه سفید (*A. santolina*)	۰/۴۵	۰/۸۵	۰/۳۸
قیچ (*Z. eurypterum*)	۰/۶۸	۱/۱۹	۰/۸۱
پشموک (*A. javanica*)	۰/۵۸	۰/۶۷	۰/۳۹
کک‌کش بیابانی (*Pu. gnaphalodes*)	۰/۱۲	۲/۷۱	۰/۳۳

در سطح ریشه یا ریزوسفر دفع می‌کنند و بنابراین در زیتوده خود مقدار نمک اندکی دارند. در مقابل، جذب‌کننده‌ها یا انباشتگرها املاح را در سلول‌ها یا غده‌های ویژه‌ای در داخل یا روی سطح تنه گیاه ذخیره می‌کنند (Abdelly *et al*., 2008). در مطالعه حاضر، نظر به این‌که سدیم انباشته‌شده در بافت‌های گونه‌های مورد بررسی کمتر از مقدار سدیم موجود در خاک رشدیافته در آن بود (که این یافته در مقادیر BCF و AF کمتر از یک برای تمام گونه‌ها نهفته است) بنابراین گونه‌های مذکور را نمی‌توان جذب‌کننده یا انباشتگر نمک (و یا دست‌کم سدیم) در نظر گرفت. در مقابل، نتایج نشان می‌دهد که این گونه‌ها دفع‌کننده نمک و یا حداقل دفع‌کننده سدیم هستند. دفع سدیم به طور عمده به واسطه جذب خالص اندک آن توسط سلول‌های ریشه و کنترل شدید بارگیری خالص آوند چوبی توسط سلول‌های پارانشیمی در استوانه آوندی صورت می‌گیرد (Hasanuzzaman *et al*., 2014). جهت ارزیابی پتانسیل استخراج یک فلز (مانند سدیم) به وسیله یک گونه گیاهی مشخص، فاکتورهای BCF و AF اهمیت بیشتری نسبت به غلظت تام آلاینده در بخش هوایی و ریشه دارد. این فاکتورها در گونه‌های دفع‌کننده کوچکتر از یک و در گونه‌های انباشتگر بزرگتر از یک است (Babaakbari *et al*., 2013). در حالی که در مطالعه حاضر مقدار سدیم در بافت‌های گونه‌های مورد بررسی کمتر از یک درصد وزن خشک گیاه را تشکیل می‌دهد اما در گونه‌های انباشتگر این مقدار گاه به ۲۰ درصد و بیش از آن می‌رسد. به عنوان نمونه گزارش شده است که در برگ‌های *Suaeda monoica* Forssk. ex J.F.Gmel. مقدار سدیم تا ۲۰ درصد وزن آن را تشکیل می‌دهد. همچنین گزارش دیگری وجود دارد که محتوای خاکستر برگ‌های سه گونه آتریپلکس (*A. vesicaria; A. nummularia, and A. inflata*) ۲۴-۳۸ درصد است. خاکستر به طور غالب از سدیم و پتاسیم تشکیل شده است (Waisel, 1972). گیاه سالیکورنیا نیز به شدت متحمل به نمک بوده و قادر است تا ۴۰-۳۰ درصد وزن خشک خود سدیم کلرید را انباشته نماید (Sharma, 2010).

نتیجه‌گیری

بررسی انباشت سدیم در هفت گونه شورزی بومی نواحی بیابانی و بسیار شور ایران به منظور شناسایی راهکار تحمل شوری نشان داد که همه گونه‌های مورد بررسی دفع‌کننده سدیم هستند. این نتیجه با توجه به این یافته که مقادیر BCF و AF سدیم برای تمامی گونه‌ها کمتر از یک بود به دست آمد. این یافته نشان‌دهنده انباشت کمتر سدیم در ریشه و اندام‌هوایی گیاهان نسبت به مقدار سدیم موجود در خاک رشدیافته در آن است. بر مبنای این نتیجه، گونه‌های مذکور انباشتگر نمک (و یا دست‌کم سدیم) محسوب نمی‌شوند. با این وجود می‌توان از این گیاهان جهت تثبیت نمک و پیشگیری از انتشار املاح در هوا و آب‌های زیرزمینی استفاده کرد. از سوی دیگر از آنجائیکه که این گیاهان زیتوده قابل توجهی دارند و مقدار انباشت سدیم در اندام‌های آنها نسبت به خاک معنی‌دار است همچنان می‌توانند جهت شوری‌زدایی مورد استفاده قرار گیرند. به عبارت دیگر، ممکن است اسفاده از گیاهی با زیتوده زیاد و انباشت کمتر نسبت به گیاه انباشتگری که زیتوده اندکی دارد جهت شوری‌زدایی صرفه اقتصادی بیشتری داشته باشد.

