Archive of SID



10.30495/JFH.2020.1865190.1212

«مقاله پژوهشی»

# تعیین مقادیر برخی عناصر معدنی و فلزات سنگین، نیترات و نیتریت گیاه سالیکورنیا گونه *اوروپایا* برداشت شده از اطراف دریاچه ارومیه در سال ۱۳۹۷

شهین زمردی[۱*]، هما بهمدی[۲]، فروغ شواخی[۲]، صغری معدنی[۳]

۱. دانشیار پژوهشی، بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران

۲. استادیار پژوهشی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۳. کارشناس ارشد، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

*نویسنده مسئول مکاتبات: s.zomorodi@areeo.ac.ir

(دریافت مقاله: ۹۸/۱/۸ پذیرش نهایی: ۹۹/۱/۲۵)

## چکیده

اخیراً سالیکورنیا به‌عنوان یک سبزی تازه معرفی‌شده است که در خاک‌های شور رشد می‌کند. در این پژوهش، مقادیر خاکستر، مواد معدنی، باقیمانده فلزات سنگین و آنیون‌های نیترات و نیتریت در قسمت‌های مختلف (ریشه، اندام‌های هوایی و بذر) سالیکورنیا گونه *اوروپایا* ارزیابی گردید. نتایج نشان داد که مقادیر خاکستر و سدیم در اندام‌های هوایی بیشتر و در ریشه کمترین مقدار بود (P<۰/۰۵)؛ اما مقادیر پتاسیم، مس و کلسیم در بین اندام‌های مختلف و مقدار منگنز در بین اندام هوایی و بذر و مقدار کروم بین ریشه و بذر معنی‌دار نبود. در حالی‌که مقادیر روی و منیزیم در بذر و مقدار آهن ریشه بالاتر و مقادیر روی، منگنز و منیزیم در ریشه به‌طور معنی‌داری کمتر از سایر اندام‌ها مورد بررسی بود (P<۰/۰۵). ریشه سالیکورنیا دارای کمترین مقدار آرسنیک و کبالت و بیشترین مقدار سرب بود (P<۰/۰۵). بذر گیاه دارای کمترین مقدار سرب، کادمیوم، جیوه و نیکل بود. اندام‌های هوایی این گیاه نیز دارای کمترین مقدار کروم و بیشترین مقدار کادمیوم، جیوه، نیکل و کبالت بودند. مقدار جیوه در قسمت‌های مختلف گیاه سالیکورنیا پایین‌تر از حد استاندارد قرار داشت. مقدار سرب در ریشه و مقدار کادمیوم در اندام هوایی و مقادیر کروم، آرسنیک و نیکل در همه اندام‌های مورد آزمایش از حد مجاز بالاتر است. کمترین و بیشترین مقدار نیتریت به ترتیب در اندام‌های هوایی و بذر مشاهده گردید (P<۰/۰۵). مقدار نیترات در تمام اندام‌های مورد مطالعه در حد استاندارد قرار داشت. با توجه به نتایج این مطالعه می‌توان از قسمت‌های هوایی سالیکورنیا به‌عنوان منبع کلسیم، آهن، روی و منیزیم استفاده کرد.

**واژه‌های کلیدی:** سالیکورنیا *اوروپایا*، عناصر معدنی، باقی‌مانده فلزات سنگین، نیترات و نیتریت



www.SID.ir

Archive of SID



**مقدمه**

گیاه سالیکورنیا (*Salicornia L.*) از خانواده *اسفناجیان* (*Amaranthaceae*) است که نمک دوست بوده و در خاک‌های شور قابل رشد است. همین ویژگی موجب می‌شود که برای کشت آن نیازی به زمین زراعی و آب کشاورزی نباشد و از این نظر نیز صرفه اقتصادی خوبی خواهد داشت. گیاه سالیکورنیا دارای ساقه اسفنجی با زوایدی بسیار کوچک شبیه برگ، گل‌های کم‌رنگ و میوه می‌باشد. رنگ سبز این گیاه در پاییز و زمستان به نارنجی، صورتی مایل به قرمز تبدیل می‌شود (Patel, 2016). ساقه‌های آن بسیار آب‌دار و شاداب است. سالیکورنیا از آب‌شور تغذیه و به روش گرده‌افشانی تولیدمثل می‌کند. سالیکورنیا دارای اثرات مفید بیولوژیکی و فیزیولوژیکی بوده (Min *et al.*, 2002) و در پزشکی به‌عنوان دارو در درمان استرس اکسیداتیو، التهاب، دیابت، آسم، هپاتیت، سرطان، اسهال و استفراغ، کاهش‌دهنده چربی و تنظیم‌کننده سیستم ایمنی استفاده می‌شود (Essaidi *et al.*, 2013). امروزه توجه کشورهای اروپایی و آسیایی به این گیاه بیشتر شده است به‌طوری‌که از قسمت‌های هوایی این گیاه در کشورهای اروپایی برای تهیه خوراک و مواد غذایی و در کشورهای آسیایی برای تهیه سالاد، ترشی و نوشابه استفاده می‌شود. فقط قسمت سبز این گیاه برای خوردن توصیه می‌شود، بخش‌های مایل به قرمز دارای شوری و سیلیس بیش‌ازحد است (Kim *et al.*, 2013). انواع گونه‌های سالیکورنیا عبارت از *سالیکورنیا هرباسیا* (*Salicornia herbacea*)، *سالیکورنیا اینیدیکا* (*Salicornia indica*)، *سالیکورنیا بیگیلووی* (*Salicornia bigelovii*)، *سالیکورنیا پیرینیس* (*Salicornia perenis*) و *سالیکورنیا دیسارتیکولات* (*Salicornia disarticulate*) می‌باشد (Rhee *et al.*, 2009). *سالیکورنیا اوروپایا* (*سالیکورنیا هرباسیا*) یکی از گونه‌های متداول موجود در اطراف دریاچه ارومیه است که به‌طور گسترده‌ای در خاک‌های شور ساحلی و نمک داخلی قابل رشد می‌باشد (Khara *et al.*, 2004).

