University of Qom

Ethnobiology and Biodiversity Conservation

Volume 2, Issue 4, pp. 46-62, 2025

Homepage: http://ethnobiocons.qom.ac.ir/

Assessment of morphological variability of *Suaeda vermiculata* in Khuzestan Province (Iran) and its biological applications

Rezvan Loveimi [1] | Fatemeh Nasernakhaei [2]✉ | Seyyed Mohsen Sohrabi [3]

1. Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. E-mail: rezvanloveimi@gmail.com
2. Corresponding Author, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. E-mail: f.nasernakhaei@scu.ac.ir
3. Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. E-mail: sm.sohrabi@scu.ac.ir

Article Info

Article type
Research Article

Article history
Received: 18 September 2025
Revised: 9 December 2025
Accepted: 14 December 2025
Published: 22 December 2025

Keywords
Halophyte
Morphology
Suaeda vermiculata
Saline land restoration

ABSTRACT

Objective: *Suaeda vermiculata* is a halophytic shrub with significant ecological adaptability and valuable bioactive compounds, making it an important species for the sustainable utilization of saline lands. This study assessed the morphological diversity of S. vermiculata ecotypes across Khuzestan Province (Iran) and reviewed their documented biological and ecological applications.

Methods: Field sampling of 52 ecotypes was conducted from July to October 2023, measuring seven morphological traits—three quantitative and four qualitative. Ecotypes were grouped using UPGMA clustering with Gower's similarity coefficient; cluster robustness was evaluated by bootstrap tests, and differentiation among ecotypes was analyzed through PERMANOVA. Morphological variation was further explored by Principal Coordinates Analysis (PCoA).

Results: The results revealed considerable morphological variability, forming two stable and clearly differentiated clusters consistent with PCoA outcomes.

Conclusion: While this research focused on morphological traits, applied interpretations were drawn from literature. Reported biological activities of the species include antioxidant, antidiabetic, antimicrobial, and anticancer properties, as well as phytoremediation capacity and potential forage use. Overall, *S. vermiculata* demonstrates ecological resilience and multifunctionality, supporting its value for saline-land rehabilitation and sustainable agriculture in arid regions.

Cite this article: Loveimi, R., Nasernakhaei, F., & Sohrabi, S. M. (2025). Assessment of morphological variability of *Suaeda vermiculata* in Khuzestan Province (Iran) and its biological applications. *Ethnobiology and Biodiversity Conservation*, *2*(4), 46-62. https//doi.org/10.22091/ethc.2026.13906.1068

©The Author(s).
Publisher: University of Qom
DOI: https//doi.org/10.22091/ethc.2026.13906.1068

زیست قوم‌شناسی و حفاظت تنوع زیستی
دوره ۲، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۴، صفحه ۶۲-۴۶
Homepage: http://ethnobiocons.qom.ac.ir/
دانشگاه قم

ارزیابی تنوع ریخت‌شناسی *Suaeda vermiculata* در استان خوزستان و کاربردهای زیستی آن

رضوان لویمی [۱] | فاطمه ناصرنخعی [۲]✉ | سید محسن سهرابی [۳]

۱. گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران. رایانامه: rezvanloveimi@gmail.com
۲. نویسنده مسئول، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران. رایانامه: f.nasernakhaei@scu.ac.ir
۳. گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران. رایانامه: sm.sohrabi@scu.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله
پژوهشی

تاریخچه
دریافت: ۱۴۰۴/۰۶/۲۷
بازنگری: ۱۴۰۴/۰۹/۱۸
پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۲۳
انتشار: ۱۴۰۴/۱۰/۰۱

کلیدواژه‌ها
احیای اراضی شور
ریخت‌شناسی
گونه شورپسند
Suaeda vermiculata

چکیده

هدف: گونه شورپسند *Suaeda vermiculata* با ویژگی‌های بوم‌شناختی برجسته و وجود ترکیبات زیست‌فعال، یکی از گزینه‌های مهم برای بهره‌برداری پایدار از اراضی شور به شمار می‌رود. این پژوهش با هدف ارزیابی تنوع ریخت‌شناسی اکوتیپ‌های این گونه در استان خوزستان و انجام یک مرور روایی ساختاریافته در زمینه کاربردهای دارویی، تغذیه‌ای، صنعتی و زیست‌محیطی آن انجام شد.

مواد و روش‌ها: نمونه‌برداری از ۵۲ اکوتیپ طی تیر تا مهر ۱۴۰۲ انجام شد. هفت صفت ریخت‌شناسی شامل (سه صفت کمی و چهار صفت کیفی) اندازه‌گیری گردید. برای گروه‌بندی اکوتیپ‌ها از روش UPGMA با ضریب تشابه گاور استفاده شد. پایداری خوشه‌ها با بوت‌استرپ و تمایز آن‌ها با آزمون PERMANOVA بررسی گردید. همچنین پراکنش اکوتیپ‌ها با تحلیل مختصات اصلی (PCoA) ترسیم شد. افزون بر این، مرور روایی ساختاریافته‌ای به منظور جمع‌بندی کاربردهای گزارش‌شده این گونه در منابع علمی صورت گرفت.

نتایج: نتایج نشان‌دهنده تنوع ریختی قابل‌توجه در برخی صفات بودند. تحلیل خوشه‌ای، دو گروه اصلی از اکوتیپ‌ها را مشخص کرد و آزمون‌های آماری، پایداری و تمایز این خوشه‌ها را تأیید نمودند. الگوی به دست آمده از PCoA نیز با نتایج خوشه‌بندی همخوانی داشت. شایان ذکر است که یافته‌های تجربی این پژوهش محدود به داده‌های ریخت‌شناسی بودند و تحلیل‌های کاربردی بر اساس مرور منابع انجام شده‌اند. بر اساس ادبیات پژوهشی، خواص آنتی‌اکسیدانی، ضددیابتی، ضدمیکروبی، ضدسرطانی، توان زیست‌پالایی و ارزش علوفه‌ای برای گونه گزارش شده است.

نتیجه‌گیری: با وجود اینکه این پژوهش تنها به ارزیابی صفات ریخت‌شناسی محدود بود، نتایج نشان می‌دهد که سازگاری بوم‌شناختی و پتانسیل چندمنظوره *S. vermiculata*، آن را به گونه‌ای ارزشمند برای احیای اراضی شور و توسعه نظام‌های کشاورزی پایدار در مناطق خشک و نیمه‌خشک تبدیل می‌کند.

استناد: لویمی، رضوان؛ ناصرنخعی، فاطمه؛ و سهرابی، سید محسن (۱۴۰۴). ارزیابی تنوع ریخت‌شناسی *Suaeda vermiculata* در استان خوزستان و کاربردهای زیستی آن. *زیست قوم شناسی و حفاظت تنوع زیستی*، ۲(۴)، ۶۲-۴۶. https//doi.org/10.22091/ethc.2026.13906.1068

ناشر: دانشگاه قم

© نویسندگان.
CC BY NC

مقدمه

هالوفیت‌ها، به‌عنوان گیاهان شورپسند سازگار با تنش شوری، طی دهه‌های اخیر در حوزه‌هایی همچون کشاورزی پایدار، احیای اراضی شور و صنایع دارویی و غذایی روزبه‌روز مورد توجه بیشتری قرار گرفته‌اند. این گیاهان با توانایی رشد در خاک‌های شور و مناطق نیمه‌خشک، افزون بر نقش حفاظتی در تثبیت خاک و پایداری اکوسیستم‌های شکننده، منبعی غنی از ترکیبات زیست‌فعال با ارزش اقتصادی محسوب می‌شوند (Gupta et al., 2024).

استان خوزستان یکی از مهم‌ترین رویشگاه‌های گونه‌های شورزی در ایران است. در این منطقه، گونه *Suaeda vermiculata* Forssk. ex J.F. Gmel از تیره اسفناجیان (Chenopodiaceae) پراکنش وسیعی در پهنه‌های شور، ساحلی و اراضی پایین‌دست دارد و بخشی قابل‌توجه از پوشش گیاهی بومی را تشکیل می‌دهد. این گونه چندساله و درختچه‌ای با برگ‌های متناوب، گوشتی و عمدتاً استوانه‌ای‌شکل است؛ گل‌آذین‌های آن گویچه‌ای بوده و در امتداد شاخه‌های جوان قرار می‌گیرند و دانه‌های سیاه و براق تولید می‌کنند (Assadi, 2001). این گیاه در مناطق مختلف ایران با نام‌های سیاه‌شور، سور، ارگاز، کال، تهما، تهمه (یا طحمه در برخی نواحی؛ Akhani, 2015) و کروق نرم شناخته می‌شود (Assadi, 2001).

