

## ارزیابی تنوع فیتوشیمیایی در جمعیت‌های سالیکورنیا (*Salicornia iranica Akhani*) رشد کرده در اطراف دریاچه ارومیه

محمد آقایی<sup>۱</sup>، عباس حسنی<sup>۲\*</sup>، حسین ناظمیه<sup>۳</sup> و بابک عبداللهی مندولکانی<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی دکترا، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۲- نویسنده مسئول، استاد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران، پست الکترونیک: horthasani@yahoo.com

۳- استاد، مرکز تحقیقات ریز فناوری دارویی، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران

۴- دانشیار، گروه اصلاح و بیوتکنولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

تاریخ دریافت: مهر ۱۳۹۷

تاریخ اصلاح نهایی: بهمن ۱۳۹۷

تاریخ پذیرش: بهمن ۱۳۹۷

### چکیده

ترکیب‌های پلی فنل موجود در گیاهان به دلیل اثرهای آنتی‌اکسیدانی و احتمالاً ضدسرطانی، از دیرباز مورد توجه پژوهشگران بوده‌اند. در این پژوهش، به منظور بررسی تنوع فیتوشیمیایی ۳۲ جمعیت وحشی سالیکورنیا (*Salicornia iranica Akhani*) رویش یافته در اطراف دریاچه ارومیه، میزان کلروفیل، کاروتنوئیدها، فنل کل، فلاونوئید کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در سال ۱۳۹۵ در گروه علوم باغبانی دانشگاه ارومیه اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که جمعیت‌های مورد مطالعه تنوع بالایی را از نظر ویژگی‌های فیتوشیمیایی مورد اندازه‌گیری داشتند. بیشترین میزان کلروفیل کل با مقدار ۱۲/۰۵ میلی‌گرم در گرم تر مربوط به جمعیت کارخانه ماسه و کمترین مقدار با ۰/۸۳۵ میلی‌گرم در گرم تر وزن تر مربوط به توده قوشچی I بود. بیشترین (۱۰/۴۱ میلی‌گرم اسید گالیک در گرم تر) و کمترین (۳/۷ میلی‌گرم اسید گالیک در گرم تر) میزان فنل کل به ترتیب در جمعیت قوشچی II و جمعیت کارخانه ماسه مشاهده گردید. همچنین جمعیت‌های داشخانه (با ۲/۱۲ میلی‌گرم کوئرستین در گرم تر) و رودخانه آجی‌چای (با ۰/۱۸ میلی‌گرم کوئرستین در گرم تر) به ترتیب بیشترین و کمترین میزان فلاونوئید کل را داشتند. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره جمعیت‌های مختلف در محدوده ۳/۱۶ (مربوط به جمعیت رودخانه آجی‌چای) تا ۷۰/۸۹٪ (مربوط به جمعیت میقیطالو) متغیر بود. براساس تجزیه خوشه‌ای، جمعیت‌های مورد بررسی در سه گروه قرار گرفتند و جمعیت‌های رودخانه آجی‌چای و میقیطالو بیشترین فاصله ژنتیکی را از یکدیگر داشتند. یافته‌های کلی این تحقیق نشان داد که جمعیت‌های سالیکورنیا رویش یافته در اطراف دریاچه ارومیه از تنوع قابل ملاحظه‌ای به‌ویژه از نظر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی برخوردارند که این می‌تواند در مدیریت ژرم پلاسما و اصلاح این گیاه مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: تجزیه خوشه‌ای، تنوع فیتوشیمیایی، سالیکورنیا (*Salicornia iranica Akhani*)، فنل کل، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی.

## مقدمه

شوری یکی از مهمترین تنش‌های غیرزیستی در کشاورزی و از بزرگترین عوامل محدودکننده رشد گیاه و تولید محصول در جهان می‌باشد، که به یکی از جدی‌ترین مشکلات جهانی برای فراهم کردن آب و زمین کافی برای رفع نیازهای غذایی جهان تبدیل شده است (El Shaer, 2010). در ایران حدود ۲۵ میلیون هکتار از اراضی را خاک‌های شور و سدیمی تشکیل می‌دهند که نزدیک به ۱۵٪ از کل کشور است. رشد بالای جمعیت کشور، شور شدن زمین‌های کشاورزی و کاهش منابع آب شیرین باعث شده است تا کشاورزی ایران با محدودیت‌های جدی روبرو باشد (Mohammadi, 2007). در این میان یکی از مهمترین مخاطرات طبیعی که در سال‌های اخیر در ایران در حال رخ دادن است کاهش آب و خشک شدن دریاچه ارومیه می‌باشد. دریاچه ارومیه بزرگترین شورترین دریاچه دائمی ایران است که بر اثر تغییرات جوی ایجاد شده طی دو دهه اخیر و به تبع آن خشکسالی‌های طولانی‌مدت و کاهش بیش از حد تراز سطح آب دریاچه مشکلات زیست محیطی فراوانی را بوجود آورده است و باعث شور شدن زمین‌های کشاورزی و مرغوب منطقه شده است (Aghaian-zadeh et al., 2013). از این رو پیدا کردن راهکاری که بتوان این زمین‌ها را احیاء کرده و دوباره مورد استفاده قرار داد ضروری می‌باشد. یکی از راهبردهایی که امروزه برای بهره‌برداری بیشتر از زمین‌های کم‌بهره و تحت تنش مطرح است تغییر الگوی کاشت و استفاده از گیاهان کم‌توقع و مقاوم در برابر انواع تنش‌ها مانند شوری می‌باشد. در این راستا مطالعه و شناسایی ارقام مقاوم به شوری که از لحاظ اقتصادی توجیه‌پذیر بوده و بتواند جایگزین دیگر محصولات کشاورزی شود، حائز اهمیت می‌باشد (Glenn et al., 1998).

یکی از گیاهان شورپسند برای نیل به اهداف یادشده، گیاه سالیکورنیا می‌باشد که هم به‌عنوان غذا و دارو و هم به‌عنوان علوفه مورد استفاده قرار می‌گیرد (Nasiri, 2013). سالیکورنیا (*Salicornia*) یکی از جنس‌های معروف متعلق به خانواده چغندرسانان (*Chenopodiaceae*) است که به‌صورت گیاهی