یافته‌های مطالعه‌ای نشان داد که ترکیبات شیمیایی برگ‌های سالیکورنیا در مقایسه با سایر قسمت‌ها، دارای بیشترین مقدار رطوبت و کمترین مقدار قند کل است. عناصر سدیم، پتاسیم و کلسیم از مواد معدنی غالب در برگ، ریشه و ساقه این گیاه می‌باشد (Min *et al.*, 2002). همچنین سالیکورنیا دارای مقدار قابل‌توجهی مواد معدنی بوده، به‌طوری‌که مقدار پتاسیم، کلسیم، سدیم و آهن این علف‌ها بیشتر از گیاهان خشکی است (Tabarsa *et al.*, 2012). مقدار نمک سالکورنیا ۳۲/٤ درصد برحسب وزن خشک، خاکستر کل ٤۰/۲ درصد برحسب ماده خشک، سدیم ۱۲/۷ درصد برحسب ماده خشک و کلر ۱۹/۷ درصد برحسب ماده خشک گزارش‌شده است (Ishikawa *et al.*, 2002). در مطالعه‌ای تأثیر سالیکورنیا *اوروپایا* (*Salicornia europaea* L) به‌عنوان جایگزین نمک در دوغ موردبررسی قرار گرفت. یافته‌ها نشان داد که در نمونه‌های فاقد نمک، با افزایش پودر سالیکورنیا درصد خاکستر و نمک افزایش پیدا کرد (Shaikhghasemi and Zomorodi, 2018).

گیاه سالیکورنیا قادر به تجمع نمک‌های مختلف با تنوع قابل‌ملاحظه بنیان‌های آلی و فلزی در قسمت‌های مختلف گیاه نظیر ریشه، ساقه، برگ و بذر است. از طرفی افزایش تجمع ریزمغذی‌ها و عناصر فلزی مفید


www.SID.ir

Archive of SID



تغذیه‌ای نظیر سلنیم، آهن، مس، روی، منیزیم، سدیم، پتاسیم و کلسیم در این گیاه مطلوب بوده و از طرف دیگر تجمع باقیمانده فلزات سنگین نظیر سرب، نیکل، کروم، کادمیوم، آرسنیک و جیوه نامطلوب است. نظر به اهمیت ترکیبات فلزی در سلامتی مصرف‌کنندگان و نقش تعیین‌کننده آن در پیشنهاد نواحی کشت مناسب برای توسعه مصارف خوراکی سالیکورنیا در ایران، سنجش ریزمغذی‌ها و عناصر فلزی مفید تغذیه‌ای و باقیمانده فلزات سنگین در آن ضروری است.

در این پژوهش هدف ارزیابی عناصر فلزی مفید و غیرمفید و آنیون‌های نیترات و نیتریت در قسمت‌های مختلف گیاه سالیکورنیا نظیر ریشه، اندام‌های هوایی و بذر آن است.

## مواد و روش‌ها

**- مواد**

سالیکورنیا (*Salicornia europaea* L) در اوایل شهریورماه سال ۱۳۹۷ از حاشیه جنوب غربی دریاچه ارومیه با عرض شمالی ۳۷ درجه و ٤۲ دقیقه و طول شرقی ٤۵ درجه و ۹۱ دقیقه و با میانگین ارتفاع ۱۲۸٤ متر بالاتر از سطح دریا، برداشت شد.

**- روش‌ها**

**- آماده‌سازی *سالیکورنیا***

پس از تمیز کردن و شستشوی گیاه *سالیکورنیا*، اندام‌های مختلف از جمله ریشه و اندام‌های هوایی آن (شامل برگ و ساقه) جدا و در دمای ۲۵ درجه سلسیوس به مدت ۷ روز خشک گردید. سپس توسط آسیاب برقی (ناسیونال، ژاپن)، پودر و از الک با مش ٤۰ عبور داده شد. پودر حاصل در کیسه‌های پلاستیکی بسته‌بندی گردید و تا زمان آزمایش در جای خشک و خنک نگهداری شد.

**- روش‌های آزمایش**

خاکستر از طریق سوزاندن در کوره الکتریکی (Chamber Furance Model K1251, Germany) در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس تا ایجاد خاکستر سفید تعیین شد. عناصر سدیم و پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر (Jenway-PFP7, England)، کلسیم، روی، آهن، نیکل، کبالت، سرب، کادمیوم توسط دستگاه جذب اتمی (Perkin Elmer Model 3110, USA) تعیین گردید (Salman *et al.*, 2014). برای این منظور ابتدا نمونه خاکستر با استفاده از اسیدکلریدریک هضم و به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانیده شد. این محلول برای اندازه‌گیری فوق‌الذکر مورداستفاده قرار گرفت. برای رسم منحنی استاندارد عناصر سدیم و پتاسیم، ابتدا استانداردهای لازم از استاندارد ۱۰۰۰ قسمت در میلیون تهیه شد. برای رسم منحنی استاندارد فلزات با دستگاه جذب اتمی، نیز ابتدا استانداردهایی با غلظت موردنیاز از استاندارد ۱۰۰۰ قسمت در میلیون محلول مادر (استوک) با استفاده از اسید نیتریک (۱+۱) تهیه شد و پس از خواندن استانداردها در دستگاه، منحنی‌های استاندارد ترسیم شد.

برای اندازه‌گیری فلزات سنگین از طیف‌سنجی جرمی پلاسمای جفت شده القایی (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry, Agilent, USA)، ابتدا ۰/۲ گرم از نمونه خشک‌شده توزین با ۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک، چند قطره پراکسید هیدروژن و ۱ میلی‌لیتر اسید پرکلریک هضم گردید و سپس به حجم ۱۰ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس دستگاه با شرایط زیر



www.SID.ir

Archive of SID



تنظیم شد. توان دستگاه برای ایجاد فرکانس رادیویی ۱۴۰۰ وات، سرعت جریان گاز پلاسما ۱۲ لیتر در دقیقه، سرعت جریان گاز کمکی، ۰/۸ لیتر در دقیقه و سرعت جریان گاز از پاشنده نیز ۰/۸ لیتر در دقیقه. برای تعیین میزان فلزات کروم، جیوه، آرسنیک، منیزیم، منگنز و مس به‌ترتیب از طول‌موج‌های ۲۰۵/۶، ۲۵۳/۶، ۱۸۹/۲، ۲۸۳/۸، ۲۵۹/۵ و ۳۲۴/۷ نانومتر استفاده گردید (Masson *et al.*, 2010). جهت کالیبراسیون دستگاه بسته به مقدار نمونه‌ها از استانداردهای ۵۰- ۱ ppb یا ppm استفاده شد.