سپاسگزاری

نویسندگان از حمایت‌های معاونت پژوهشی دانشگاه بیرجند در انجام این پژوهش قدردانی می‌نمایند.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1398.6.1.14.9]
[DOI: 10.29252/nbr.6.1.96]

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.24236330.1398.6.1.14.9]

[DOI: 10.29252/nbr.6.1.96]

REFERENCES

Abdelly, C., Öztürk, M., Ashraf, M. and Grignon, C. 2008. Biosaline agriculture and high salinity tolerance: – Springer Science & Business Media, Berlin & Heidelberg. 370 pp.

Amini-Chermahini, F., Ebrahimi, M., Farajpour, M. and Taj Bordbar, Z. 2014. Karyotype analysis and new chromosome number reports in *Zygophyllum* species. – Caryologia 67: 321-324.

Apse, M.P., Aharon, G.S., Snedden, W.A. and Blumwald, E. 1999. Salt tolerance conferred by overexpression of a vacuolar Na+/H+ antiport in *Arabidopsis*. – Science 285: 1256–58.

Babaakbari, M., Farahbakhsh, M., Savaghebi, G.R. and Najafi, N. 2013. Investigation of arsenic concentration in some of the calcareous soils of Ghorveh and arsenic uptake by maize, wheat and rapeseed in a natural contaminated soil. – Water Soil Sci. 23: 1-17.

Beier, B.A., Chase, M. and Thulin, M. 2003. Phylogenetic relationships and taxonomy of subfamily Zygophylloideae (Zygophyllaceae) based on molecular and morphological data. – Plant Syst. Evolut. 240: 11-39.

Breckle, S.W., Wucherer, W., Dimeyeva, L.A. and Ogar, N.P. 2012. Aralkum-a Man-Made Desert: The Desiccated Floor of the Aral Sea (Central Asia). – Springer, Berlin & Heidelberg. 488 pp.

Flowers, T.J. and Colmer, T.D. 2015. Plant salt tolerance: adaptations in halophytes. – Annal. Bot. 115: 327-331.

Gaxiola, R.A., Li, J.S., Undurraga, S., Dang, L.M., Allen, G.J., Alper, S.L. and Fink, G.R. 2001. Drought- and salttolerant plants result from overexpression of the AVP1 H^+-pump. – Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 98:11444-11449.

Ghavri, S.V., Bauddh, K., Kumar, S. and Singh, R.P. 2013. Bioaccumulation and translocation potential of Na+ and K+ in native weeds grown on industrially contaminated soil. – Int. J. Chem. Tech. Res. 5: 1869-1875.

Ghrabi, Z. 2005. A guide to medicinal plants in North Africa. – IUCN Centre for Mediterranean Cooperation, Malaga. 256 pp.

Gul, B. and Khan, M.A. 1994. Growth, osmoregulation and ion accumulation in the coastal halophyte *Arthrocnemum indicum* under field conditions. – Pak. J. Marine Sci. 3:115-123.

Harvey H.W. 1957. The chemistry and fertility of sea waters. – J. Chem. Educ. 34: p 51.

Hasanuzzaman, M., Nahar, K., Alam, M., Bhowmik, P. C., Hossain, M., Rahman, M. M., Prasad, M.N.V., Ozturk, M. and Fujita, M. 2014. Potential use of halophytes to remediate saline soils. – BioMed. Res. Int. 2014: 1-12.