علفی، یک‌ساله، با ساقه‌های آبدار و گوشتی به‌طور طبیعی در سواحل دریا و حاشیه ماندآب‌های شور رشد و تکامل یافته است (Isca et al., 2014). گونه *Salicornia iranica* Akhani جزء گونه‌های بومی (اندمیک) سالیکورنیا در ایران بوده و در ایران مرکزی رشد می‌کند و یک جنس دیپلوئید از سالیکورنیا است (Akhani, 2008). رویشگاه‌های این گیاه در ایران شامل استان‌های فارس، سمنان، گرگان، بوشهر، هرمزگان، یزد، خراسان، خوزستان، مرکزی، آذربایجان غربی و شرقی، اصفهان، قم و تهران می‌باشد (Akhani, 2008). سالیکورنیا به‌عنوان یک محصول زراعی امیدوارکننده مقاوم به شوری، می‌تواند به‌طور بالقوه در محصولات غذایی انسان و دام آورده شود (Lu et al., 2010). گونه‌های سالیکورنیا اهمیت بالایی به‌دلیل استفاده‌های آن در درمان انسانی دارند و علاوه بر صنایع دارویی، به‌عنوان یک افزودنی در تولید شیشه و صابون کاربرد دارند (Liebezeit, 2008). ترکیب‌های شیمیایی موجود در این گیاه شامل آلکالوئیدها، فلاونوئیدها، ترکیب‌های پلی‌فنلی، ساپونین‌های تری‌ترپنوئیدی و استروئیدها می‌باشد (Isca et al., 2014). از ترکیب‌های فلاونوئیدی جدا شده از گیاه می‌توان به کوئرستین، ایزوکوئرستین، روتین و ایزو رامنیتین اشاره نمود (Geslin & Verbist, 1985). بررسی‌ها نشان داده است که مشتقات کوئرستین جزو مهمترین فلاونوئیدهای گیاه می‌باشد که گیاه را در برابر تابش‌های فرابنفش محافظت می‌کند (Liebezeit, 2008). گونه‌های سالیکورنیا در طب سنتی به‌عنوان داروی دیابت، گواتر، خارش و جرب استفاده می‌شود (Isca et al., 2014).

آنتی‌اکسیدان‌ها از لحاظ بیولوژیک ترکیب‌های فعالی محسوب می‌شوند که بدن را در برابر آسیب‌های ناشی از گونه‌های فعال اکسیژن، نیتروژن و کلر که منجر به بروز بیماری‌ها می‌شوند، محافظت می‌نمایند (Harisaranraj et al., 2008). ترکیب‌های پلی‌فنلی و به‌ویژه فلاونوئیدها به‌دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی قادر هستند رادیکال‌های آزاد موجود در محیط را خنثی کرده و از اثرهای مخرب آنها جلوگیری بعمل آورند (Sun, 2000). فعالیت آنتی‌اکسیدانی

آنتی‌اکسیدانی بودند.

برای اندازه‌گیری رنگیزه‌های کلروفیل و کاروتنوئیدها ابتدا یک گرم از گیاه تازه را در هاون چینی با استفاده از ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰٪ عصاره‌گیری کرده، سپس عصاره حاصل را سانتریفیوژ نموده، محلول رویی را برداشته و با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر (Unico UV/Vis, USA 2100) میزان جذب آن در طول موج‌های ۶۶۲، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر قرائت شد. در نهایت مقادیر کلروفیل و کاروتنوئیدها از روابط زیر محاسبه گردید (Lichtenthaler & Wellburn, 1983).

$$Ca = 11.75 A_{662} - 2.35 A_{645}$$

$$Cb = 18.61 A_{645} - 3.96 A_{662}$$

$$Cx + c = (1000 A_{470} - 2.27 Ca - 81.4 Cb) / 227$$

A: میزان جذب در هر طول موج، Ca: مقدار کلروفیل a،  
Cb: مقدار کلروفیل b، Cx+c: مقدار کاروتنوئید

برای سنجش فنل کل از معرف فولین سیوکالتیو استفاده شد. برای این منظور از سرشاخه‌های هر بوته یک نمونه مرکب به وزن یک گرم توزین و در داخل هاون ریخته شد. سپس نمونه با ۱۰ میلی‌لیتر متانول ۸۰٪ عصاره‌گیری شد. عصاره صاف شده به مدت ۵ دقیقه سانتریفیوژ (۱۰۰۰ دور در دقیقه) و از محلول رویی برای اندازه‌گیری استفاده گردید. میزان جذب نمونه‌ها در طول موج ۷۲۵ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر قرائت شد. برای رسم منحنی استاندارد از اسید گالیک استفاده گردید و میزان فنل کل عصاره براساس میلی‌گرم اسید گالیک در گرم وزن تر گزارش شد (Seevers & Daly, 1970).

ترکیب‌های فنلی اساساً به دلیل ویژگی اکسیداسیون-احیاء آنها بوده که می‌توانند نقش مهمی در خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد و از بین بردن پراکسیدها یا سایر گونه‌های اکسیژن فعال بازی کنند (Osawa, 1994). بررسی‌ها مشخص کرده است که تغییرات شرایط اقلیمی مواد مؤثره گیاهان را از نظر کمی و کیفی به شدت دستخوش تغییر می‌کند (Tetenyi, 2002). مطالعات مختلف نشان داده است که میزان ترکیب‌های شیمیایی در گونه‌های مختلف سالیکورنیا متفاوت بوده که این تفاوت از دو عامل ژنتیک و شرایطی محیطی منشأ می‌گیرد. پژوهش‌های Kang و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد که گیاهان سالیکورنیای رشد یافته در محیط طبیعی، دارای تنوع زیادی در ترکیب‌های شیمیایی می‌باشند که این ناشی از تنوع در نمک آب است و کاهش آب و بالا رفتن نمک در نواحی ساحلی سبب محدودیت طبیعی برای گیاه می‌شود. این پژوهش به منظور ارزیابی میزان کلروفیل، کاروتنوئید، فنل کل، فلاونوئید کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در جمعیت‌های مختلف سالیکورنیای رویش یافته در اطراف دریاچه ارومیه که به‌عنوان منابع طبیعی آنتی‌اکسیدان عمل می‌کنند، انجام شد.

## مواد و روش‌ها

در این پژوهش، از ۳۲ جمعیت وحشی سالیکورنیای رویش یافته در مناطق مختلف اطراف دریاچه ارومیه (جدول ۱ و شکل ۱) در سال ۱۳۹۵، در مرحله تمام گل نمونه‌برداری شد. بدین‌منظور، برای هر تکرار از سرشاخه‌های پنج بوته مجزا، یک نمونه مرکب تهیه شده و نمونه‌ها برای اندازه‌گیری ویژگی‌های فیتوشیمیایی مورد نظر به آزمایشگاه گروه باغبانی دانشگاه ارومیه منتقل گردیدند. ترکیب‌های مورد اندازه‌گیری شامل کلروفیل a، b و کل، کاروتنوئیدها، فنل کل، فلاونوئید کل و ظرفیت