در برخی منابع منطقه‌ای و بین‌المللی، این گونه با نام *S. fruticosa* Forssk. ex J.F.Gmel نیز گزارش شده است؛ موضوعی که منجر به ایجاد ابهام‌های تاکسونومیکی شده است. در فلور ایران (Assadi, 2001) بر پایه بررسی‌های گسترده میدانی و هرباریومی نشان داده شده است که صفات ریخت‌شناسی تشخیصی ذکرشده برای جداسازی این دو گونه— نظیر میزان گوشتی‌بودن برگ در قاعده، وجود یا عدم وجود دمبرگ، رنگ شاخه‌ها، و سیاه‌شدن یا نشدن اندام‌ها پس از خشک‌شدن— در جمعیت‌های ایران پایدار نبوده و در بسیاری از نمونه‌ها، افرادی با صفات منتسب به هر دو گونه حتی در یک جمعیت، یا حتی در یک فرد، دیده می‌شوند و نمونه‌های بینابینی نیز فراوان‌اند. بر این اساس، این دو نام در فلور ایران مترادف تلقی شده و *S. vermiculata* به‌عنوان نام معتبر پذیرفته شده است.

در منابع منطقه‌ای نیز ناهمخوانی‌هایی مشاهده می‌شود. Mozaffarian (1999) در فلور خوزستان تنها *S. fruticosa* را گزارش کرده است و Akhani (2015) نیز برای سواحل شمال‌غربی خلیج فارس همین نام را به‌کار برده است؛ در حالی که گزارش‌های جدیدتر، از جمله Dinarvand (2020)، حضور *S. vermiculata* را در خوزستان تأیید کرده‌اند. تاریخچه نام‌گذاری جنس *Suaeda* نیز پیچیدگی این موضوع را نشان می‌دهد (Schenk and Ferren, 2001).

بر اساس مشاهدات ریخت‌شناسی پیشین، Freitag (1989) برگ‌های غیرگوشتی در قاعده همراه با دمبرگ کوتاه و سیاه‌شدن اندام‌ها پس از خشک‌شدن را از ویژگی‌های *S. fruticosa*، و برگ‌های کاملاً گوشتی همراه با عدم سیاه‌شدن نمونه‌ها را شاخص *S. vermiculata* معرفی کرده است. با این حال، همان‌گونه که در فلور ایران گزارش شده، این صفات در جمعیت‌های ایران از ثبات ریخت‌شناسی کافی برخوردار نیستند. همچنین، پایگاه معتبر POWO (*Plants of the World Online*, Kew) هر دو نام *S. fruticosa* و *S. vermiculata* را با وضعیت «پذیرفته‌شده» فهرست کرده است که بیانگر تداوم اختلاف‌نظر تاکسونومیکی در سطح جهانی محسوب می‌شود.

با توجه به اهمیت این ناهمخوانی‌ها، در این پژوهش تمامی نمونه‌ها بر اساس کلیدهای تشخیصی فلور ایران و از طریق مقایسه دقیق ویژگی‌های ریخت‌شناسی با شرح‌های موجود بررسی و شناسایی شدند. با وجود نمونه‌های بینابینی و تطابق ویژگی‌های ریخت‌شناسی نمونه‌های این مطالعه با توصیف گونه *S. vermiculata* در فلور ایران، در این پژوهش این نام به‌عنوان نام معتبر مورد استفاده قرار گرفت. با این حال، برای تأیید نهایی وضعیت نام‌گذاری در سطح منطقه‌ای، انجام بررسی‌های مولکولی و بازبینی تاکسونومیکی گسترده‌تر در مطالعات آینده ضروری به نظر می‌رسد.

مطالعات مروری اخیر، گونه *S. vermiculata* را از جمله هالوفیت‌های خوراکی و دارویی حوضه مدیترانه معرفی کرده‌اند و بر قابلیت استفاده آن در تولید ترکیبات زیست‌فعال، روغن‌های خوراکی، فرآورده‌های دارویی و نقش آن در تأمین امنیت غذایی در مناطق شور تأکید دارند (Öztürk et al., 2014; Petropoulos et al., 2018). این گونه به دلیل دارا بودن مقادیر قابل‌توجهی از روغن، مواد معدنی و ویتامین‌ها، به‌عنوان منبعی پایدار برای مقاصد غذایی و دارویی شناخته می‌شود (;Weber et al., 2007

Mohammed, 2020). افزون بر این، *S. vermiculata* حاوی ترکیبات آنتی‌اکسیدانی ارزشمند است که علاوه بر اثرات ضدالتهابی، توان بالقوه‌ای در فعالیت‌های ضدسرطانی از خود نشان می‌دهد (Oueslati et al., 2012).
توان بالای تولید زیست‌توده این گیاه در اراضی فقیر، نقش مؤثر آن در تثبیت خاک و کنترل فرسایش (Al-Malki et al., 2021)، تعامل با باکتری‌های محرک رشد که موجب کاهش تنش شوری می‌شوند (Aslam and Ali, 2018)، و قابلیت استفاده از آن به‌عنوان شاخص زیستی در شرایط آلودگی ناشی از پساب‌های تصفیه‌شده (El Ghazali et al., 2017)، اهمیت اقتصادی و زیست‌محیطی این گونه را دوچندان کرده است.
این پژوهش با هدف ارزیابی تنوع ریخت‌شناسی اکوتیپ‌های بومی *S. vermiculata* در استان خوزستان و تکمیل آن با یک مرور روایی از یافته‌های علمی موجود درباره ویژگی‌های زیستی و اکولوژیک این گونه انجام شد. مرور روایی در این مطالعه جنبه‌ای تکمیلی داشته و صرفاً به منظور قرار دادن نتایج ریخت‌شناسی در یک چارچوب علمی و کاربردی گسترده‌تر مورد استفاده قرار گرفته است. نتایج حاصل از این رویکرد تلفیقی می‌تواند مبنایی علمی برای برنامه‌ریزی‌های آتی در احیای اراضی شور، توسعه کشت گونه‌های مقاوم و بهره‌برداری پایدار از این گونه ارزشمند فراهم آورد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه شامل دو بخش اصلی بود: مرور جامع منابع علمی و ارزیابی میدانی تنوع ریخت‌شناسی اکوتیپ‌های *S. vermiculata* در استان خوزستان.

مرور منابع علمی

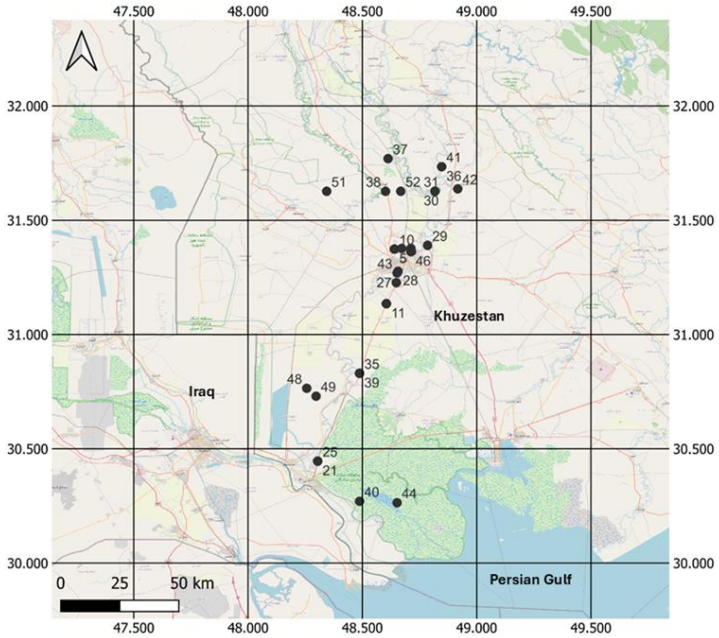
این بخش به‌صورت مرور روایی ساختاریافته (Structured Narrative Review) انجام شد و ماهیت یک مرور نظام‌مند مبتنی بر پروتکل PRISMA را نداشت. هدف، گردآوری، یکپارچه‌سازی و طبقه‌بندی یافته‌های منتشرشده درباره *S. vermiculata* بود؛ بدون آنکه استخراج داده‌های کمی یا انجام متاآنالیز مد نظر قرار گیرد.
جستجوی منابع در پایگاه‌های Scopus، Web of Science، PubMed، ScienceDirect، Google Scholar و SID تا پایان ژانویه 2024 انجام شد. کلیدواژه‌های مورد استفاده شامل: halophyte، *Suaeda vermiculata*، *Suaeda fruticosa*، pharmacological properties، phytoremediation، ethnobotany، phytochemical composition، fodder value، antioxidant activity و Iran بودند.
فرآیند انتخاب منابع در سه مرحله شامل غربالگری عنوان، چکیده و متن کامل انجام شد. در مرحله نخست، عنوان و چکیده مقاله‌ها بررسی، و موارد تکراری یا فاقد ارتباط حذف شد. سپس، متون کامل بر اساس معیارهای ورود (مطالعات دارای داده‌های تجربی یا مرورهای علمی مرتبط با ویژگی‌های اکولوژیک، شیمیایی یا کاربردی گونه) و معیارهای خروج (مطالعات فاقد اطلاعات اختصاصی درباره‌ی *S. vermiculata* یا *S. fruticosa*) ارزیابی شدند.
از میان حدود ۶۳ منبع شناسایی شده، در نهایت ۳۹ منبع واجد شرایط برای تحلیل نهایی انتخاب گردید. داده‌های استخراج شده، که چندین بار بازبینی شدند، بر اساس محورهای اصلی شامل کاربردهای دارویی–صنعتی، ترکیبات فیتوشیمیایی و قابلیت‌های اکولوژیک دسته‌بندی شدند.
اگرچه این مطالعه به‌طور رسمی از پروتکل PRISMA پیروی نکرده است، اما با ارائه کامل کلیدواژه‌ها، پایگاه‌های جست‌وجو، بازه زمانی جست‌وجو و معیارهای ورود و خروج، روند مرور را شفاف و تا حد زیادی قابل بازتولید می‌سازد.