نیترات و نیتریت به روش رنگ سنجی با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (Pharmacia-Novaspec, England) اندازه‌گیری گردید (Aftakhari & Heidari, 2004). بدین ترتیب ابتدا ۰/۱ گرم از نمونه با ۱۰ گرم آب دیونیزه مخلوط شد و به مدت ۱ ساعت در دمای ۴۵ درجه سلسیوس در آون قرار داده شد. سپس به مدت ۱۵ دقیقه در ۶۵۰۰ دور سانتریفیوژ شده و مایع شناور رویی برای آزمون‌های اندازه‌گیری نیترات و نیتریت مورداستفاده قرار گرفت. مقدار نیترات با استفاده از اسید سالیسیلیک ۵ درصد محلول در اسیدسولفوریک انجام شد و در طول‌موج ۴۱۰ نانومتر خوانده شد. برای تهیه استاندارد از غلظت‌های مختلف نیترات پتاسیم (۲۰، ۴۰، ۸۰ و ۱۶۰ پی‌پی‌ام) استفاده شد.

برای تعیین نیتریت به ده میلی‌لیتر عصاره مقدار ۲/۵ میلی‌لیتر سولفانید آمید محلول در اسید استیک ۱۵ درصد و ۲/۵ میلی‌لیتر از ماده نید (NED) محلول در اسید استیک ۱۵ درصد افزوده شد و پس از ۱۵ دقیقه، جذب در طول‌موج ۵۴۵ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد. برای تهیه استانداردهای ۰/۲، ۰/۴، ۰/۶ و ۰/۸ پی‌پی‌ام از نیتریت سدیم استفاده شد. بعد از تهیه استانداردها و قرائت از دستگاه، منحنی استاندارد رسم شد و غلظت نمونه‌ها با استفاده از منحنی استاندارد و با در نظر گرفتن ضریب رقت محاسبه شد.

برای آنالیز نمونه‌ها ابتدا پس از تنظیم دستگاه‌ها، محلول‌های استاندارد با غلظت‌های ذکرشده در فوق به دستگاه‌ها (فلیم فتومتر، جذب اتمی، طیف‌سنجی جرمی پلاسمای جفت شده القایی و اسپکتروفتومتر) داده شد و منحنی‌های کالیبراسیون رسم و حد اندازه‌گیری (LOQ) و حد تشخیص (LOD) برای هر یک از فلزات محاسبه شد که در جدول‌های (۱) تا (۴) آورده شده است.

**- روش آماری**

در این پژوهش برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون تجزیه واریانس یک طرفه (ANOVA one way analysis of variance) و جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد. نرم‌افزار مورد استفاده SPSS ویرایش ۲۵ بود. تمامی آزمون‌ها در پنج تکرار انجام گرفت.

## یافته‌ها

**- مقادیر خاکستر و عناصر معدنی موجود در اندام‌های مختلف گیاه سالیکورنیا**

در جدول (۱) مقادیر خاکستر، سدیم و پتاسیم بر مبنای وزن خشک در اندام‌های مختلف گیاه سالیکورنیا آورده شده است. مقادیر خاکستر و سدیم در اندام‌های مختلف سالیکورنیا به‌طور معنی‌داری با یکدیگر متفاوت بود ($P<0/05$)؛ اما مقدار یون پتاسیم در اندام‌های مختلف ازنظر آماری معنی‌دار نبود.


www.SID.ir

Archive of SID



جدول (۱)- میانگین خاکستر موجود در اندام‌های مختلف گیاه سالیکورنیا

| اندام گیاهی | خاکستر (٪) | سدیم (٪) | پتاسیم (٪) |
|---|---|---|---|
| ریشه | ۸/۰۵±۱/۵۸$^{c}$ | ۲/۰۸±۰/۰۱۳$^{c}$ | ۰/۹۱±۰/۰۱$^{a}$ |
| اندام هوایی | ۳۲/۹٤±۱/۹٦$^{a}$ | ۷/٦۳±۰/۰۱$^{a}$ | ۰/۹٤±۰/۰۱$^{a}$ |
| بذر | ۲۷/۵۱±۰/۴۶$^{b}$ | ۶/۶۷±۰/۰۰۷$^{b}$ | ۱/۰٤±۰/۰۱$^{a}$ |
| حد اندازه‌گیری (LOQ) | - | ۰/۳ | ۰/۲ |
| حد تشخیص (LOD) | - | ۰/۱ | ۰/۰٦٦ |

حروف غیریکسان در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار است (P<۰/۰۵).

مقادیر عناصر کلسیم، منیزیم، مس، روی، آهن و منگنز نیز در جدول (۲) آورده شده است. همان‌طوری که از جدول مشخص است بین مقادیر مس و کلسیم اندام‌های مختلف گیاه و همچنین بین مقدار منگنز در اندام هوایی و بذر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، اما مقادیر روی و منیزیم در بذر و مقدار آهن ریشه به‌طور معنی‌داری بالاتر و مقادیر روی، منگنز و منیزیم در ریشه به‌طور معنی‌داری کمتر از سایر اندام‌ها مورد بررسی بود (P<۰/۰۵).

جدول (۲)- مقادیر عناصر معدنی در اندام‌های مختلف گیاه سالیکورنیا (mg/kg)

| اندام گیاهی | کلسیم | روی | آهن | منگنز | منیزیم | مس |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ریشه | ۱۷۳/۱۲±۵۱/۰۱$^{a}$ | ۱۰/۱۱ ±۰/۰۱$^{c}$ | ۵۵۲/۷±۳/۳۵$^{a}$ | ۱۹/۱۸±۲/۱۰$^{b}$ | ۲۳۳۳/۳±۵۷/۵$^{c}$ | ٤۰/۰۵±۱۰/۸۰$^{a}$ |
| اندام هوایی | ۱٤۲/۳۹±۱٦/۹۵$^{a}$ | ۱٦/۰۰±۰/٤۱$^{b}$ | ٦۹/۵±۱/۵$^{b}$ | ۳۲/۲۵±۲/۵۹$^{a}$ | ۵٦۷۲/۰±۲۹/۵$^{b}$ | ۳۳/۰۲±۱/۵٤$^{a}$ |
| بذر | ۱۷۲/۹۳±۲٦/۸۹$^{a}$ | ۲۸/۸۷± ۰/۳۵$^{a}$ | ۵۹/۳±۰/۵۶$^{c}$ | ۳۱/۲۱±۳/۰۱$^{a}$ | ٦۵۳۸/۳±٦۷/۸$^{a}$ | ٤۳/۴۲±۸/۸۹$^{a}$ |
| حد اندازه‌گیری (LOQ) | ۰/۲ | ۰/۰۲ | ۰/۱ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۰۱۳ | ۰/۰۰۱۱ |
| حد تشخیص (LOD) | ۰/۰۷ | ۰/۰۰۷ | ۰/۰۳۳ | ۰/۰۰۰۳ | ۰/۰۰۰۰٤ | ۰/۰۰۰۳ |

حروف غیر یکسان در هر ستون نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار است (p<۰/۰۵).