جدول ۱- مناطق جمع‌آوری جمعیت‌های مختلف سالیکورنیای اطراف دریاچه ارومیه

کد	جمعیت	محل جمع‌آوری	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی
P1	قوشچی I	آذربایجان غربی	38° 0'2.55"N	45° 5'7.24"E
P2	قوشچی II	آذربایجان غربی	38° 0'2.55"N	45° 5'7.24"E
P3	بندر رحمانلو	آذربایجان شرقی	37°30'27.75"N	45°47'35.42"E
P4	بعد از علوم پزشکی قبل از سد حسنلو	آذربایجان غربی	37° 8'31.49"N	45°26'28.23"E
P5	داشخانه	آذربایجان غربی	37° 2'9.74"N	45°41'7.89"E
P6	بندر شرفخانه	آذربایجان شرقی	38°10'30.96"N	45°28'21.76"E
P7	نیروگاه بناب	آذربایجان شرقی	37°24'52.32"N	46° 0'31.73"E
P8	جزیره اسلامی	آذربایجان شرقی	37°54'15.67"N	45°25'11.52"E
P9	چی چست	آذربایجان غربی	37°35'15.63"N	45°15'32.59"E
P10	تالاب روبروی سد حسنلو I	آذربایجان غربی	37° 6'2.48"N	45°28'49.08"E
P11	تالاب روبروی سد حسنلو II	آذربایجان غربی	37° 6'2.48"N	45°28'49.08"E
P12	تالاب سولدوز	آذربایجان غربی	37° 2'39.24"N	45°35'10.94"E
P13	پلیس‌راه ارومیه	آذربایجان غربی	37°21'8.63"N	45°17'17.52"E
P14	قبل از پلیس‌راه ارومیه	آذربایجان غربی	37°22'34.67"N	45°16'13.60"E
P15	سرای	آذربایجان شرقی	37°51'55.05"N	45°34'44.08"E
P16	شکارگاه	آذربایجان شرقی	37°56'27.59"N	45°42'7.39"E
P17	گوگان حاصلو I	آذربایجان شرقی	37°49'1.22"N	45°50'23.82"E
P18	گوگان حاصلو II	آذربایجان شرقی	37°49'1.22"N	45°50'23.82"E
P19	سرای بین جاده	آذربایجان شرقی	37°52'34.46"N	45°39'2.32"E
P20	کارخانه ماسه	آذربایجان غربی	37°11'34.29"N	45°21'50.18"E
P21	عیسی کان I	آذربایجان غربی	37°31'35.60"N	45°15'59.99"E
P22	عیسی کان II	آذربایجان غربی	37°31'35.60"N	45°15'59.99"E
P23	شیرین بلاغ I	آذربایجان غربی	37° 7'48.66"N	45°26'51.08"E
P24	شیرین بلاغ II	آذربایجان غربی	37° 7'48.66"N	45°26'51.08"E
P25	رودخانه آجی‌چای	آذربایجان شرقی	37°52'2.41"N	45°44'55.30"E
P26	پلیس‌راه نرسیده به پل روگذر	آذربایجان غربی	37°43'9.29"N	45°13'57.39"E
P27	رودخانه حسن‌آباد	آذربایجان شرقی	37°56'17.47"N	45°45'16.60"E
P28	ایستگاه رادیو	آذربایجان شرقی	37°52'29.76"N	45°49'23.52"E
P29	گرده قیط I	آذربایجان غربی	37° 2'13.09"N	45°37'34.52"E
P30	گرده قیط II	آذربایجان غربی	37° 1'53.30"N	45°39'10.45"E
P31	دیزج دول	آذربایجان غربی	37°15'3.44"N	45°19'32.19"E
P32	مقیطالو	آذربایجان غربی	38° 1'9.86"N	45° 9'4.67"E



شکل ۱- مناطق جمع‌آوری جمعیت‌های مختلف سالیکورنیای اطراف دریاچه ارومیه

رادیکال آزاد DPPH به‌وسیله آنتی‌اکسیدان‌ها در غیاب سایر رادیکال‌های آزاد در محیط می‌باشد و نتیجه این عمل باعث ایجاد رنگی در محیط می‌شود که شدت آن در طول موج ۵۱۷ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر قابل اندازه‌گیری است. برای اندازه‌گیری ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، از سرشاخه‌های هر بوته یک نمونه مرکب به وزن یک گرم توزین و در داخل هاون ریخته شد. سپس با مقدار ۱۰ میلی‌لیتر متانول ۸۰٪ عصاره‌گیری و به مدت پنج دقیقه سانتی‌فیوژ (۱۰۰۰ دور در دقیقه) شده و از محلول رویی برای اندازه‌گیری استفاده گردید. آنگاه ۳۰ میکرولیتر از عصاره تهیه شده را برداشته و به آن دو میلی‌لیتر از محلول DPPH اضافه شد و در نهایت جذب نمونه‌ها با دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت گردید و فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های گیاهی از رابطه زیر محاسبه شد (Lakshmi *et al.*, 2015).

برای استخراج و اندازه‌گیری فلاونوئید کل، یک گرم از سرشاخه‌های گیاه را در هاون چینی ریخته و با استفاده از بر مبنای ۱۰ میلی‌لیتر متانول ۸۰٪ عصاره‌گیری گردید. سپس یک میلی‌لیتر از عصاره استخراج شده را برداشته و به یک میلی‌لیتر محلول ۲٪ آلومینیوم تری‌کلراید ( $AlCl_3$ ) اضافه شده و حجم آن با اتانول به ۲۵ میلی‌لیتر رسانیده شد. نمونه‌ها به مدت ۴۰ دقیقه سانتی‌فیوژ شده و بعد از ۴۰ دقیقه جذب نمونه‌ها در طول موج ۳۸۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد. از محلول کوئرستین برای رسم منحنی استاندارد استفاده شد و میزان فلاونوئید کل عصاره براساس میلی‌گرم کوئرستین در گرم وزن تر گیاه گزارش شد (Khazaal *et al.*, 1993). به‌منظور ارزیابی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل نمونه‌های مورد مطالعه از روش DPPH استفاده شد. اساس این روش احیاء

$$\text{درصد مهار} = (A_{\text{control}} - A_{\text{sample}}) / A_{\text{control}} \times 100$$

$A_{\text{control}}$ : جذب محلول بلانک در ۵۱۷ نانومتر

$A_{\text{sample}}$ : جذب نمونه در ۵۱۷ نانومتر

## تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

مؤلفه‌های اصلی با استفاده از نرم‌افزار XLSTAT انجام شد.