Heydarnezhad, S. and Ranjbarfordoei, A. 2014. Effects of salt stress on growth characteristics and ion accumulation in saltwort plants (*Seidlitzia rosmarinus* L.). – Desert Ecosyst. Engin. J. 3: 1-10.

Kamkar, A., Ardekani, M.R.S., Shariatifar, N., Misagi, A., Nejad, A.S. M. and Jamshidi, A.H. 2013. Antioxidative effect of Iranian *Pulicaria gnaphalodes* L. extracts in soybean oil. – South Afric. J. Bot. 85: 39-43.

Karam, M.A., Abd-Elgawad, M.E. and Ali, R.M. 2016. Differential gene expression of salt-stressed *Peganum harmala* L. – J. Genet. Eng. Biotechnol. 14: 319-326.

Khan, M.A. 2003. An ecological overview of halophytes from Pakistan. –In: Lieth, H. (ed.), Cash crop halophytes: Recent studies. 167-187. – Springer, Dordrecht.

Khan, M.A., Böer, B., Kust, G.S. and Barth H.J. 2006. Sabkha Ecosystems: Volume II: West and Central Asia. – Springer, Netherlands, 263 pp.

Khan, M.A., Ozturk, M., Gul B. and Ahmed, M.Z. 2015. Halophytes for food security in dry lands. – Academic Press, Elsevier Inc., 360 pp.

Klute, A. 1986. Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods. – American Society of Agronomy inc., USA, 1188 pp.

Kotuby-Amacher, J., Koenig, R. and Kitchen, B. 2000. Salinity and plant tolerance. – Electronic Publication AG-SO-03, Utah State University Extension, Logan. 8 pp.

Liang, L., Liu, W., Sun, Y., Huo, X., Li, S. and Zhou, Q. 2017. Phytoremediation of heavy metal contaminated saline soils using halophytes: current progress and future perspectives. – Environ. Rev. 25: 269-281

Malik, M., Mustafa, M.A., and Letey, J. 1992. Effect of mixed Na/Ca solutions on swelling, dispersion and transient water flow in unsaturated montmorillonitic soils. – Geoderma. 52: 17-28.

Mangalassery, S., Dayal, D., Kumar, A., Bhatt, K., Nakar, R., Kumar, A., Singh, J.P. and Misra, A.K. 2017. Pattern of salt accumulation and its impact on salinity tolerance in two halophyte grasses in extreme saline desert in India. – Ind. J. Exp. Biol. 55: 542-548

Manousaki, E. and Kalogerakis, N. 2011. Halophytes present new opportunities in phytoremediation of heavy metals and saline soils. – Ind. Eng. Chem. Res. 50: 656-660.

Marrugo-Negrete, J., Marrugo-Madrid, S., Pinedo-Hernández, J., Durango-Hernández, J. and Díez, S. 2016. Screening of native plant species for phytoremediation potential at a Hg-contaminated mining site. – Sci. total environ. 542: 809-816.

Marschner, P. 2012. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. 3rd Edition. – Academic Press, USA, pp 651.

Mohamed Ahmed, M.S. 1997. Impact of diluted Red Sea water, irrigation frequency and organic mulch on Millet and Sorghum growth in a sandy soil. – University of Kordofan, Sudan, 71 pp.

Mozaffarian, V. 1996. A dictionary of Iranian plant names. – Farhang Mo'aser, Iran, 671 pp.

Naseem, S., Bashir, E., Shireen, K. and Shafiq, S. 2009. Soil-plant relationship of *Pteropyrum olivieri*, a serpentine flora of Wadh, Balochistan, Pakistan and its use in mineral prospecting. – Studia UBB Geologia. 54: 33-39.

Nouri, J., Lorestani, B., Yousefi, N., Khorasani, N., Hasani, A., Seif, F. and Cheraghi, M. 2011. Phytoremediation potential of native plants grown in the vicinity of Ahangaran lead–zinc mine (Hamedan, Iran). – Environ. Earth Sci. 62: 639-644.