**- مقادیر فلزات سنگین**

مقادیر فلزات سنگین در اندام‌های مختلف گیاه سالیکورنیا در جدول (۳) نشان داده‌شده است. همانطوری‌که از جدول (۳) مشاهده می‌شود به‌جز نیکل و کادمیوم، مقادیر سایر فلزات سنگین بین اندام‌های مختلف گیاه به‌طور معنی‌داری با یکدیگر متفاوت بود ($p$<۰/۰۵).



www.SID.ir

Archive of SID



جدول (۳)- مقادیر فلزات سنگین در اندام‌های مختلف گیاه سالیکورنیا (mg/kg)

| اندام گیاهی | سرب | کادمیوم | نیکل | کبالت | جیوه | کروم | آرسنیک |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ریشه | ۱/۶۵±۰/۰۰$^{a}$ | ۰/۱۲±۰/۰۱$^{a}$ | ۵/۰۵±۲/۱۳$^{a}$ | ۸/۴۰±۲/۸۶$^{b}$ | ۰/۱۲±۰/۰۱$^{b}$ | ۲/۱۴±۰/۰۵$^{a}$ | ۰/۹۱±۰/۰۴$^{b}$ |
| اندام هوایی | ۰/۲۷±۰/۰۲$^{c}$ | ۰/۱۹±۰/۰۳$^{a}$ | ۷/۳۲±۱/۶۷$^{a}$ | ۲۶/۱۴±۲/۳۵$^{a}$ | ۰/۱۶±۰/۰۱$^{a}$ | ۰/۶۵± ۰/۰۶$^{b}$ | ۰/۵۱±۰/۰۱$^{c}$ |
| بذر | ۰/۴۲±۰/۰۲$^{b}$ | ۰/۱۵±۰/۰۴$^{a}$ | ۷/۲۲±۰/۶۰$^{a}$ | ۲۶/۷۲±۴/۵۷$^{a}$ | ۰/۰۷±۰/۰۱$^{c}$ | ۲/۱۶±۰/۰۱$^{a}$ | ۱/۴۳±۰/۰۸$^{a}$ |
| حد مجاز | ۱ | ۰/۱۵ | ۰/۶ | – | ۰/۵ | ۰/۱۵ | ۰/۵ |
| حد اندازه‌گیری (LOQ) | ۰/۰۷ | ۰/۰۵ | ۰/۰۵ | ۰/۰۵ | ۰/۰۲ | ۰۰۰۲۹ | ۰/۰۳۸ |
| حد تشخیص (LOD) | ۰/۰۲۳ | ۰/۰۱۷ | ۰/۰۱۷ | ۰/۰۱۷ | ۰/۰۱ | ۰/۰۰۰۰۹۶ | ۰/۰۱۱ |

حروف غیریکسان در هر ستون نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵

**- نیترات و نیتریت**

در جدول (٤) مقدار آنیون‌های نیترات و نیتریت موجود در اندام‌های مختلف گیاه سالیکورنیا آورده شده است. همانطوری‌که از جدول مشخص است الگوی تجمع نیترات و نیتریت در اندام‌های مختلف گیاه متفاوت بود ($p$<۰/۰۵).

جدول (٤)- میانگین و انحراف معیار مقدار نیترات و نیتریت در اندام‌های گیاهی

| اندام گیاهی | نیترات (mg/kg) | نیتریت (mg/kg) |
|---|---|---|
| ریشه | ۸۹۵/۲۴±۱٦٤/۹۵ $^{b}$ | ٤۱/۳۶±۰/۳۷ $^{b}$ |
| اندام هوایی | ۱۷۵۲/٤±۱۰۹/۱$^{a}$ | ۱۰/۰٦±۰/۸۹ $^{c}$ |
| بذر | ۲٤۸/۵۷±۲۷/۴۴ $^{c}$ | ٦۲/۳۳±۰/۶۵ $^{a}$ |
| حد اندازه‌گیری (LOQ) | ۰/۰۹۸ | ۰/۰۷ |
| حد تشخیص (LOD) | ۰/۰۳۳ | ۰/۰۲۳ |

حروف غیریکسان در هر ستون نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵.

## بحث و نتیجه‌گیری

خاکستر بیانگر مقدار مواد معدنی موجود در نمونه است. با توجه به نتایج حاصل از این بررسی کمترین و بیشترین محل تجمع خاکستر به‌ترتیب در ریشه و اندام‌های هوایی این گیاه بود ($p$<۰/۰۵). در سایر تحقیقات نیز مقدار خاکستر برگ؛ ساقه و ریشه سالیکورنیا *هرباسه* به‌ترتیب ٤/۷، ٦/۱ و ٦/۲ درصد (Min *et al.*, 2002) و خاکستر اندام‌های هوایی *سالیکورنیا هرباسه*، در حدود ٤۰/۲ درصد (Ishikawa *et al.*, 2002) و همچنین خاکستر ریشه، برگ و بذر *سالیکورنیا پرسیکا* آخانی به‌ترتیب ۸/۵، ۲۲/۸۷ و ٦/۲۹ درصد (Behmadi, *et al.*, 2019) گزارش‌شده است. در تحقیق حاضر نیز مقدار خاکستر در اندام‌های فوقانی گیاه *سالیکورنیا اروپایا* ۳۲/۹٤ درصد و در ریشه و بذر به‌ترتیب ۸/۰۵ و ۲۷/۵۱ درصد تعیین‌شده است. دلیل اختلاف در مقادیر خاکستر گیاه سالیکورنیا در تحقیقات


www.SID.ir

Archive of SID



مختلف می‌تواند مربوط به نوع گونه، محل رویش و شرایط آب و هوایی محل پرورش گیاه باشد.