## نتایج

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که جمعیت‌ها از نظر صفات مورد بررسی دارای تفاوت معنی‌داری ( $P \leq 0.01$ ) می‌باشند.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های مربوط به اندازه‌گیری ویژگی‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.2 انجام گردید. محاسبه همبستگی بین صفات، تجزیه خوشه‌ای داده‌ها (براساس روش Ward و معیار حداقل واریانس) و تجزیه به

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در جمعیت‌های سالیکورنیای اطراف دریاچه ارومیه

منابع تغییرات	درجه آزادی	کلروفیل کل	کلروفیل a	کلروفیل b	کاروتنوئیدها	فنل کل	فلاونوئید کل	ظرفیت آنتی‌اکسیدانی
جمعیت	۳۱	۱۴/۴۶**	۷/۶۲**	۰/۹**	۱/۹۳**	۹/۰۳**	۰/۷۳**	۱۳۳۴/۱۲**
اشتباه	۶۴	۰/۰۱	۰/۰۸۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۴۵۲	۰/۰۷۸	۶/۶۳۴
CV(%)		۲/۵۴	۱۱/۰۷	۳/۴۸	۲/۴۵	۱۰/۴۶	۲۶/۷۴	۵/۸۳

\*\* معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪

کارخانه ماسه و کمترین مقادیر کلروفیل a، b و کل (با مقدار ۰/۸۳۵ میلی‌گرم در گرم در وزن تر) در جمعیت قوشچی I مشاهده شد. بیشترین (۵/۴۱ میلی‌گرم در گرم در وزن تر) و کمترین (۰/۷۹۷ میلی‌گرم در گرم در وزن تر) مقدار کاروتنوئید به ترتیب در جمعیت‌های کارخانه ماسه و قوشچی I بدست آمد. میزان فنل کل در جمعیت‌های مختلف سالیکورنیا از ۳/۷ (در جمعیت کارخانه ماسه) تا ۱۰/۴۱ (در جمعیت قوشچی II) میلی‌گرم اسید گالیک در گرم وزن تر متغیر بود.

دامنه تغییرات و میانگین صفات در میان توده‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت. صفاتی که دارای ضریب تغییرات بالایی هستند محدوده وسیع‌تری از کمیت صفت را دارا بوده و دامنه انتخاب وسیع‌تری برای آن صفت فراهم می‌کنند. در بین صفات مطالعه شده، کلروفیل a و کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی دارای بیشترین تنوع بودند (جدول ۳).

براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیشترین میزان کلروفیل a، b و کل (با مقدار ۱۲/۰۵ میلی‌گرم در گرم در وزن تر) در جمعیت

جدول ۳- میانگین و ضریب تغییرات صفات در جمعیت‌های سالیکورنیای اطراف دریاچه ارومیه

صفات	حداقل	حداکثر	میانگین	ضریب تغییرات (%)
کلروفیل a	۰/۲۹۱	۸/۵۰۷	۲/۶۸۸	۶۱/۳۸
کلروفیل b	۰/۵۴۳	۳/۵۴۷	۱/۴۰۲	۳۹/۶۶
کلروفیل کل	۰/۸۳۵	۱/۲۰۵	۴/۰۸۹	۵۴/۲۲
کاروتنوئیدها	۰/۷۹۷	۵/۴۱۴	۱/۷۵۹	۴۶/۰۵
فنل کل	۳/۷	۱۰/۴۱۴	۶/۴۱۹	۲۷/۰۹
فلاونوئید کل	۰/۱۸	۲/۱۲	۱/۰۴۹	۴۷/۴۷
ظرفیت آنتی‌اکسیدانی	۳/۱۶	۷۰/۸۹	۲۲/۱۱۲	۹۵/۶۲

جدول ۴- مقایسه میانگین مقادیر ترکیبات شیمیایی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در جمعیت‌های سالیکورنای اطراف دریاچه ارومیه

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (%)	فلاونوئید کل (mg QE/g fw)	فنل کل (mg GAE/g fw)	کاروتنوئیدها (mg/g fw)	کلروفیل کل (mg/g fw)	کلروفیل b (mg/g fw)	کلروفیل a (mg/g fw)	جمعیت
۳۶/۰۴g	۱/۵۵bc	۵/۴۱i-m	۰/۸۰t	۰/۸۳s	۰/۵۴s	۰/۲۹q	P1
۲۸/۳۱h	۱/۳۰c-g	۱۰/۴۱a	۱/۶۷ij	۴/۲۴g	۱/۶۱f	۲/۶۳e-j	P2
۲۹/۳۰h	۰/۲۳k	۴/۷۰k-o	۱/۴۳m	۲/۹۰n	۱/۱۲mn	۱/۸۰l-o	P3
۲۳/۳۶i	۱/۹۰ab	۵/۵۹h-m	۱/۱۰r	۲/۴۹p	۰/۹۹op	۱/۴۹o	P4
۲۱/۹۸i	۲/۱۲a	۸/۹۰b	۱/۹۴g	۴/۳۶fg	۱/۴۴h	۲/۹۲d-g	P5
۱۶/۶۳j	۰/۳۴jk	۵/۳۶i-m	۱/۲۶op	۲/۴۲p	۰/۹۲pq	۱/۵۰o	P6
۶/۹۳qr	۱/۰۲c-i	۵/۱۶i-n	۱/۶۸ij	۳/۹۵h	۱/۲۲kl	۲/۷۳e-i	P7
۸/۵۱opq	۱/۴۲b-e	۷/۳۰c-f	۱/۲۵opq	۲/۳۹p	۱/۰۴no	۱/۳۵o	P8
۴/۹۵rst	۱/۳۶c-f	۴/۴۷mno	۱/۳۶mn	۳/۷۳ij	۱/۳۳j	۲/۴۰g-k	P9
۴/۹۵rst	۰/۶۵h-k	۵/۹۶g-k	۱/۷۹h	۳/۵۷jk	۱/۳۰jk	۲/۲۷h-m	P10
۱۲/۸۷kl	۱/۱۲c-h	۶/۱۳f-j	۱/۵۶kl	۳/۶۶ijk	۱/۲۶jk	۲/۴۱g-k	P11
۱۶/۰۳j	۱/۰۰c-i	۷/۷۳cd	۲/۱۹e	۶/۱۴e	۱/۷۲e	۳/۰۸de	P12
۹/۹۰no	۱/۴۳b-e	۷/۴۷cde	۲/۴۶c	۸/۲۳b	۲/۲۶c	۵/۹۷b	P13
۶/۱۳qrs	۰/۹۳e-i	۴/۵۹mno	۱/۹۴g	۶/۴۹d	۱/۸۶d	۴/۶۲d	P14
۱۴/۸۵jk	۰/۹۷d-i	۷/۶۱cde	۲/۱۱f	۴/۴۳fg	۱/۵۱gh	۲/۹۱d-g	P15
۹/۷۰nop	۱/۱۵c-h	۶/۳۹e-i	۲/۱۷ef	۴/۴۹f	۱/۴۸gh	۳/۰۱de	P16
۱۱/۰۲lmn	۱/۴۳b-e	۷/۴۷cde	۲/۹۰b	۷/۹۵c	۲/۴۱b	۵/۵۵b	P17
۷/۵۲pq	۰/۹۸d-i	۵/۷۷h-m	۱/۶۹ij	۴/۳۳fg	۱/۳۵ij	۲/۹۸def	P18
۱۰/۲۹mno	۰/۹۵d-i	۵/۹۳g-l	۱/۲۸op	۳/۳۱l	۱/۰۱o	۲/۳۰h-l	P19
۶/۹۳qr	۰/۲۰k	۳/۷۰o	۵/۴۱a	۱۲/۰۵a	۳/۵۵a	۸/۵۱a	P20
۱۲/۲۷lm	۱/۹۰ab	۶/۸۴d-h	۱/۱۸q	۳/۳۱l	۱/۱۱mn	۲/۲۰i-n	P21
۱۱/۲۸lmn	۰/۹۵d-i	۶/۸۱d-h	۱/۶۳jk	۳/۱۰m	۱/۴۳hi	۱/۶۶no	P22
۴/۱۵st	۰/۸۲f-j	۴/۰۴no	۱/۹۲g	۲/۵۵op	۱/۰۷mno	۱/۴۹o	P23
۱۲/۴۷lm	۱/۲۸c-g	۷/۵۶cde	۱/۳۲no	۳/۰۳mn	۱/۱۵lm	۱/۸۸k-o	P24
۳/۱۶t	۰/۱۸k	۴/۵۰mno	۱/۷۴hi	۳/۵۴k	۱/۳۲j	۲/۲۲i-m	P25
۶/۳۳qrs	۱/۵۰bcd	۴/۶۴l-o	۱/۲۱pq	۲/۷۰o	۱/۲۷jk	۱/۷۳mno	P26
۶۲/۵۷d	۰/۷۹g-j	۷/۱۰c-f	۰/۹۱s	۱/۲۲r	۰/۷۸r	۰/۴۴pq	P27
۵۱/۲۸f	۱/۳۶c-f	۱۰/۳۰a	۱/۷۳hi	۴/۳۶fg	۱/۵۴fg	۲/۸۲d-h	P28
۵۴/۰۵e	۱/۲۲c-g	۹/۰۱b	۱/۲۴pq	۱/۷۰q	۰/۸۶qr	۰/۸۴p	P29
۶۵/۵۴c	۰/۶۴h-k	۸/۱۶bc	۱/۵۳l	۳/۱l	۱/۲۲kl	۲/۱۰j-n	P30
۶۷/۷۲b	۰/۵۳ijk	۵/۴۱i-m	۱/۵۹kl	۳/۷۶i	۱/۳۱jk	۲/۴۴f-j	P31
۷۰/۸۹a	۰/۳۷jk	۴/۹۳j-o	۲/۲۹d	۶/۰۱e	۱/۸۹d	۴/۱۳c	P32