Page, A.L., Miller, R.H. and Keeney, D.R. 1994. Methods

of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. – Soil Science Society of America, Inc., Madison, Wisconsin, USA. 1159 pp.

Pardo, J.M., Cubero, B., Leidi, E.O. and Quintero. F.J. 2006. Alkali cation exchangers: roles in cellular homeostasis and stress tolerance. – J. Exp. Bot. 57: 1181-99.

Phondani, P.C., Bhatt, A., Elsarrag, E. and Alhorr, Y.M. 2015. Seed germination and growth performance of *Aerva javanica* (Burm. f.) Juss ex Schult. – J. Appl. Res. Medic. Aromat. Plants. 2: 195-199.

Piri sahragard, H., Zare Chahuoki, M. A. and Azarnivand, H. 2016. Developing predictive distribution map of plant species habitats using logistic regression (Case study: Khalajestan rangelands of Qum province). – J. Rangel. 9: 222-234.

Rabhi, M., Hafsi, C., Lakhdar, A., Hajji, S., Barhoumi, Z., Hamrouni, 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 nonleaching conditions. – Afric. J. Ecol. 47: 463-468.

Samejo, M.Q., Memon, S., Bhanger, M.I. and Khan, K.M. 2012. Chemical compositions of the essential oil of *Aerva javanica* leaves and stems. – Pak. J. Anal. Environ. Chem. 13: 5.

Schütz, W. and Milberg, P. 1997. Seed germination in *Launaea arborescens*: a continuously flowering semi-desert shrub. – J. Arid Environ. 36: 113-122.

Sharma, A., Gontia, I., Agarwal, P.K. and Jha, B. 2010. Accumulation of heavy metals and its biochemical responses in *Salicornia brachiata*, an extreme halophyte. – Marine Biol. Res. 6: 511-518.

Sumner, M.E. 1993. Sodic soils-New perspectives. – Soil Res. 31: 683-750.

Taiz, L. and Zeiger, E. 2002. Plant Physiology. – Sinauer Associates, Sunderland. 623 pp.

Tavakkoli, E., Rengasamy, P. and McDonald, G.K. 2010. High concentrations of Na^+ and Cl^- ions in soil solution have simultaneous detrimental effects on growth of faba bean under salinity stress. – J. Exp. Bot. 61: 4449-4459.

Teimouri, A. and Jafari, M. 2010. The effects of salinity stress on some of anatomical and morphological characteristics in three *Salsola* species: *S. rigida*, *S. dendroides*, *S. richteri*. – Iran. J. Range Desert Res. 17: 21-34.

Uddin, A.H., Khalid, R.S., Alaama, M., Abdualkader, A.M., Kasmuri, A. and Abbas, S. 2016. Comparative study of three digestion methods for elemental analysis in traditional medicine products using atomic absorption spectrometry. – J. Anal. Sci. Technol. 7: 1-7.

Waisel, Y. 1972. Biology of halophytes. 395pp: Academic Press, New York and London.

Yensen, N.P. 2008. Halophyte uses for the twenty-first century. – In: Khan M.A. and Weber D.J. (eds.). Ecophysiology of high salinity tolerant plants. 367-396. – Springer, Dordrecht.

*****

How to cite this article:

Mousavi Kouhi, S.M., Moudi, M. Soltani Moghadam, E. and Sarchahi Moghadam, H. 2019. The investigating of sodium accumulation in some halophytic species of Zygophyllaceae, Polygonaceae, Asteraceae and Amaranthaceae. – Nova Biol. Reperta 6: 96-105.

موسوی کوهی، س.م.، مودی، م.، سلطانی‌مقدم، ا. و سرچاهی‌مقدم، ه. ۱۳۹۸. بررسی انباشت سدیم در برخی از گونه‌های شورزی تیره‌های قیچیان، علف هفت بندیان، کاسنیان و تاج خروسیان. – یافته‌های نوین در علوم زیستی ۶: ۱۰۵-۹۶.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.24236330.1398.6.1.14.9]

[DOI: 10.29252/nbr.6.1.96]