نمونه‌برداری میدانی و جمع‌آوری گیاهان

در بخش میدانی، تعداد ۵۲ اکوتیپ از گونه‌ی *S. vermiculata* طی ماه‌های تیر تا مهر ۱۴۰۲ از رویشگاه‌های پراکنده در مناطق مختلف استان خوزستان جمع‌آوری شد. انتخاب رویشگاه‌ها بر اساس پراکنش طبیعی گونه و امکان دسترسی میدانی انجام گرفت تا طیفی گسترده از شرایط اکولوژیکی استان پوشش داده شود.

روش نمونه‌برداری در هر رویشگاه به‌صورت Random-Point Sampling انجام شد؛ بدین ترتیب که پس از ورود به محدوده حضور طبیعی گونه، یک نقطه واجد شرایط به‌صورت تصادفی انتخاب و از آن یک فرد بالغ و سالم برداشت شد. برای جلوگیری از جمع‌آوری گیاهانی با خاستگاه ژنتیکی مشترک، حداقل فاصله ۲۰۰ متر میان نقاط برداشت رعایت گردید. به این ترتیب، از هر رویشگاه تنها یک نمونه برداشت شد و هر اکوتیپ به‌عنوان یک واحد نمونه‌برداری مستقل در نظر گرفته شد. تعداد رویشگاه‌های نمونه‌برداری‌شده در مناطق مختلف استان ثابت نبود و با توجه به پراکنش گونه، از یک تا چند رویشگاه در هر ناحیه برداشت صورت گرفت. بنابراین تمامی ۵۲ نمونه به‌عنوان تکرارهای مستقل و بدون وابستگی مکانی در تحلیل‌ها استفاده شدند. مختصات جغرافیایی تمامی اکوتیپ‌ها با استفاده از GPS ثبت شد و علاوه بر ارائه در بخش نتایج، نقشه پراکنش آنها نیز بر اساس همین مختصات در نرم‌افزار QGIS 3.34.9 تهیه گردید (شکل ۱).

در این پژوهش از پلات یا ترانسکت استفاده نشد؛ زیرا طراحی مطالعه مبتنی بر نمونه‌برداری تک‌نقطه‌ای و بین‌رویشگاهی بود. هدف اصلی، مقایسه تفاوت‌های ریخت‌شناسی میان رویشگاه‌های مختلف بود و این رویکرد برای جلوگیری از شبه‌تکرار و تمرکز بر تنوع بین‌رویشگاهی انتخاب شد؛ روشی که در مطالعات مورفولوژیک گسترده‌مقیاس رایج و پذیرفته‌شده است. با این‌حال، عدم سنجش تنوع درون‌رویشگاهی یکی از محدودیت‌های پژوهش محسوب می‌شود که در بخش نتیجه‌گیری به آن اشاره شده است. به‌دلیل ناهمگونی شدید خاک در زیستگاه‌های شور خوزستان و محدودیت زمانی برای نمونه‌برداری هم‌زمان از ۵۲ نقطه، امکان اندازه‌گیری استاندارد و قابل‌مقایسه متغیرهای محیطی فراهم نشد. افزون‌براین، تغییرپذیری روزانه شوری و رطوبت خاک می‌تواند دقت داده‌های تک‌زمانه را کاهش دهد؛ ازاین‌رو تحلیل‌ها تنها بر پایه صفات ریخت‌شناسی انجام گرفت و عدم ورود عوامل محیطی به‌عنوان یک محدودیت پژوهش در نظر گرفته شد. به‌طور مشخص، متغیرهایی مانند شوری، pH، بافت خاک، ماده آلی و رطوبت در همه رویشگاه‌ها با روش یکسان اندازه‌گیری نشدند و بنابراین وارد تحلیل‌ها نگردیدند.



شکل ۱. نقشه پراکنش ۵۲ اکوتیپ *S. vermiculata* نمونه‌برداری‌شده در مناطق استان خوزستان بر اساس مختصات ثبت‌شده با GPS. شماره‌های درج‌شده نشان‌دهنده شماره اکوتیپ‌ها هستند و در مواردی که فاصله جغرافیایی کم است، هم‌پوشانی اعداد مشاهده می‌شود. نقشه شامل مقیاس خطی و جهت شمال است.

شناسایی گیاهان و اندازه‌گیری صفات ریخت‌شناسی

شناسایی نمونه‌ها بر اساس فلور ایران (Assadi, 2001) و فلور خوزستان (Mozaffarian, 1999; Dinarvand, 2020) انجام شد. به‌دلیل اقلیم بسیار گرم و مرطوب منطقه، بخشی از نمونه‌های پرس‌شده در مراحل اولیه دچار کپک‌زدگی شدند و امکان تثبیت

آن‌ها به‌عنوان ووچر استاندارد هرباریومی فراهم نگردید. برای جلوگیری از تخریب کامل نمونه‌ها، از تمامی اکوتیپ‌ها به طور همزمان بخش‌هایی در سیلیکاژل خشک شد و این نمونه‌ها در حال حاضر در هرباریوم دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز نگهداری می‌شوند. کدهای نمونه‌برداری (Obs1–Obs52) ارائه شده در جدول نتایج، به‌عنوان شماره‌های دسترسی هرباریومی ثبت شده‌اند و هر کد یک شناسه رسمی و منحصربه‌فرد برای نمونه‌ی مربوطه محسوب می‌شود.

با وجود تخریب نمونه‌های پرس‌شده، ووچر قابل ارائه وجود ندارد؛ با این‌حال، نمونه‌های سیلیکاژل‌شده همراه با شماره‌های دسترسی ثبت‌شده، نقش ماده مرجع هرباریومی را ایفا می‌کنند و قابلیت ارجاع دارند. برای تقویت شواهد تشخیصی نیز از هر اکوتیپ مجموعه‌ای از تصاویر مستند از اندام‌های تشخیصی (برگ، شاخه، گل یا میوه در صورت وجود) در محل برداشت تهیه شد. اگرچه کیفیت این تصاویر به‌دلیل شرایط محیطی ایده‌ال نیست، اما همراه با نمونه‌های سیلیکاژل‌شده در آرشیو هرباریوم نگهداری می‌شوند و کمبود مربوط به عدم وجود ووچر پرس‌شده را تا حد زیادی جبران‌می‌کنند.