سالیکورنیا گیاهی شوری پسند است. ازاین‌رو بررسی مقدار سدیم و پتاسیم در اندام‌های گیاه حائز اهمیت است. با توجه به نتایج حاصل از این بررسی (جدول ۱)، مقدار یون سدیم ابتدا در اندام هوایی گیاه سالیکورنیا و سپس در بذر آن به‌طور معنی‌داری بیشتر بود ($P<0/05$)؛ اما مقدار یون پتاسیم در اندام‌های مختلف ازنظر آماری معنی‌دار نبود.

سدیم و پتاسیم نقش مهمی در سازگاری گیاهان به تنش خشکی ایفا می‌کنند. در بسیاری از گیاهان خشکی‌پسند ازجمله سالیکورنیا، سدیم با ورود به داخل واکوئل‌ها نقش عمده‌ای در تنظیم تعادل اسمزی بر عهده دارد. به‌طوری‌که بیشتر گیاهان خشکی زی مقاوم به خشکی، افزایش موقتی سدیم را در آپوپلاست از طریق افزایش مقدار آب سلول‌های مزوفیل (مثل مقدار آب واکوئل) تحمل می‌کنند، بنابراین نمک‌ها رقیق‌تر شده و ظرفیت خود را برای جذب نمک از محلول آپوپلاست بالاتر می‌برند؛ بنابراین در هنگام تنش خشکی، میزان سدیم افزایش می‌یابد و برای جلوگیری از سمیت آن، گیاه سعی در خروج و یا به واکوئل فرستادن آن می‌نماید (Choi *et al.*, 2014). ازآنجایی‌که سالیکورنیا یک گیاه هالوفیت است، لذا تجمع سدیم و پتاسیم در آن قابل توجیه است. در این راستا گزارش‌شده است که افزایش تنش خشکی موجب افزایش میزان سدیم و پتاسیم در اندام‌های هوایی در گونه‌های مختلف یونجه گردیده است (Akhundi *et al.*, 2006).

در مطالعه‌ای گزارش شد که مقدار سدیم در ریشه گیاه سالیکورنیا بیشتر از برگ و ساقه آن است، درحالی‌که بین مقدار پتاسیم ریشه و ساقه اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (Min *et al.*, 2002). در تحقیق حاضر مقدار سدیم و پتاسیم در اندام‌های فوقانی گیاه *سالیکورنیا اوروپایا* به‌ترتیب ۷/۶۳ و ۰/۹٤ درصد تعیین‌شده است. بر اساس سایر یافته‌ها نیز، مقدار سدیم و پتاسیم در اندام‌های فوقانی گیاه *سالیکورنیا هرباسه* به‌ترتیب ۱۰/۶۰ و ۱/۳۹ درصد (Kim *et al.*, 2010) و ۱۰ و ۵/٦ درصد (Shin and Lee, 2013) و همچنین سدیم و پتاسیم ریشه *سالیکورنیا هرباسیا* به‌ترتیب ۱/۳ و ۰/٦۵ درصد، در مجموع برگ و ساقه به‌ترتیب ۲/۲ و ۱/٤ درصد (Min *et al.*, 2002) گزارش‌شده است. اختلاف در مقدار این عناصر در تحقیقات مختلف، به خاک و شرایط آب و هوایی محل رشد گیاه و نوع گونه مربوط است.

با توجه به نتایج حاصل از این بررسی مقدار آهن ریشه سالیکورنیا در حدود ۵۵۲/۷ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد لذا می‌توان نتیجه گرفت که مقدار آهن در ریشه سالیکورنیا در منطقه ارومیه می‌تواند یک بیومارکر در تحقیقات محسوب شود. بر اساس نتایج تحقیق حاضر در اندام‌های فوقانی گیاه *سالیکورنیا اوروپایا* مقدار منیزیم، کلسیم، آهن، منگنز، روی و مس به‌ترتیب در حدود ۵٦۷۲، ۱٤۲/٤، ٦۹/۵، ۳۲/۲۵، ۱٦، ۳۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد.

در این راستا طی تحقیقی مقدار منیزیم، کلسیم و آهن در اندام‌های فوقانی گیاه *سالیکورنیا هرباسه* به‌ترتیب ۱۹۰۰، ۱۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش‌شده است (Shin and Lee, 2013). همچنین



www.SID.ir

Archive of SID



مقادیر منیزیم، کلسیم، آهن، منگنز، روی و مس در اندام‌های فوقانی گیاه *سالیکورنیا هرباسه* به‌ترتیب ٦٢٦٣، ٢٧٥٠، ٩٠/٤، ٩٨/٩، ٣٣/٣ و ٣/٤ میلی‌گرم بر کیلوگرم و در اندام‌های فوقانی گیاه *سالیکورنیا ژاپونیکا* به‌ترتیب ٧٠٠٥، ٤٣٤٤، ١٤٣٤/٩، ١١٩/١، ١٩/٢ و ٢/٧ میلی‌گرم بر کیلوگرم (Kim *et al.*, 2010) و مقادیر مس، کلسیم، روی، آهن، منگنز و منیزیم در مجموع برگ و ساقه *سالیکورنیا هرباسیا* به‌ترتیب ٤٢، ٣٩٦٣، ٤٣٠، ٩٧٧، ١١١، ١٠٠٥ میلی‌گرم در کیلوگرم تعیین شده است (Min *et al.*, 2002). همین‌طور بر اساس نتایج به‌دست‌آمده در مطالعه حاضر در ریشه گیاه *سالیکورنیا اوروپایا* مقادیر مس، کلسیم، روی، آهن، منگنز و منیزیم به‌ترتیب در حدود ٤٠، ١٧٣، ١٠/١، ٥٥٢/٧، ١٩/٢ و ٢٣٣٣ و در بذر آن به‌ترتیب ٤٣/٤، ١٧٢/٩، ٢٨/٩، ٥٩/٣، ٣١/٢ و ٦٥٣٨/٣ میلی‌گرم بر کیلوگرم تعیین شد. در این راستا در یافته‌های مطالعه‌ای مقادیر مس، کلسیم، روی، آهن، منگنز و منیزیم در ریشه *سالیکورنیا هرباسیا* به‌ترتیب ٢١، ٢٣٧٥، ٢٤، ٨٤٨، ٣٠، ٥٢٥ میلی‌گرم در کیلوگرم بیان‌شده است (Min *et al.*, 2002). مقایسه نتایج این دو بررسی نشان می‌دهد که سالیکورنیای کشت‌شده در ارومیه، به جز منیزیم، به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای دارای عناصر معدنی بالاتری نسبت به سالیکورنیای کشت شده در کشور کره است. دلیل آن احتمالاً مربوط به شرایط آب و هوایی و نوع خاک این دو محل می‌باشد. ویژگی‌های خاک و شرایط اقلیمی در بین مناطق مختلف از عوامل تأثیرگذار بر میزان جذب عناصر توسط گیاه است (Golia *et al.*, 2008).