حروف مشابه در مقابل میانگین‌ها در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ بین آنهاست (آزمون دانکن).

فلاونوئید کل به ترتیب بیشترین و کمترین ضرایب همبستگی را با ظرفیت آنتی‌اکسیدانی داشتند. همچنین بیشترین همبستگی با فلاونوئید کل مربوط به فنل کل بود. براساس تجزیه خوشه‌ای به روش وارد، جمعیت‌های سالیکورنیای مورد مطالعه در سه گروه قرار گرفتند (شکل ۲). در گروه اول ۶۲/۵٪ (جمعیت‌های P14, P9, P26, P20, P23, P25, P12, P15, P21, P8, P24, P13, P17, P16, P19, P11, P10, P22, P7 و P18)، در گروه دوم ۱۸/۷۵٪ (جمعیت‌های P2, P5, P1, P3, P4 و P6) و در گروه سوم نیز ۱۸/۷۵٪ (جمعیت‌های P28, P29, P31, P32, P27 و P30) جمعیت‌ها قرار گرفتند. گروه سوم شامل جمعیت‌هایی بود که بالاترین میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را به خود اختصاص داده بود.

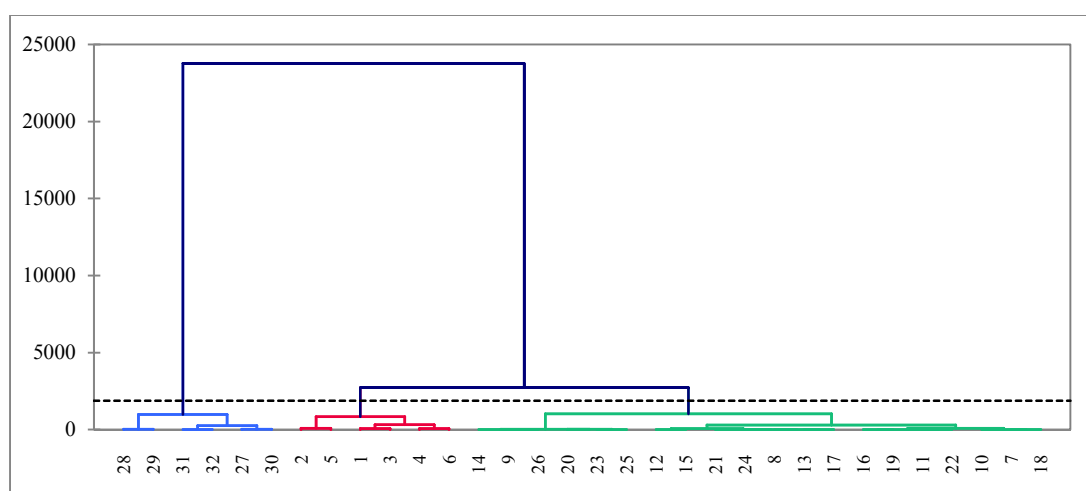
میزان ترکیب‌های فلاونوئیدی نیز در جمعیت‌های مختلف متغیر بوده و از ۰/۱۸ میلی‌گرم کوئرستین در گرم وزن تر در جمعیت رودخانه آجی‌چای تا ۲/۱۲ میلی‌گرم کوئرستین در گرم وزن تر در جمعیت داشخانه متفاوت بود. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره جمعیت‌های مختلف در محدوده ۳/۱۶٪ تا ۷۰/۸۹٪ متغیر بوده و به ترتیب مربوط به جمعیت‌های رودخانه آجی‌چای و میقظالو بود (جدول ۴).