سه صفت کمی شامل ارتفاع گیاه، پهنای تاج پوشش و طول میان‌گره‌ها و چهار صفت کیفی شامل فرم رویشی، رنگ گیاه، رنگ شاخه و شکل برگ ارزیابی شد. برخی صفات به‌صورت میدانی و بخشی دیگر با استفاده از استریومیکروسکوپ مدل Olympus-SZX12 بررسی گردید. برای صفات کمی، هر صفت در هر اکوتیپ سه بار اندازه‌گیری شد و میانگین آنها در تحلیل‌های آماری مورد استفاده قرار گرفت؛ علاوه‌بر میانگین، انحراف معیار صفات نیز محاسبه و در بخش نتایج گزارش شد.

ابزارهای اندازه‌گیری شامل متر و خط‌کش با دقت یک میلی‌متر بودند و برای کاهش خطا، تمام اندازه‌گیری‌های تکراری توسط یک فرد و در شرایط ثابت انجام شد. تمامی صفات کمی و کیفی پیش از ورود به تحلیل‌ها کدگذاری و استانداردسازی شدند.

تحلیل‌های آماری

برای گروه‌بندی اکوتیپ‌ها، تحلیل خوشه‌ای با روش UPGMA و ضریب تشابه گاور (Gower, C = 2) انجام شد. با توجه به اینکه ضریب گاور امکان ادغام هم‌زمان داده‌های کمی و کیفی را فراهم می‌کند، سه صفت کمی و چهار صفت کیفی به صورت مستقیم و بدون نیاز به استانداردسازی یا تبدیل‌سازی دودویی در تحلیل وارد شدند.

به‌منظور ارزیابی پایداری خوشه‌ها، آزمون بوت‌استرپ با ۱۰۰۰ تکرار اجرا شد و ضریب همبستگی کوفنتیک[1] برای بررسی میزان برازش دندروگرام با داده‌های اولیه محاسبه گردید. برای سنجش معنی‌داری تفکیک خوشه‌ها نیز از آزمون PERMANOVA با ۹۹۹۹ تکرار تصادفی استفاده شد.

به‌منظور نمایش الگوی پراکنش اکوتیپ‌ها در فضای چندبعدی، تحلیل مختصات اصلی (PCoA) بر اساس همان ماتریس تشابه گاور حاصل از ترکیب داده‌های کمی و کیفی اجرا گردید. تمامی تحلیل‌ها و ترسیم نمودارها با نرم‌افزار PAST version 5.03 انجام شد.

نتایج

مرور مطالعات و کاربردها

بررسی منابع علمی منتشرشده تا پایان سال ۲۰۲۴ نشان داد که *S. vermiculata* دارای طیفی گسترده و متنوع از کاربردهای دارویی، زیست‌محیطی، کشاورزی و صنعتی است. در جدول ۱، شاخص‌ترین حوزه‌های تحقیق و مصارف سنتی این گونه به‌صورت خلاصه ارائه شده است. با این حال، باید تأکید کرد که این موارد مربوط به مطالعات پیشین بوده و ارتباط مستقیمی با داده‌های ریخت‌شناسی این پژوهش ندارند.

ویژگی‌های ریخت‌شناسی اکوتیپ‌های خوزستان

در این پژوهش، تعداد ۵۲ اکوتیپ از مناطق مختلف استان خوزستان جمع‌آوری و هفت صفت کمی و کیفی ریخت‌شناسی آنها مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۲).

[1] . Cophenetic correlation coefficient

جدول ۱. خلاصه مهم‌ترین حوزه‌های تحقیقاتی، کاربردهای سنتی و ظرفیت‌های دارویی، کشاورزی و صنعتی *S. vermiculata* (در برخی منابع مترادف *S. fruticosa* ذکر شده است).

ردیف	حوزه مطالعه	مهم‌ترین یافته‌ها و ظرفیت‌ها	منبع
۱	کاربرد دارویی و درمانی محلی	جوشانده برگ‌ها برای درمان زردی؛ استفاده سنتی به صورت دمنوش، جوشانده یا مصرف موضعی برای کاهش تب، درمان آنفلوآنزا، مارگزیدگی، بیماری‌های پوستی و روماتیسم	Safa et al., 2013; Ahmed et al., 2015
۲	استفاده به‌عنوان علوفه	خوراک شتر و دام‌های مناطق خشک	Freitag et al., 2001; Towhidi et al., 2011; Al-Malki et al., 2021
۳	استفاده اقتصادی سنتی	تولید صابون و سودا از خاکستر گیاه	Freitag et al., 2001; Khan and Qaiser, 2006; Khan, 2016
۴	استفاده سنتی در رنگرزی	تولید رنگ سیاه	Le Floc'h, 1983, as cited in Ksouri et al., 2011; Grieve, 1984, as cited in Öztürk et al., 2014
۵	ترکیبات شیمیایی و معدنی	محتوای پلی‌فنول، فلاونوئید، آلکالوئید، تری‌ترپنوئید، تانن، ساپونین و عناصر معدنی؛ شناسایی ترکیبات فنولیک شاخص مانند کافئیک‌اسید، کوئرستین، روتین	Cybulska et al., 2014; Suthar and Solanki, 2022; Zaier et al., 2022; Gheraissa et al., 2023
۶	ترکیب غذایی و ارزش تغذیه‌ای	محتوای بالای عناصر معدنی به ویژه آهن و ترکیب غذایی دانه‌ها؛ منبع غنی پروتئین، چربی و فیبر؛ قابل استفاده به عنوان ماده خام در صنایع غذایی و دارویی	Sefidanzadeh et al., 2015
۷	فعالیت آنتی‌اکسیدانی	ظرفیت بالا در مهار رادیکال‌های آزاد و فعالیت آنتی‌اکسیدانی	Mohammadi Motamed et al., 2016; Chekroun-Bechlaghem et al., 2019; Ahmad et al., 2021; Diab et al., 2021; Ayaz et al., 2022; Gheraissa et al., 2023; Al-Jaber et al., 2024
۸	فعالیت ضدباکتریایی و یا ضدقارچی	اثر مهاری روی باکتری‌ها و قارچ‌ها	Al-Tohamy et al., 2018; Ahmad et al., 2021; Al-Omar et al., 2021; Mohammed et al., 2021; Gheraissa et al., 2023
۹	اثرات ضد دیابتی	کاهش گلوکز خون، تحریک انسولین، مهار گلوکونئوژنز	Benwahhoud et al., 2001; Ahmad et al., 2021; Saleem et al., 2021
۱۰	اثرات ضد هیپرلیپیدمی	کاهش کلسترول، تری‌گلیسیرید، اسیدهای چرب آزاد	Bennani-Kabchi et al., 1999
۱۱	اثرات ضدسرطانی و یا محافظت کبدی	فعالیت‌های ضدسرطانی، محافظت کبدی، کاهش سمیت کبد	Mohammed et al., 2020; Saleh et al., 2020; Diab et al., 2021; Mohammed et al., 2021; Gheraissa et al., 2023; Mohammed et al., 2023
۱۲	اثرات گاستروپروتکتیو	کاهش شدت زخم معده، افزایش مخاط معده	Ayaz et al., 2022
۱۳	حشره‌کشی طبیعی	فعالیت قابل توجه عصاره‌ها علیه شته لوبیا(*Aphis craccivora*) ، سمیت بالا در عصاره اتیل‌استات	Samira et al., 2004
۱۴	فیتورمدیشن (گیاه پالایی) و جذب فلزات سنگین	توانایی جذب و پاکسازی فلزات سنگین از خاک‌های آلوده	Bareen and Tahira, 2011; Devi et al., 2016; Joshi et al., 2023
۱۵	فیتودیپریشن (پالایش گیاهی) پساب نفتی در شرایط شور و کاربردهای زیست‌محیطی نوین	کاهش هیدروکربن‌های نفتی در شرایط شور	Franchi et al., 2024
۱۶	تولید زیست‌توده و بیواتانول	پتانسیل تولید زیست‌توده و بیواتانول از گیاه	Ghorbanian et al., 2019
۱۷	فعالیت مهارکنندگی آنزیمی	مهار آنزیم‌ها (AChE, BChE, Tyrosinase, α-Amylase)؛ اثرات ضدآلزایمر و تقویت یادگیری، کاهش تولید ملانین و اثرات محافظتی–آرایشی پوست	Saleem et al., 2021
۱۸	اثرات ضدالتهابی و ضد درد	استخراج پلی‌ساکارید پکتین‌مانند با اثرات ضدالتهابی و ضددرد؛ عصاره‌های اتانولی و اتیل‌استاتی با فعالیت ضدالتهابی قوی‌تر از دیکلوفناک	Mzoughi et al., 2018; Al-Omar et al., 2021
۱۹	ترکیب اسیدهای چرب و روغن‌های دانه‌ای	پیشنهاد استفاده در صنایع آرایشی، دارویی و بهداشتی؛ حاوی اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع	Assadi et al., 2014; Shahi et al., 2017
۲۰	کاربردهای صنعتی و بیوتکنولوژی	استفاده از زیست‌توده گیاه برای تولید پکتیناز با کاربرد صنعتی و بیوتکنولوژیکی	Hanif et al., 2024
۲۱	کاربردهای پزشکی و بیومدیکال (پانسمان زخم)	استخراج پلی‌ساکارید پکتین‌مانند از گیاه و به‌کارگیری آن در ساخت پانسمان زیستی سلولزی–چیتوسان؛ افزایش آبدوستی، زیست‌سازگاری، چسبندگی سلولی	Alminderej et al., 2021