اگر چه روی، مس و آهن از یون‌های فلزی ضروری‌اند، اما غلظت‌های بالای آن سمی بوده و بر بسیاری از وظایف مهم سلولی اثر مهارکننده دارد. حد مجاز برای روی، مس و آهن در گیاهان به‌ترتیب ٥٠، ٧٥ و ١٥٠ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک تعیین‌شده است (WHO, 2005). با توجه به جدول ٢، مقادیر روی و مس در هر سه اندام مورد بررسی در حد مجاز بود اما مقدار آهن در ریشه سالیکورنیا به مقدار زیادی بالاتر از حد استاندارد است. ازآنجایی‌که از ریشه سالیکورنیا به‌عنوان منبع غذایی استفاده نمی‌شود لذا از این لحاظ مشکلی برای انسان ایجاد نمی‌شود.

نتایج این بررسی نشان داد که اندام‌های هوایی گیاه *سالیکورنیا اوروپایا* دارای بیشترین مقدار کادمیوم بودند ($P<0/05$). بر اساس گزارش‌های سایر مطالعات، علت انتقال بیشتر فلز کادمیوم به برگ‌های گیاهان ناشی از فرآیندهای فیزیولوژیکی و دفاعی گیاه و به‌عنوان راهکاری برای دفع فلزات غیرضروری از طریق انتقال آن‌ها به برگ و سپس خروج از گیاه از طریق افتادن برگ نسبت داده‌شده است (Einollahipeer, 2012)؛ بنابراین بالا بودن مقدار کادمیوم در اندام هوایی سالیکورنیا قابل توجیه است. از طرفی سالیکورنیا به‌عنوان گیاهی مناسب برای پالایش سبز خاک‌های شور آلوده به کادمیم معرفی‌شده است (Ozawa *et al.*, 2010).

سرب، کادمیوم، آرسنیک، نیکل و جیوه حتی در مقادیر ناچیز نیز برای انسان سمی و خطرناک هستند. این عناصر، معمولاً در بدن متابولیز نمی‌شوند، بلکه در بافت‌های چربی، عضلات، استخوان‌ها و مفاصل رسوب می‌کنند و سبب بروز اختلالاتی در عملکرد طبیعی موجودات زنده می‌شوند (Fotovat *et al.*, 2017). به همین دلیل حد مجاز برای این فلزات تعیین‌شده است.


www.SID.ir

Archive of SID



حد مجاز برای فلزات آرسنیک، سرب، جیوه، نیکل، کادمیوم و کروم در گیاهان به‌ترتیب ۰/۵، ۱، ۰/۵، ۰/٦، ۰/۱۵ و ۰/۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک تعیین‌شده است (WHO, 2005)؛ اما حد مجاز مشخصی از کبالت برای سبزی‌ها مشخص نشده است. همان‌طوری‌که از جدول (۳) مشاهده می‌شود مقدار جیوه در هر سه اندام گیاه پایین‌تر از حد استاندارد است. دلیل پایین بودن مقدار جیوه درسالیکورنیا شاید به‌این‌علت باشد که جیوه خاصیت تجمعی در گیاهان ندارد (Fotovat *et al.*, 2017)؛ اما مقدار کروم و نیکل در تمام اندام‌های موردبررسی بالاتر از حد استاندارد بود. بنابراین، سالیکورنیا قادر به جمع‌آوری نیکل، کروم و کبالت است و می‌تواند به‌عنوان یک مطالعه بیوتکنولوژی زیست‌محیطی برای گیاه‌شناسی خاک‌های آلوده به این فلزات استفاده شود. همچنین در اندام هوایی گیاه مقدار کادمیوم (۰/۱۹ میلی‌گرم در کیلوگرم)، در ریشه مقدار سرب (۱/٦۵ میلی‌گرم در کیلوگرم) و آرسنیک (۰/۹۱ میلی‌گرم در کیلوگرم) در بذر مقدار آرسنیک (۱/٤۳ میلی‌گرم در کیلوگرم) بود که بالاتر از حد مجاز تعیین‌شده است.

تحقیقات نشان داده است که گیاهان دارویی وحشی و خودرو نسبت به گیاهان کشت‌شده، آلودگی بیشتری به فلزات سمی دارند. این مسئله به‌ویژه در مورد سرب صادق است. علت اصلی می‌تواند آلودگی‌های بالقوه محیطی گیاهان خودرو باشد. محل کشت نیز بر مقدار فلزات سنگین، تأثیر بسزایی دارد. به‌طوری‌که مناطق مجاور جاده‌های پرتردد شهری، حاوی مقادیر بیشتری از این فلزات هستند. درنتیجه کاشت سبزی‌های خوراکی باید دور از مناطق آلوده و پرتردد وسایل نقلیه انتخاب شود (Naderi *et al.*, 2013). گیاه سالیکورنیای مورد آزمایش در این تحقیق نیز به‌صورت خودرو رشد کرده بود و از اطراف بزرگراه شهید کلانتری ارومیه، برداشت‌شده بود که در معرض دود ماشین‌های سنگین و نیمه سنگین قرار داشت.

با توجه به جدول (٤)، بیشترین مقدار نیترات و کمترین مقدار نیتریت در اندام‌های هوایی و کمترین مقدار نیترات و بیشترین مقدار نیتریت در بذر گیاه *سالیکورنیا اوروپایا* مشاهده شد (P<۰/۰۵). اتحادیه اروپا حد مجاز تجمع نیترات در سبزی‌ها را ۲۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر تعیین کرده است (EFSA, 2008). بر اساس نتایج این بررسی، مقدار نیترات در تمام اندام‌های موردمطالعه در حد استاندارد قرار داشت. لازم به ذکر است که نیترات به‌تنهایی نسبتاً غیر سمی است اما در بدن به‌وسیله باکتری‌ها به نیتریت تبدیل‌شده و موجب ایجاد عارضه مت‌هموگلوبینیا می‌گردد. از طرف دیگر در معده انسان، نیتریت با آمیدها و آمین‌ها واکنش داده و منجر به تولید ترکیبات نیتروزآمین می‌شود. این ترکیبات سرطان‌زا هستند (Santamaria, 2006).