محاسبه ضرایب همبستگی بین صفات (جدول ۵) نشان داد که بین برخی از صفات همبستگی معنی‌داری ( $P \leq 0.05$ ) وجود داشت. به طوری که بیشترین همبستگی بین میزان کلروفیل کل و کلروفیل a و کمترین همبستگی بین فنل کل و کلروفیل b مشاهده شد. فنل کل و

جدول ۵- ضرایب همبستگی ساده بین صفات در جمعیت‌های سالیکورنیای اطراف دریاچه ارومیه

کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئید کل	فنل کل	فلاونوئید کل	ظرفیت آنتی‌اکسیدانی
۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۰/۹۷۶*	۰/۹۸۱*	۰/۹۹۸*	۰/۹۲۰*	-۰/۱۶۳	۰/۴۴۹*	۰/۱۶۹
۰/۹۹۸*	۰/۹۳۴*	۰/۹۰۵*	۰/۹۲۰*	-۰/۰۹۳	-۰/۳۱۰	-۰/۲۰۳
-۰/۱	-۰/۰۷۱	-۰/۱	-۰/۰۹۳	-۰/۰۷۱	-۰/۱۶۸	-۰/۲۲۴
-۰/۱۶۸	-۰/۱۹۷	-۰/۱۶۸	-۰/۱۶۸	-۰/۱۶۸	-۰/۱۶۸	-۰/۱۹۵
-۰/۲۳۱	-۰/۱۹۵	-۰/۲۳۱	-۰/۲۲۴	-۰/۲۲۴	-۰/۲۲۴	-۰/۲۲۴

\*: معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪

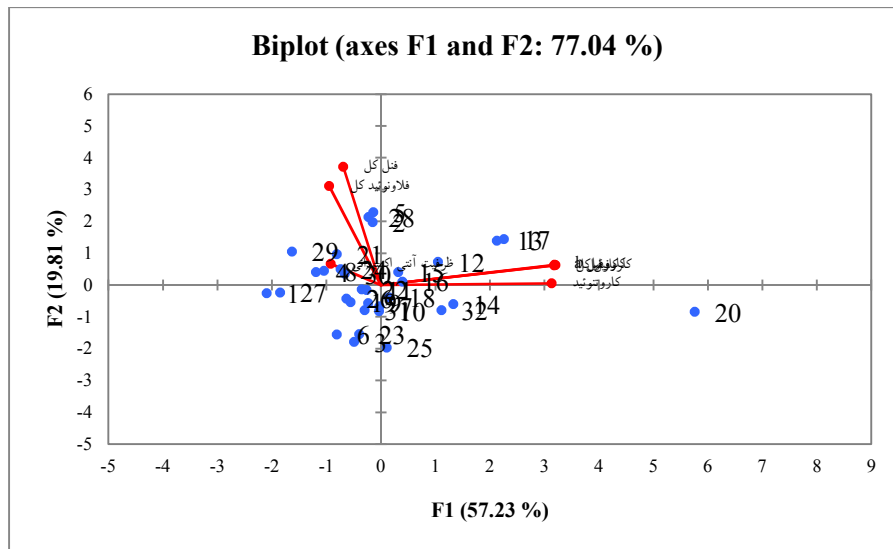


شکل ۲- تجزیه خوشه‌ای جمعیت‌های سالیکورنیای اطراف دریاچه ارومیه به روش Ward براساس صفات اندازه‌گیری شده



مجموع ۷۷/۴٪ (۵۷/۲۳٪ برای مؤلفه اول و ۱۹/۸۱٪ برای مؤلفه دوم) از تغییرات کل را توجیه نمودند. اولین مؤلفه همبستگی بالایی با محتوای کلروفیل a و b، کلروفیل کل و کاروتنوئید داشت. مؤلفه دوم نیز همبستگی بالایی با محتوای فنول کل و فلاونوئید کل داشت.

در این پژوهش تجزیه و تحلیل چند متغیره، به منظور دسته‌بندی نمونه‌ها با توجه به خصوصیات بیوشیمیایی (میزان کلروفیل a، b و کل، کاروتنوئیدها، فنل کل، فلاونوئید کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی) انجام شد (شکل ۳). با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی ۶ متغیر اولیه در قالب دو متغیر جدید (دو مؤلفه اصلی) تعیین شدند که این دو مؤلفه در



شکل ۳- تجزیه به مؤلفه‌های اصلی براساس صفات اندازه‌گیری شده در جمعیت‌های مختلف سالیکورنیا

آنتی‌اکسیدانی عصاره گیاه سالیکورنیا ناشی از وجود ترکیب‌های پلی فنولی و فلاونوئیدی موجود در گیاه می‌باشد و تنوع شوری آب سبب تنوع زیادی در ترکیب‌های شیمیایی گیاه می‌شود. همچنین محققان نشان دادند که ترکیب تانگ تانگ مدیک اسید (Tungtungmadic acid) یکی از ترکیب‌های پلی فنولی مهم با خاصیت آنتی‌اکسیدانی قوی در گیاه سالیکورنیا می‌باشد (Chung et al., 2005). مطالعاتی که توسط Daffodil و همکاران (۲۰۱۳) بر روی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بخش‌های (فراکسیون‌های) مختلف عصاره حاصل از سالیکورنیا (*Salicornia brachiata*) انجام شد نشان داد که عصاره متانولی دارای ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بیشتری نسبت به حلال‌های غیرقطبی‌تر می‌باشد و این به دلیل استخراج بهتر ترکیب‌های فنلی گیاه توسط متانول می‌باشد. با توجه به نتایج

## بحث

در این پژوهش میزان فنل کل بین ۳/۷ تا ۱۰/۴۱ میلی‌گرم اسید گالیک بر گرم وزن تر متغیر بود. برخی پژوهش‌ها پیشنهاد کرده‌اند که ترکیب‌های پلی فنولیک اندام‌های گیاه تحت تأثیر ژنوتیپ و عادت رشدی می‌باشد (Orhan et al., 2007)، اگرچه ارتفاع، نور، دما و میزان مواد غذایی قابل دسترس در خاک نیز می‌تواند متابولیسم فنیل پروپانوئیدها را تحت تأثیر قرار دهد (Dixon & Paiva, 1995). مرحله بلوغ گیاه در زمان برداشت نیز یکی از فاکتورهای مهم تأثیرگذار روی میزان ترکیب‌های فنولیک می‌باشد. Bystrická و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که میزان و نوع ترکیب‌های فنلی در گیاهان دارویی به گونه، نوع اندام و مرحله رشد گیاه بستگی دارد. نتایج مطالعات Kang و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد که فعالیت

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی توده‌های ریحان ایران مشخص شد که خوشه‌بندی این توده‌ها از پراکنش جغرافیایی آنها تبعیت نمی‌کند (Aghaei et al., 2014; Javanmardi et al., 2003). برخلاف آنچه که در این تحقیق مشاهده گردید بررسی تنوع ژنتیکی شش جمعیت سالیکورنیا (*Salicornia ramosissima*) رویش یافته در آلمان مرکزی نشان‌دهنده تطابق آنها با پراکنش جغرافیایی بود (Krüger et al., 2002). بررسی تنوع ژنتیکی دو گونه از گیاه شورزی *Salsola* حکایت از تنوع بالای این گیاه داشت و بررسی شرایط محیطی محل رشد گیاه نشان داد که تنوع در میزان شوری، تغذیه، pH و رطوبت خاک باعث تغییر تیپ رویشی گیاه می‌شود (Shuyskaya et al., 2017).