میانگین ارتفاع درختچه‌ها برابر با ۴۶/۴ ± ۱۲۴/۷ و دامنه تغییرات آن از ۴۰ تا ۲۴۰ سانتی‌متر ثبت شد. میانگین پهنای تاج پوشش نیز ۴۹/۳ ± ۱۳۲/۹ سانتی‌متر با دامنه تغییرات ۷۲ تا ۲۸۸ سانتی‌متر به‌دست آمد. طول میانگره‌ها بین ۲ تا ۹ میلی‌متر متغیر بود و میانگین آن ۲/۱ ± ۴/۹ میلی‌متر محاسبه شد. این دامنه تغییرات، بیانگر وجود تنوع ساختاری قابل‌توجه در ساقه‌های گیاه است.
مقایسه پراکنش صفات بین رویشگاه‌های مختلف نشان داد که بخشی از این تنوع، احتمالاً ناشی از تفاوت‌های اکولوژیکی میان مناطق است؛ از جمله شدت شوری، میزان رطوبت خاک و دمای محیط. شایان ذکر است که در این پژوهش داده‌های محیطی به‌صورت کمی اندازه‌گیری نشدند، ازاین‌رو کلیه تفسیرهای مرتبط با عوامل محیطی صرفاً در سطح فرضیه‌های توصیفی مطرح شده‌اند و هیچ نتیجه‌گیری عملکردی از آن‌ها استخراج نشده است.
از نظر صفات کیفی، فرم رویشی در دو نوع افراشته (۷۶/۹ درصد) و خوابیده (۲۳/۱ درصد) مشاهده گردید (شکل ۲). شکل برگ‌ها

شکل ۲. فرم رویشی اکوتیپ‌ها: الف) افراشته، ب) خوابیده

شکل ۳. رنگ گیاه: الف) خاکستری، ب) سبز روشن، ج) سبز تیره

شکل ٤. رنگ شاخه‌ها: الف) کرم-خاکستری، ب) ارغوانی

جدول ۲. صفات ریخت‌شناسی ۵۲ اکوتیپ *S. vermiculata* نمونه‌برداری‌شده از استان خوزستان

نام اکوتیپ	عرض جغرافیایی (درجه شمالی)	طول جغرافیایی (درجه شرقی)	رنگ درختچه	رنگ شاخه	شکل برگ	فرم رویشی	ارتفاع درختچه (سانتی‌متر)	پهنای تاج پوشش (سانتی‌متر)	طول میانگره (میلی‌متر)
Obs1	۳۱/۳۷۳۵۲۸	۴۸/۶۴۰۲۸	سبز تیره	کرم–خاکستری	مستطیلی	افراشته	۱۳۷	۹۰	۲
Obs2	۳۱/۳۷۳۵۲۸	۴۸/۶۴۰۳۱	سبز تیره	کرم–خاکستری	استوانه‌ای	افراشته	۲۰۰	۱۴۰	۵
Obs3	۳۱/۳۷۳۵۵۶	۴۸/۶۴۰۳۱	خاکستری	کرم–خاکستری	استوانه‌ای	خوابیده	۱۱۲	۸۰	۹
Obs4	۳۱/۳۷۳۵۵۶	۴۸/۶۴۰۳۳	سبز تیره	کرم–خاکستری	استوانه‌ای	افراشته	۲۴۰	۱۰۵	۸
Obs5	۳۱/۳۷۳۵۸۳	۴۸/۶۴۰۳۳	خاکستری	کرم–خاکستری	استوانه‌ای	افراشته	۱۱۱	۸۵	۲
Obs6	۳۱/۳۷۳۵۸۳	۴۸/۶۴۰۳۳	سبز تیره	کرم–خاکستری	مستطیلی	خوابیده	۱۴۰	۷۶	۷
Obs7	۳۱/۳۷۳۵۸۳	۴۸/۶۴۰۳۶	سبز تیره	کرم–خاکستری	استوانه‌ای	خوابیده	۱۷۸	۷۲	۷
Obs8	۳۱/۳۷۳۶۱۱	۴۸/۶۴۰۳۶	خاکستری	کرم–خاکستری	استوانه‌ای	افراشته	۱۹۰	۹۸	۷
Obs9	۳۱/۳۷۳۶۱۱	۴۸/۶۴۰۳۶	سبز تیره	کرم–خاکستری	استوانه‌ای	افراشته	۱۱۶	۱۱۳	۶
Obs10	۳۱/۳۷۳۶۱۱	۴۸/۶۴۰۳۹	خاکستری	کرم–خاکستری	استوانه‌ای	افراشته	۱۴۹	۸۹	۴
Obs11	۳۱/۱۳۴۶۳۹	۴۸/۶۰۴۷۵	سبز تیره	ارغوانی	استوانه‌ای	خوابیده	۲۳۵	۷۶	۴
Obs12	۳۱/۱۳۴۶۳۹	۴۸/۶۰۴۷۵	سبز تیره	ارغوانی	استوانه‌ای	افراشته	۱۵۵	۹۲	۳
Obs13	۳۱/۱۳۴۶۶۷	۴۸/۶۰۴۷۸	خاکستری	ارغوانی	استوانه‌ای	افراشته	۱۵۲	۱۳۰	۹
Obs14	۳۱/۱۳۴۶۶۷	۴۸/۶۰۴۷۸	سبز تیره	ارغوانی	مستطیلی	افراشته	۱۳۷	۱۰۰	۵
Obs15	۳۱/۱۳۴۶۹۴	۴۸/۶۰۴۷۸	خاکستری	کرم–خاکستری	مستطیلی	افراشته	۱۲۲	۱۳۵	۷
Obs16	۳۱/۱۳۴۶۹۴	۴۸/۶۰۴۸۱	سبز تیره	ارغوانی	استوانه‌ای	افراشته	۲۰۰	۱۴۵	۵
Obs17	۳۱/۱۳۴۶۹۴	۴۸/۶۰۴۸۱	سبز تیره	ارغوانی	استوانه‌ای	افراشته	۲۳۰	۱۵۰	۶
Obs18	۳۱/۱۳۴۷۲۲	۴۸/۶۰۴۸۳	خاکستری	ارغوانی	استوانه‌ای	افراشته	۱۰۰	۸۲	۶
Obs19	۳۱/۱۳۴۷۲۲	۴۸/۶۰۴۸۳	سبز تیره	ارغوانی	مستطیلی	افراشته	۱۷۰	۹۰	۲
Obs20	۳۱/۱۳۴۷۲۲	۴۸/۶۰۴۸۳	خاکستری	ارغوانی	استوانه‌ای	افراشته	۲۱۰	۹۵	۳
Obs21	۳۰/۴۴۵۳۸۹	۴۸/۳۰۴۱۹	سبز تیره	ارغوانی	استوانه‌ای	خوابیده	۴۰	۸۰	۷
Obs22	۳۰/۴۴۵۳۸۹	۴۸/۳۰۴۱۹	سبز تیره	ارغوانی	استوانه‌ای	افراشته	۹۰	۱۹۰	۷
Obs23	۳۰/۴۴۵۴۱۷	۴۸/۳۰۴۱۹	خاکستری	ارغوانی	استوانه‌ای	افراشته	۱۳۲	۲۸۸	۷
Obs24	۳۰/۴۴۵۴۱۷	۴۸/۳۰۴۱۹	سبز تیره	ارغوانی	استوانه‌ای	افراشته	۹۵	۱۸۰	۶
Obs25	۳۰/۴۴۵۴۴۴	۴۸/۳۰۴۱۹	سبز تیره	ارغوانی	مستطیلی	افراشته	۱۴۵	۲۳۰	۴
Obs26	۳۱/۳۷۶۴۷۲	۴۸/۷۱۲۳۳	سبز تیره	ارغوانی	مستطیلی	افراشته	۱۱۰	۱۷۰	۵
Obs27	۳۱/۲۲۶۵۲۸	۴۸/۶۴۸۲۵	خاکستری	کرم–خاکستری	استوانه‌ای	افراشته	۱۰۵	۱۶۰	۳
Obs28	۳۱/۲۷۶۶۵۶	۴۸/۶۵۵۹۳	خاکستری	کرم–خاکستری	مستطیلی	افراشته	۱۱۷	۱۳۵	۳
Obs29	۳۱/۳۸۹۵	۴۸/۷۸۵۱۱	سبز روشن	کرم–خاکستری	استوانه‌ای	خوابیده	۷۵	۱۰۹	۶
Obs30	۳۱/۶۲۶۴۴۴	۴۸/۸۱۷۳۱	سبز روشن	کرم–خاکستری	استوانه‌ای	افراشته	۸۰	۱۲۰	۲
Obs31	۳۱/۶۲۶۴۷۲	۴۸/۸۱۷۵	سبز روشن	کرم–خاکستری	استوانه‌ای	افراشته	۸۴	۲۱۰	۵
Obs32	۳۰/۸۲۹۸۶۱	۴۸/۴۸۷۳۳	سبز تیره	ارغوانی	استوانه‌ای	افراشته	۱۱۶	۱۰۵	۷
Obs33	۳۰/۸۲۹۸۸۹	۴۸/۴۸۷۳۳	سبز روشن	کرم–خاکستری	مستطیلی	افراشته	۱۳۶	۱۱۵	۳
Obs34	۳۰/۸۲۹۸۸۹	۴۸/۴۸۷۳۶	سبز روشن	کرم–خاکستری	استوانه‌ای	خوابیده	۷۰	۱۱۷	۴
Obs35	۳۰/۸۲۹۸۸۹	۴۸/۴۸۷۳۶	سبز روشن	کرم–خاکستری	استوانه‌ای	خوابیده	۶۵	۱۵۰	۴
Obs36	۳۱/۷۳۴۰۸۳	۴۸/۸۴۶۶۹	سبز روشن	کرم–خاکستری	استوانه‌ای	افراشته	۱۵۰	۲۴۰	۳
Obs37	۳۱/۷۶۹۱۶۷	۴۸/۶۱۲۱۱	سبز تیره	ارغوانی	استوانه‌ای	افراشته	۸۰	۱۱۵	۳
Obs38	۳۱/۶۲۶۱۶۷	۴۸/۶۰۱۱۱	سبز روشن	کرم–خاکستری	مستطیلی	خوابیده	۶۵	۱۱۰	۶
Obs39	۳۰/۸۲۹۹۴۴	۴۸/۴۸۷۳۹	خاکستری	ارغوانی	استوانه‌ای	افراشته	۱۱۰	۱۴۰	۴
Obs40	۳۰/۲۶۹۹۴۴	۴۸/۴۸۷۴۲	سبز تیره	کرم–خاکستری	استوانه‌ای	افراشته	۱۰۸	۱۲۷	۵
Obs41	۳۱/۷۳۴۰۸۳	۴۸/۸۴۶۶۹	سبز تیره	ارغوانی	مستطیلی	افراشته	۹۵	۱۶۳	۵
Obs42	۳۱/۶۳۷۰۵۶	۴۸/۹۱۷۰۸	سبز روشن	ارغوانی	مستطیلی	افراشته	۸۳	۷۵	۷