گزارش شده است که مقدار نیتریت در بافت‌های گیاهی سالم و تازه در مقایسه با نیترات معمولاً خیلی پایین است. به‌دلیل این‌که سطوح بالای نیترات برای گیاهان سمی نبوده و گیاهان قادرند مقادیر زیادی نیترات را در داخل واکوئل‌های خود ذخیره کنند. اما نیتریت حاصل از احیای نیترات در گیاهان بایستی فوراً به آمونیوم احیا شود. این امور منجر به کاهش قابل‌ملاحظه تجمع نیتریت در گیاه در مقایسه با نیترات می‌شود (Kiani and Gheytasim, 2016). در این بررسی نیز



www.SID.ir

Archive of SID



تجمع نیتریت در اندام‌های مختلف *سالیکورنیا اوروپایا* به‌مراتب کمتر از نیترات است (جدول ٤).

تاکنون پژوهش‌های متعددی در مورد بررسی تجمع نیترات و نیتریت در سبزی‌ها و میوه‌ها در جهان صورت گرفته است. در برخی از این مطالعات تجمع نیترات بیش از حد استاندارد بوده و در برخی دیگر، کمتر از حد استاندارد بود. در این راستا مقدار نیترات در سبزی‌های گشنیز، شاهی، تره، نعناع، شنبلیله، ریحان سبز، برگ تربچه، پیازچه و اسفناج نمونه‌برداری شده در فصل زمستان از بازار شهرکرد، کمتر از ۲۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر بودند (Kiani and Gheytasim, 2016).

در مورد استاندارد تجمع نیتریت در محصولات کشاورزی و به‌خصوص سبزی‌ها اعداد مرجعی وجود ندارد. شواهد موجود نشان می‌دهد که میزان نیتریت واقعی موجود در سبزی‌ها نقش مستقیم عمده‌ای در به خطر انداختن سلامتی انسان ندارد. از طرف دیگر این مقدار نیتریت در مقایسه با نیتریت درون‌زاد حاصل از احیای نیترات در گیاه ناچیز است (EFSA, 2008).

لازم به‌ذکر است که حد اندازه‌گیری و حد تشخیص به‌دست‌آمده برای فلزات در این بررسی، مشابه و یا بهتر از برخی از مقادیر گزارش‌شده در بررسی منابع مربوط به تعیین مواد معدنی در گیاهان دارویی می‌باشد. خطی بودن استانداردها برای کلیه فلزات ($R^2$> ۰/۹۹۹) نیز نشان دهنده رضایت بخش بودن محدوده غلظت‌ها می‌باشد.

با توجه به این‌که گیاه سالیکورنیا در خاک‌های شور قابل رشد است و برای کشت آن نیازی به زمین زراعی و آب کشاورزی نمی‌باشد، کشت هدفمند آن می‌تواند صرفه اقتصادی خوبی داشته باشد. از طرفی گیاه سالیکورنیا قادر به تجمع نمک‌های مختلف با تنوع قابل‌ملاحظه بنیان‌های آلی و فلزی در قسمت‌های مختلف گیاه نظیر ریشه، ساقه، برگ و بذر است. با توجه به نتایج حاصل از این بررسی، علاوه بر سدیم و پتاسیم، عناصر معدنی عمده موجود در سالیکورنیا را عناصر کلسیم، منیزیم و آهن تشکیل می‌دهد. همچنین اصلی‌ترین اندام برای تجمع عناصر معدنی مفید در گیاه سالیکورنیا، اندام‌های هوایی آن است. بر اساس نتایج حاصل از این بررسی، می‌توان از اندام‌های هوایی گیاه سالیکورنیا به‌عنوان منبع کلسیم، آهن، روی و منیزیم بهره برد. از طرفی با توجه به اینکه برخی از فلزات سنگین در ریشه و بذر سالیکورنیا بالاتر از حد مجاز تعیین‌شده است ولی چون از ریشه و بذر آن به‌عنوان ماده خوراکی مصرف نمی‌شود لذا در این خصوص مشکلی ایجاد نمی‌شود.

## تعارض منافع

نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافعی برای اعلام ندارند.


www.SID.ir

Archive of SID



## منابع


- Aftakhari, S.A. and Heidari, M. (2014). Accumulation of nitrate and nitrite in spinach (*Spinacia oleracea* L.) populations of native Iran. Herbal Products (Scientific Agricultural Journal), 37 (2): 89-98. [In Persian]
- Akhundi, M., Safarnejad, A.S. and Lahooti M. (2006). Effect of drought stress on proline accumulation and elemental changes in Yazdi, Nikkasheri and ranger (*Medicago sativa* L.). Journal of Soil and Water Sciences, 10 (1): 165-175. [In Persian]
- Behmadi, H., Khosh Kholgh Sima, N. A., Shavakhi, F., Madani. M. and Zomorodi, SH. (2019). Investigating the accumulation pattern of heavy metals, bioconcentration and translocation factors in different parts of Salicornia spp. (case study in Rud Shur Mardadabad Karaj). Food Engineering Research, 18 (66): 33-46. [In Persian]
- Choi, D., Lim, G.S., Piao, Y.L., Choi, O.Y., Cho, K.A., Park, C.B. *et al*., (2014). Characterization, stability, and antioxidant activity of *Salicornia herbaciea* seed oil. Korean Journal of Chemical Engineering, 31(12): 2221-2228.
- European Food Safety Authority (EFSA), (2008). Nitrate in vegetables: scientific opine on of the panel on contaminants in the food chain. European Food Safety Authority Journal, 6 (6): 1-79.
- Essaidi, I., Brahmi, Z., Snoussi, A., Koubaier, H.B.H., Casabianca, H., Abe, N., *et al*., (2013). Phytochemical investigation of Tunisian Salicornia *herbacea* L., antioxidant, antimicrobial and cytochrome P450 (CYPs) inhibitory activities of its methanol extract. Food Control, 32(1): 125–133.
- Einollahipeer, F. (2012). Survey of heavy metals concentration Cd, Cu, Ni and Zn in sediment and different tissues of *Avicenia* marina (root, stem, leaf and flower) in gulf of Gwatr. Journal of Oceanography. 3(11): 72-83. [In Persian]
- Fotovat, A.R., Labbafi, M. and Zarringhalami, S. (2017). Heavy metals' measurement in some edible vegetables of farms around zanjan city using novel inductively coupled plasma spectrophotometer technique. Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology, 11 (4): 106-116. [In Persian]
- Golia, E. E., Dimirkou, A. and Mitsios, I. K. (2008). Influence of some soil parameters on heavy metals accumulation by vegetables grown in Agricultural Soils of Different Soil Orders. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 81(1): 80-84.
- Ishikawa, N.; Shimizu, K.; Koizumi, T.; Shimizu, T. and Enishi, O. (2002). Nutrient value of saltwort (*Salicornia herbacea* L.) as feed for ruminants. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 15 (7): 998-1001.
- Kiani, Sh. and Gheytasim, M. (2016). Evaluation of nitrate and nitrite accumulation in vegetables exposed on ShahreKord's markets. Journal of Food Hygiene, 5(20): 47-81.
- Kim, E., Chang, Y.H., Ko, J.Y. and Jeong, Y. (2013). Physicochemical and microbial properties of the Korean traditional rice wine, makgeolli, supplemented with banana during fermentation. Preventive Nutrition and Food Science, 18(3): 203–209.
- Kim, J.H., Song, J.Y., Lee, J.M., Oh, SH., Lee, H.J., Choi, H.J., *et al*. (2010). A study on physiochemical property of Salicornia *herbaciea* & *Suaeda japonica*. Journal of Food Hygiene and Safety, 25(2):170-179.
- Masson, P., Dalix, T. and Bussie`Re, S. (2010). Determination of Major and Trace Elements in Plant Samples by Inductively Coupled Plasma–Mass Spectrometry. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 41(3): 231–243.
- Min, J.G., Lee, D.S., Kim, T.J., Park, J.H., Cho, T,Y. and Park. D.I. *et al*., (2002). Chemical composition of *salicornia herbacea* L. Journal of Food Science and Nutrition, 7(1):105-107.