به‌عنوان نتیجه‌گیری کلی باید گفت نتایج این پژوهش نشان داد که جمعیت‌های سالیکورنیای رشد کرده در اطراف دریاچه ارومیه، از تنوع قابل‌ملاحظه‌ای به‌ویژه از نظر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی برخوردارند. با این حال عدم تطابق خوشه‌بندی جمعیت‌ها با پراکنش جغرافیایی آنها ممکن است ناشی از یکی بودن منشأ بذری مناطق جمع‌آوری جمعیت‌های مختلف سالیکورنیا باشد. شناسایی و جداسازی ترکیب‌های دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی بالا با هدف بررسی تنوع این ترکیب‌ها در جمعیت‌های مختلف سالیکورنیا و مطالعه ارتباط این صفات با تنوع مولکولی جزء برنامه‌های تحقیقاتی بعدی در این زمینه می‌باشد.

### سپاسگزاری

از مسئولان محترم پژوهشکده مطالعات دریاچه ارومیه، به‌دلیل تأمین بخشی از بودجه لازم برای انجام این تحقیق (قرارداد شماره ۵۳/۶۰۸)، صمیمانه سپاسگزاری می‌شود.

### منابع مورد استفاده

- Aghaei, M., Hassani, A. and Darvishzadeh, R., 2014. Study on phenotypic variation of total phenol and antioxidant capacity among Iranian basil (*Ocimum basilicum* L.) landraces. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 30(2): 283-291.
- Aghaian-zadeh, A., Pirkharaty, H. and Rezaie, N., 2013. Drying of Lake Urmia and the challenges

بدست‌آمده و با بررسی میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در بین توده‌های مختلف، مشاهده می‌شود که در برخی از توده‌ها، با وجود داشتن ترکیب‌های فنلی کل بیشتر نسبت به توده‌های دیگر، میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی مشابه یا کمتری دارند، که این می‌تواند ناشی از وجود آنتی‌اکسیدان‌های غیرفنلی یا ترکیب‌های مختلف فنلی با خاصیت آنتی‌اکسیدانی یکسان باشد. همچنین ممکن است ترکیب‌های فنلی آنها جزء ترکیب‌هایی باشند که خاصیت آنتی‌اکسیدانی ندارند (Javanmardi et al., 2003). از همبستگی صفات برای بررسی و ایجاد رابطه منطقی و معنی‌دار بین صفات استفاده می‌شود. شناسایی ارتباط بین صفات می‌تواند بررسی صفاتی را که اندازه‌گیری آنها دشوار می‌باشد، هموار سازد. همبستگی مثبت بین کلروفیل a و b و کلروفیل کل و کاروتنوئید نشان‌دهنده ارتباط نزدیک این ویژگی‌ها با هم می‌باشد. همچنین همبستگی مثبت بین فنل کل و فلاونوئید کل ناشی از منشأ مشترک این ترکیب‌ها بوده و همه آنها جزء خانواده فنل‌ها می‌باشند. بررسی‌های انجام شده برای شناسایی فلاونوئیدهای گیاه سالیکورنیا نشان داد که روتین، ایزو رامتین، کوئرستین و مشتقات آن عمده‌ترین ترکیب‌های فلاونوئیدی گیاه می‌باشد و به‌دلیل بالا بودن کوئرستین در گیاه از آن برای درمان خارش و ترومبوز سیاهرگی استفاده می‌شود (Kim et al., 2008; Christine et al., 2017). نکته قابل توجه در بررسی ضریب همبستگی بین صفات می‌تواند مربوط به همبستگی مثبت بین فنل کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی باشد. با اینکه این همبستگی معنی‌دار نیست ولی نشان‌دهنده سهم بالاتر خاصیت آنتی‌اکسیدانی ترکیب‌های فنلی نسبت به ترکیب‌های دیگر می‌باشد. از سوی دیگر با بررسی نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای داده‌ها مشاهده می‌شود که گروه‌بندی جمعیت‌ها با پراکنش جغرافیایی آنها مطابقت ندارد؛ بنابراین می‌توان احتمال داد که بین جمعیت‌ها از طریق جابجایی دانه گرده و بذرها، جریان ژنی و در نتیجه مهاجرت رخ داده است. از این رو اتکای صرف به گوناگونی مناطق جغرافیایی در انتخاب والدین برای پروژه‌های اصلاحی کافی نبوده بلکه این مهم باید با توجه به ظرفیت‌های ویژه هر جمعیت انجام شود. براساس مطالعات انجام شده بر روی تنوع فنوتیپی فنل کل و