ادامه جدول ۲

Obs43	۳۱/۲۶۹۰۲۸	۴۸/۶۵۱۷۲	سبز روشن	ارغوانی	استوانه‌ای	خوابیده	۷۵	۹۳	۹
Obs44	۳۰/۲۶۳۴۴۴	۴۸/۶۵۱۶۹	سبز تیره	ارغوانی	استوانه‌ای	افراشته	۱۱۲	۱۴۳	۳
Obs45	۳۱/۳۷۶۲۵	۴۸/۶۷۱۶۱	سبز تیره	ارغوانی	استوانه‌ای	افراشته	۱۱۵	۲۲۲	۳
Obs46	۳۱/۳۶۲۰۸۳	۴۸/۷۱۲۵	خاکستری	ارغوانی	مستطیلی	افراشته	۱۲۸	۱۳۶	۴
Obs47	۳۱/۳۶۲۹۷۲	۴۸/۷۱۲۳۳	خاکستری	کرم–خاکستری	استوانه‌ای	افراشته	۱۳۲	۱۲۵	۸
Obs48	۳۰/۷۶۴۲۵	۴۸/۲۵۶۱۹	سبز روشن	کرم–خاکستری	استوانه‌ای	افراشته	۱۳۰	۱۳۸	۵
Obs49	۳۰/۷۲۹۸۶۱	۴۸/۲۹۷۳۱	سبز روشن	کرم–خاکستری	مستطیلی	خوابیده	۷۰	۱۲۵	۲
Obs50	۳۱/۳۶۲۹۷۲	۴۸/۷۱۴۴۷	سبز روشن	کرم–خاکستری	مستطیلی	افراشته	۱۰۹	۱۵۶	۲
Obs51	۳۱/۶۲۶۴۷۲	۴۸/۳۴۳۶۱	سبز روشن	کرم–خاکستری	استوانه‌ای	افراشته	۱۰۵	۲۵۰	۴
Obs52	۳۱/۶۲۶۴۷۲	۴۸/۶۶۷۵	سبز تیره	ارغوانی	استوانه‌ای	خوابیده	۷۴	۱۵۰	۲

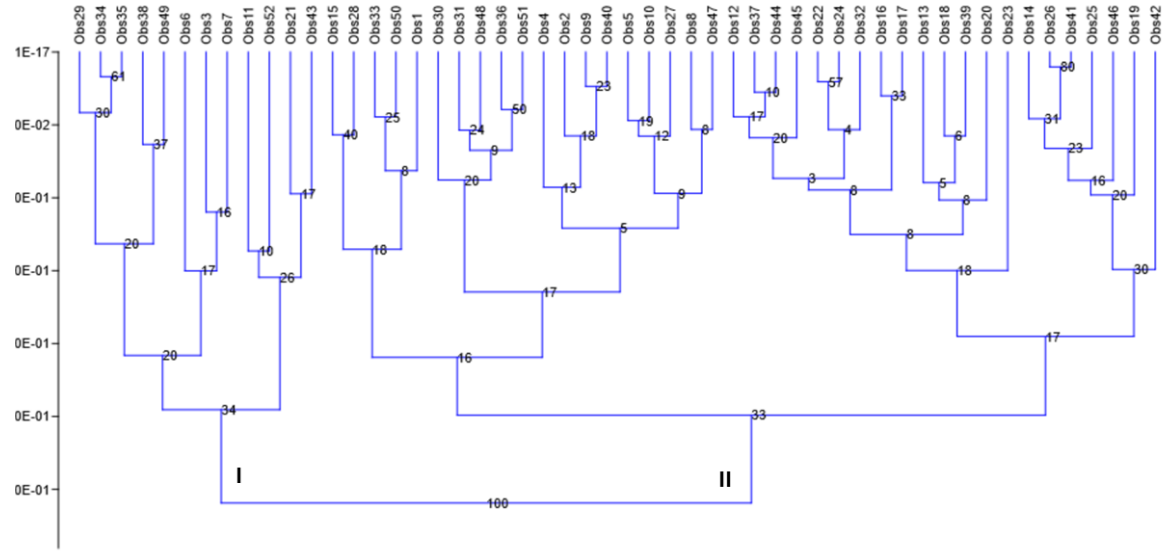
عمدتاً استوانه‌ای (۷۱/۲ درصد) و مستطیلی (۲۸/۸ درصد) بود. رنگ درختچه‌ها در سه گروه سبز تیره (۴۶/۲ درصد)، سبز روشن (۲۶/۹ درصد) و خاکستری (۲۶/۹ درصد) ثبت شد (شکل ۳). رنگ شاخه‌ها عمدتاً در دو طیف کرم–خاکستری (۵۱/۹ درصد) و ارغوانی (۴۸/۱ درصد) بود (شکل ۴). علاوه بر این، وجود کرک‌های غده‌ای در شاخه‌های جوان برخی اکوتیپ‌ها گزارش شد.