www.SID.ir

Archive of SID




- Naderi, M. R., Danesh Shahraki, A. R. and Naderi, R. (2013). An overview of the hepatic mucus from heavy metals contaminated with soil. Human and Environment Quarterly, 10(4): 35-49. [In Persian]
- Ozawa, T., Miura, M., Fukuda, M. and Kakuta, S. (2010). Cadmium tolerance and accumulation in a halophyte *salicornia europaea* as a new candidate for phytoremediation of saline soils. Science Rep Graduated School Life & Environmental Science, 60: 1-8.
- Patel, S. (2016). Salicornia: evaluating the halophytic extremophile as a food and a pharmaceutical candidate. 3 Biotech, 6(1): 1-10.
- Rhee, M.H., Park, H.J. and Cho, J.Y. (2009). *Salicornia herbacea*: Botanical, chemical and pharmacological review of halophyte marsh plant. Journal of Medicinal Plants Research, 3(8): 548-555.
- Salman, M., Abdel-Hameed, E. S.S., Bazaid, S.A. and Al-Shamrani, M.G. (2014). Atomic absorption spectrometry and flame photometry for determination of minerals elements in fresh pomegranate fruit juice. Der Pharma Chemica, 6 (6): 149-155.
- Santamaria, P. (2006). Review – nitrate in vegetables: toxicity content, intake and EC regulation. Journal of the Science of Food and Agriculture, 86(1): 10-17.
- Shaikhghasemi, R. and Zomorodi, Sh. (2018). The effect of *Salicornia europaea* L. as salt substitute on some quality and sensory characteristic of Doogh, 80: 111-120. [In Persian]
- Shin, M. G. and Lee, G. H. (2013). Spherical granule production from micronized saltwort (*salicornia herbacea*) powder as salt substitute. Preventive Nutrition and Food Science, 8(1): 60-66.
- Tabarsa, M., Rezaei, M., Ramezanpour, Z. and Wayland, J. R. (2012). Chemical composition of the marine algae gracilaria salicornia (*rhodophyta*) and ulva lactuca (*Chlorophyta*) as a potential food source. Journal of the Science of Food and Agriculture, 92(12): 2500-2506.
- World Health Organization (WHO), (2005). Quality control methods for medicinal plant materials, WHO, Geneva. Switzerland.



www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Food Hygiene, Vol. 10, No. 37, Springer 2020

"Research article" 10.30495/JFH.2020.1865190.1212

# Determination of some minerals and heavy metals, nitrate and nitrite of *Salicornia europaea* L. harvested from Urmia Lake in 2017

**Zomorodi, Sh.[1*], Behmadi, H.[2], Shavakhi, F.[2], Madani, S.[3]**

1. Associate Professor, Department of Engineering Research, West Azerbaijan Agricultural Education and Natural Resources Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Urmia, Iran
2. Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
3. MSc. Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

[*]Corresponding Author: s.zomorodi@areeo.ac.ir

(Received: 2019/3/28 Accepted: 2020/4/13)

## Abstract

The halophyte Salicornia was recently introduced as a fresh vegetable crop that thrives in extreme salty conditions. In this study, the ash, minerals, heavy metal and nitric and nitrite anions in different parts (root, aerial parts and seeds) of *Salicornia europaea* L. were evaluated. The results showed that the ash content and sodium in the aerial parts was the highest and in the roots the lowest ($P<0.05$). But, potassium, copper and calcium between different organs and seed were not significant. While zinc and magnesium in seed and iron in root were higher, and zinc, manganese and magnesium content were lower in the root than other parts ($p<0.05$). Salicornia roots had the lowest arsenic and cobalt and the highest lead ($p<0.05$). The seeds containeed the lowest lead, cadmium, mercury and nickel. The aerial parts of this plant also had the least chromium and the highest levels of cadmium, mercury, nickel and cobalt. The mercury in different parts of the Salicornia was lower than the standard value. The lead in the root and cadmium in the aerial parts and chromium, arsenic and nickel in all parts were higher than the limit allowed. The highest nitrate content and the lowest nitrite content in aerial parts and the lowest nitrate content and the highest nitrite content were observed in the seeds ($p <0.05$). In all studied parts, the nitrate content was found in standard limit. According to the results, aerial parts of Salicornia can be used as a source of calcium, iron, zinc and magnesium.

**Conflict of interest:** None declared.

**Keywords**: *Salicornia europaea* L., Minerals, Heavy metal residues, Nitrate, Nitrite



www.SID.ir