- Kang, S., Kim, M.R., Chiang, M. and Hong, J., 2015. Evaluation and comparison of functional properties of fresh water-cultivated Glasswort (*Salicornia herbacea* L.) with naturally-grown Glasswort. Food Science Biotechnology, 24(6): 2245-2250.
- Khazaal, K., Markantonuts, X., Nastis, A. and Ørskov, E.R., 1993. Changes with maturity in fibre composition and levels of extractable polyphenols in Greek browse: effects on in vitro gas production and in sacco dry matter degradation. Journal of the Science of Food and Agriculture, 63(2): 237-244.
- Kim, H.S., Yoon, Y.S. and Cho, J.W., 2008. Quantitative analysis of flavonoids from *Salicornia herbacea* L. extract by LC-MS. Korean Journal of Medicinal Crop Science, 16(4): 231-237.
- Krüger, A.M., Hellwig, F.H. and Oberprieler, C. 2002. Genetic diversity in natural and antropogenic inland populations of salt-tolerant plants: random amplified polymorphic DNA analysis of *Aster tripolium* L. (Compositae) and *Salicornia ramosissima* Woods (Chenopodiaceae). Molecular Ecology, 11: 1647-1655.
- Lakshmi, T., Ramasamy, R. and Thirumalaikumaran, R., 2015. Preliminary phytochemical analysis and in vitro antioxidant, FTIR spectroscopy, anti-diabetic activity of *Acacia catechu* ethanolic seed extract. Pharmacognosy Journal, 7: 356-362.
- Lichtenthaler, H.K. and Wellburn, A.R., 1983. Determination of total carotenoids and chlorophyll a and b of leaf extracts in different solvents. Biochemical Society Transactions, 11: 591-592.
- Liebezeit, G., 2008. Ethnobotany and phytochemistry of plants dominant in salt marshes of the Lower Saxony Wadden Sea, southern North Sea. Senckenbergiana Maritima, 38: 1-30.
- Lu, D.H., Zhang, M., Wang, S.J., Cai, J.L., Zhou, X. and Zhu, C.P., 2010. Nutritional characterization and changes in quality of *Salicornia bigelovii* Torr. during storage. LWT Food Science and Technology, 43: 519-524.
- Mohammadi, M., 2007. Agriculture Pedology. Noor Bakhsh Press, 244p.
- Nasiri, T., 2013. Effect of irrigation levels and nitrogen fertilizer on the growth and yield of *Salicornia europaea*. M.Sc. thesis, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, 59p.
- Orhan, I., Ozcelik, B., Kartal, M., Ozdeveci, B. and Duman, H., 2007. HPLC quantification of vitexine-2-O-rhamnoside and hyperoside in three *Crataegus* species and their antimicrobial and antiviral activities. Chromatographia, 66: 153-157.
- Osawa, T., 1994. Novel natural antioxidants for utilization in food and biological systems: 241-251. facing it. 32<sup>nd</sup> national and the 1<sup>st</sup> International Geosciences Congress, Tehran, 16-19 February: 121-128.
- Akhani, H., 2008. Taxonomic revision of the genus *Salicornia* L. (Chenopodiaceae) in central and Southern Iran. Pakistan Journal Botany, 40(4): 1635-1655.
- Bystrická, J., Vollmannová, A., Margitanová, E. and Čičová, I., 2010. Dynamics of polyphenolics formation in different plant parts and different growth phases of selected buckwheat cultivars. Acta Agriculturae Slovenica, 95: 225-229.
- Christine, M., Pennesi, B.S., John Neely, M.D., Ames, G., Marks, Jr.M.D. and Alison Basak, M.D., 2017. Use of Isoquercetin in the treatment of Prurigo Nodularis. Journal of Drugs in Dermatology, 16(11): 1156-1158.
- Chung, Y.C., Chun, H.K., Yang, J.Y., Kim, J.Y., Han, E.H., Kho, Y.H. and Jeong, H.G., 2005. Tungtungmadic acid, a novel antioxidant, from *Salicornia herbacea*. Archives of Pharmacal Research, 28(10): 1122-1126.
- Daffodil, E.D., Rajalakshmi, K. and Mohan, V.R., 2013. Antioxidant activity, total phenolics and flavonoids of *Salicornia brachiata* Roxb. leaf extracts (Chenopodiaceae). World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, 2: 352-366.
- Dixon, R.A. and Paiva, N.L., 1995. Stress-induced phenylpropanoid metabolism. The Plant Cell, 7(7): 1085-1097.
- El Shaer, H.M., 2010. Halophytes and salt-tolerant plants as potential forage for ruminants in the Near East region. Small Ruminant Research, 91: 3-12.
- Geslin, M. and Verbist, J.F., 1985. Flavonoides de *Salicornia europaea*. Journal of Natural Products, 48(1): 111-113.
- Glenn, E.P., Brown, J.J. and Oleary, J., 1998. Irrigating crops with sea water. Scientific American, 279: 76-81.
- Harisaranraj, R., Prasitha, R., Saravana Babu, S. and Suresh, K., 2008. Analysis of Inter-species relationships of *Ocimum* species using RAPD Markers. Ethnobotanical Leaflets, 12: 609-613.
- Isca, V.M.S., Seca, A.M.L., Pinto, D.C.G.A. and Silva, A.M.S., 2014. An overview of *Salicornia* genus: the phytochemical and pharmacological profile: 145-164. In: Gupta, V.K., (Ed.). Natural Products: Research Review, Vol 2. Daya Publishing House, New Delhi, 550p.
- Javanmardi, J., Khalighi, A., Kashi, A., Bais, H.P. and Viviano, J.M., 2003. Antioxidant activity and total phenolic content of Iranian *Ocimum* accessions. Food Chemistry, 83: 547-550.

- (Chenopodiaceae) among habitat types in desert plant communities. *Biologia*, 72(3): 267-276.
- Sun, F., Hayami, S., Haruna, S., Tanaka, K., Yamada, Y., Tokumaru, S. and Kojo, S., 2000. Evaluation of oxidative stress based on lipid hydroperoxide, vitamin C and vitamin E during apoptosis and necrosis caused by thioacetamide in rat liver. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1500: 181-185.
  - Tetenyi, P., 2002. Chemical variation (Chemodifferentiation) in medicinal and aromatic plant. *Acta Horticulturae*, 576: 15-21.
  - In: Uritani, I., Garcia, V.V. and Mendeoza, E.M., (Eds.). *Postharvest Biochemistry of Plant Food-Materials in the Tropics*. Japan Scientific Societies Press, 257p.
  - Seevers, P.M. and Daly, J.M., 1970. Studies on wheat stem rust resistance control at sr6 locus. 1- The role of phenolic compounds. *Phytopathology*, 6: 1322-1328.
  - Shuyskaya, E., Toderich, K., Gismatullina, L., Rajabov, T. and Khohlov, S., 2017. Genetic diversity of two annual *Salsola* species

## Phytochemical diversity study in wild populations of *Salicornia iranica* Akhani grown around Lake Urmia

M. Aghaei<sup>1</sup>, A. Hassani<sup>2\*</sup>, H. Nazemiyeh<sup>3</sup> and B. Abdollahi Mandoulakani<sup>4</sup>

1- Ph.D. student, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

2\*- Corresponding author, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

E-mail: horthasani@yahoo.com

3- Research Center for Pharmaceutical Nanotechnology, Faculty of Pharmacy, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

4- Department of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

Received: October 2018

Revised: February 2019

Accepted: February 2019

### Abstract

Plant polyphenolic compounds have long been of interest to researchers due to their antioxidant and possibly anti-cancer effects. In this research, in order to study the phytochemical diversity of 32 wild populations of *Salicornia iranica* Akhani grown around Lake Urmia, some traits including the content of chlorophyll, carotenoids, total phenol, total flavonoids, and antioxidant capacity were measured in the Department of Horticultural Science, Urmia University in 2016. The results revealed a wide range of phytochemical diversity among populations studied. The highest amount of total chlorophyll (12.05 mg/g fw) was observed in "Karkhaneh Maseh" population, while the lowest value (0.84 mg/g fw) was found in "Ghoshchi I" population. The highest (10.41 mg gallic acid/g fw) and lowest (3.7 mg gallic acid/g fw) amount of total phenol were observed in "Ghoshchi II" and "Karkhaneh Maseh" populations, respectively. Also, "Dashkhaneh" and "Aji Chai river" populations had the highest (2.12 mg quercetin/g fw) and lowest (0.18 mg quercetin/g fw) total flavonoids, respectively. The extract antioxidant capacity of different populations varied in the range of 3.16% ("Aji Chai river" population) to 70.89% ("Myghitalou" population). Cluster analysis divided the populations studied into three groups. The highest genetic distance was found between populations "Aji Chai river" and "Myghitalou". Overall, the findings of this experiment showed that the studied *Salicornia iranica* populations had a high diversity, especially from the viewpoint of antioxidant capacity, which can be used in the germplasm management and plant breeding of the species.

**Keywords:** Cluster analysis, Phytochemical diversity, *Salicornia iranica* Akhani, Total phenol, Antioxidant capacity.