تجزیه و تحلیل خوشه‌ای

تحلیل خوشه‌ای بر اساس صفات ریخت‌شناسی اکوتیپ‌ها و با استفاده از روش UPGMA و ضریب تشابه گاور انجام شد (شکل ۵). دندروگرام حاصل نشان داد که اکوتیپ‌ها در دو خوشه‌ی اصلی (I و II) گروه‌بندی شدند. مقایسه این خوشه‌ها با موقعیت جغرافیایی اکوتیپ‌ها نشان داد که برخی نمونه‌های فاصله‌دار از نظر مکانی در یک گروه قرار گرفته‌اند؛ موضوعی که می‌تواند نشان‌دهنده نقش شرایط اکولوژیکی محلی در شکل‌گیری الگوهای ریختی باشد.

اگرچه مقادیر پشتیبانی بوت‌استرپ در برخی شاخه‌ها پایین بود، اما شاخه‌های اصلی از پایداری قابل‌قبول برخوردار بودند. لازم به ذکر است که نتایج حاصل از خوشه‌بندی صرفاً الگوی تنوع ریخت‌شناسی را توصیف می‌کند و قابل تعمیم به ویژگی‌های دارویی، زیست‌محیطی یا صنعتی گیاه نیست.

ضریب همبستگی کوفنتیک (Cophenetic correlation coefficient = 0.7361) برازش مناسب دندروگرام با داده‌های اصلی را تأیید کرد. همچنین نتایج آزمون PERMANOVA با ۹۹۹۹ تکرار تصادفی ($F = 5.328$, $p = 0.0032$) تفاوت معنی‌دار بین خوشه‌های شناسایی‌شده را تأیید نمود.



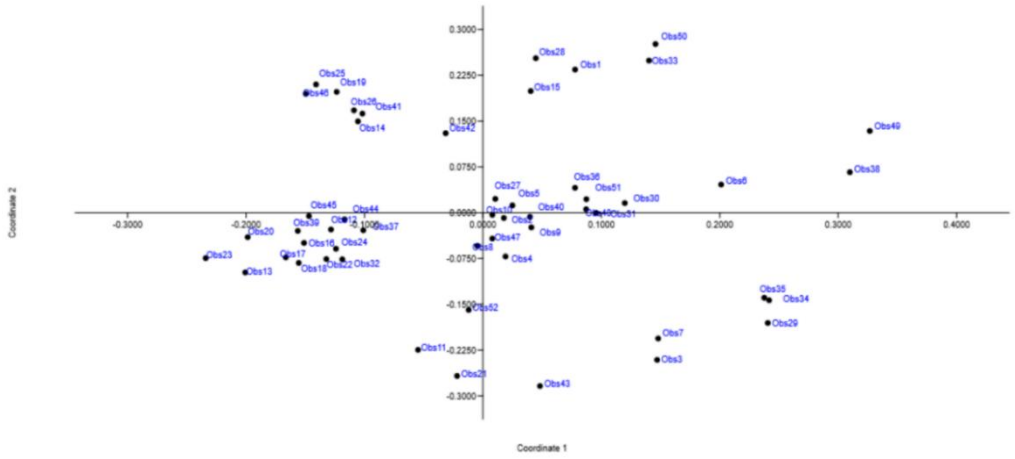
شکل ۵. دندروگرام حاصل از تحلیل خوشه‌ای اکوتیپ‌های *S. vermiculata* بر اساس صفات ریخت‌شناسی، با استفاده از ضریب تشابه گاور و روش UPGMA. اعداد نشان‌دهنده‌ی میزان پشتیبانی بوت‌استرپ برای هر گره هستند. دو خوشه‌ی اصلی با نماد I و II مشخص شده‌اند.

تحلیل مختصات اصلی (PCoA)

به منظور بررسی الگوهای پراکنش تنوع ریختی میان اکوتیپ‌ها، تحلیل مختصات اصلی (PCoA) با استفاده از ماتریس تشابه گاور و با پارامتر C = 2 انجام شد (شکل ۶). دو محور نخست، شامل PCo1 و PCo2، دارای مقادیر ویژه ۱/۶۴۸۹ و ۱/۲۴۳۸ بوده و به‌ترتیب ۲۱/۵۱ و ۱۶/۲۳ درصد از واریانس کل داده‌ها را تبیین کردند. در مجموع، این دو محور ۳۷/۷۴ درصد از تغییرات صفات ریختی را توضیح دادند.

همخوانی نسبی بین نتایج خوشه‌بندی و پراکنش اکوتیپ‌ها در فضای PCoA نشان می‌دهد که ساختار تنوع ریختی اکوتیپ‌های خوزستان پایدار بوده و توسط تحلیل‌های چندمتغیره نیز پشتیبانی می‌شود. با این حال، هم‌پوشانی برخی اکوتیپ‌ها در بخش مرکزی نمودار، نشان‌دهنده وجود صفات مشترک میان نمونه‌های متعلق به رویشگاه‌هایی با فاصله جغرافیایی زیاد است.

تفکیک نسبی اکوتیپ‌ها در محورهای اول و دوم، بیانگر تنوع ریختی قابل‌توجه و احتمال سازگاری آن‌ها با شرایط محیطی متفاوت است. مشابه تحلیل خوشه‌ای، تحلیل PCoA نیز صرفاً الگوی تنوع ریخت‌شناسی را ارائه می‌کند و هیچ ارتباط مستقیمی با کاربردهای عملکردی گزارش‌شده در منابع ندارد.



شکل ٦. نمودار تحلیل مختصات اصلی (PCoA) اکوتیپ‌های *S. vermiculata* بر اساس ضریب تشابه گاور (C = 2). پراکنش اکوتیپ‌ها در دو محور نخست، الگوی شباهت و تمایز ریخت‌شناسی آن‌ها را نشان می‌دهد.

بحث

نتایج این پژوهش نشان داد که اکوتیپ‌های *S. vermiculata* در استان خوزستان از تنوع ریخت‌شناسی قابل‌توجهی برخوردارند. دامنه تغییرات ارتفاع نمونه‌ها (۴۰ تا ۲۴۰ سانتی‌متر) با دامنه گزارش‌های فلور ایران (Assadi, 2001) با حداکثر ارتفاع ۱/۶ متر، فلور خوزستان (Mozaffarian, 1999) با دامنه ۴۰ تا ۱۲۰ سانتی‌متر، و گزارش‌های Akhani (2015) با ارتفاع ۲ متر، هم‌پوشانی داشت.

پهنای تاج پوشش اکوتیپ‌ها نیز بین ۷۲ سانتی‌متر تا ۲/۸۸ متر متغیر بود که با داده‌های گزارش‌شده توسط Assadi (2001) و Akhani (2015) (حداکثر ۳ متر) هم‌خوانی داشت. طول میان‌گره‌ها عمدتاً در بازه ۲ تا ۹ میلی‌متر قرار گرفت؛ دامنه‌ای که با مقادیر گزارش‌شده در فلور پاکستان (Freitag et al., 2001) نیز مطابقت دارد.

در میان صفات کیفی، فرم رویشی اکوتیپ‌ها در دو حالت افراشته و خوابیده مشاهده شد. در مقایسه، Assadi (2001)، فرم‌های خیزان یا خوابیده و Freitag و همکاران (2001) فرم‌های سجده‌ای، ایستاده و بالارونده را گزارش کرده‌اند. رنگ اندام‌های هوایی اکوتیپ‌های مورد مطالعه شامل سبز روشن، سبز تیره و خاکستری بود و برخی نمونه‌ها در حالت خشک‌شده به رنگ سیاه تغییر یافتند؛ این الگو با گزارش‌های Assadi (2001)، Akhani (2015) و توصیفات فلور پاکستان هم‌راستا است. شکل برگ‌ها عمدتاً استوانه‌ای یا مستطیلی بود و در مواردی تغییرات جزئی در ضخامت و پهنا مشاهده شد.

وجود کرک‌های غده‌ای بر روی شاخه‌های جوان در تعداد محدودی از اکوتیپ‌ها مشاهده شد. این ویژگی می‌تواند به‌عنوان یک سازوکار احتمالی سازگاری با شرایط محیطی متغیر تفسیر شود. در مقایسه، فلور پاکستان (Freitag et al., 2001) دامنه تغییر شکل برگ‌ها را «باریک و استوانه‌ای تا مستطیلی، بیضوی و حتی تقریباً دایره‌ای» گزارش کرده و ساقه‌های جوان را با پوشش کرک‌های موقتی توصیف کرده است. در فلور ایران (Assadi, 2001)، شکل برگ‌ها بسیار متنوع و شامل مستطیلی، بیضوی–دایره‌ای، مستطیلی باریک تا تقریباً استوانه‌ای، گاه کمی خمیده و نوک‌کند، اغلب باریک‌شونده در قاعده، و برگ‌های بالایی گاهی گرزی ذکر شده است. شاخه‌های جوان نیز در این منبع با کرک‌های غده‌ای یا تقریباً بدون کرک معرفی شده‌اند. Dinarvand (2020) نیز برگ‌های این گونه را متناوب، گوشتی و استوانه‌ای و شاخه‌های جوان را کرک‌دار توصیف کرده است.

به طور کلی، اکوتیپ‌های *S. vermiculata* در خوزستان در محدوده توصیف‌های موجود در منابع پیشین قرار می‌گیرند؛ با این حال، در برخی صفات کمی مانند ارتفاع و پهنای تاج پوشش دامنه تغییرات گسترده‌تری نشان دادند. این تنوع می‌تواند بازتابی از اختلافات زیست‌محیطی مناطق، تنوع اقلیمی و درجه سازگاری فنوتیپی این گونه با شرایط متغیر استان خوزستان باشد.

مطالعات متعددی بر نقش عوامل محیطی در تغییرات ریخت‌شناسی گونه‌های شورپسند تأکید کرده‌اند. برای مثال، Song و Zhang (2007) در مطالعه‌ای بر روی *S. salsa* گزارش کردند که تنوع ریخت‌شناسی می‌تواند شاخصی ارزشمند برای سنجش تنوع زیستی باشد، زیرا جنبه‌های مهمی از تفاوت‌های بین افراد و اکوتیپ‌ها را آشکار می‌سازد که شاخص‌های تاکسونومیک یا فیلوژنتیک قادر به شناسایی آن‌ها نیستند. یافته‌های آنها نشان داد که برخی صفات ریخت‌شناسی با ویژگی‌های محیطی محلی مانند شوری و رطوبت خاک همبستگی دارند. روند مشابهی توسط Lee و همکاران (2007) در گونه‌های مختلف *Suaeda* تأیید شد؛ ایشان دریافتند که تفاوت‌های ریخت‌شناسی عمدتاً تحت تأثیر محیط رشد، به‌ویژه شوری و رطوبت خاک، قرار دارند و حتی تغییرات در بستر شنی یا جریان آب می‌تواند به ظهور فرم‌های رشدی فشرده منجر شود. در همین راستا، Wang و همکاران (2023) نیز گزارش کردند که ارتفاع، شاخه‌بندی، رنگ و ریخت‌شناسی برگ‌های *S. salsa* ارتباط مستقیمی با نوع زیستگاه دارد. این مطالعات نشان می‌دهند که متغیرهای محیطی مانند شوری، بافت خاک، رطوبت و ماده آلی نقش مهمی در ایجاد تغییرات ریخت‌شناسی در گونه‌های شورپسند ایفا می‌کنند. این نکته در تفسیر الگوهای مشاهده‌شده در پژوهش حاضر نیز مدنظر قرار گرفت. با این حال، در مطالعه حاضر داده‌های محیطی به‌صورت کمی اندازه‌گیری نشدند و تفاوت‌های ریخت‌شناسی صرفاً بر پایه داده‌های ریخت‌شناسی و مشاهدات توصیفی تفسیر شده‌اند. ازاین‌رو، هرگونه برداشت درباره ارتباط صفات ریختی با شرایط اکولوژیک ماهیت فرضی دارد و نیازمند بررسی‌های تکمیلی است. فقدان اندازه‌گیری استاندارد متغیرهای محیطی (شامل شوری، pH، بافت خاک، رطوبت و ماده آلی) یکی از محدودیت‌های اصلی پژوهش حاضر بوده و امکان تحلیل کمی روابط ریختی–اکولوژیک را محدود کرده است.

در ادبیات پژوهشی، برای *S. vermiculata* نقش‌هایی مانند تثبیت خاک، کاهش فرسایش و مقابله با بیابان‌زایی گزارش شده است (Duarte and Caçador, 2021). همچنین، توانایی انباشت نمک در این گونه به‌عنوان قابلیتی بالقوه برای اصلاح خاک‌های شور معرفی شده است (Khan et al., 2009). با این حال، این موارد صرفاً یافته‌های مطالعات گذشته هستند و در پژوهش حاضر به‌صورت تجربی ارزیابی نشده‌اند. داده‌های گردآوری‌شده در این مطالعه صرفاً جنبه ریخت‌شناسی داشته و هدف اصلی آن‌ها توصیف الگوهای تنوع ریختی میان اکوتیپ‌ها بوده است.

مرور منابع علمی همچنین نشان می‌دهد که وجود ترکیبات زیست‌فعال از جمله پلی‌فنول‌ها، فلاونوئیدها و اسیدهای چرب می‌تواند اهمیت دارویی و اقتصادی این گونه را افزایش دهد (Mzoughi et al., 2018; Ahmad et al., 2021). با وجود این، ویژگی‌های شیمیایی، عملکردی یا کارکردهای اکولوژیک در این مطالعه بررسی نشده‌اند و تمام موارد ذکرشده صرفاً برای ارائه تصویری جامع از ادبیات موجود آورده شده‌اند. ادغام داده‌های ریخت‌شناسی با اطلاعات ژنتیکی، فیزیولوژیک و شیمیایی در آینده می‌تواند مسیر شناسایی اکوتیپ‌های برتر را هموار کند، هرچند تحقق چنین رویکردی مستلزم انجام پژوهش‌های چندسطحی است.

علی‌رغم محدودیت‌های محیطی و فقدان داده‌های تکمیلی، مجموعه داده‌های گردآوری‌شده در این پژوهش امکان ارزیابی دقیق تنوع ریخت‌شناسی *S. vermiculata* در سطح منطقه را فراهم کرده و می‌تواند به‌عنوان مبنایی مقدماتی برای مطالعات آتی و برنامه‌ریزی در حوزه احیای اراضی شور مورد استفاده قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

بررسی ریخت‌شناسی ۵۲ اکوتیپ *S. vermiculata* در استان خوزستان نشان داد که این گونه از تنوع قابل‌توجهی در صفات کمی و کیفی برخوردار است. الگوهای مشاهده‌شده حاکی از آن است که عوامل محیطی محلی احتمالاً نقشی پررنگ‌تر از فاصله جغرافیایی در شکل‌دهی تفاوت‌های ریختی میان رویشگاه‌ها ایفا می‌کنند. با این حال، در غیاب داده‌های کمی محیطی، این موضوع قابل اثبات قطعی نیست. عدم اندازه‌گیری استاندارد متغیرهای محیطی، نمونه‌برداری تک‌نقطه‌ای و نبود داده‌های ژنتیکی از مهم‌ترین محدودیت‌های پژوهش حاضر بوده و سبب می‌شود نتایج صرفاً در چارچوب داده‌های ریخت‌شناسی قابل تفسیر باشند.

تحلیل دقیق روابط ریختی–اکولوژیک یا ریختی–ژنتیکی در محدوده این مطالعه امکان‌پذیر نبود. پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آینده با اندازه‌گیری هم‌زمان داده‌های محیطی، ژنتیکی و صفات عملکردی در چارچوب یک رویکرد تلفیقی (ریخت‌شناسی–محیطی– ژنتیکی) انجام شوند تا سازوکارهای تنوع ریختی این گونه با دقت بیشتری روشن گردد. یافته‌های این پژوهش می‌توانند نقطه شروعی برای برنامه‌ریزی احیای اراضی شور و توسعه کشت گونه‌های مقاوم باشند، هرچند دستیابی به بهره‌برداری هدفمند نیازمند مطالعات تکمیلی است.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از حمایت مالی معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه شهید چمران اهواز برای اجرای این پژوهش در قالب طرح پژوهانه به شماره SCU.AA1402.165، قدردانی می‌شود. همچنین، نگارندگان مراتب سپاس خود را از داوران محترم به دلیل ارائه دیدگاه‌ها و نظرات ارزشمندشان اعلام می‌دارند.

منابع

آخانی، حسین (۱۳۹۴). گیاهان و پوشش گیاهی شمال غربی خلیج فارس: سواحل و جزایر خور موسی، ماهشهر و مناطق مجاور. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

اسدی، مصطفی (۱۳۸۰). فلور ایران (جلد ۳: تیره اسفناجیان). تهران: مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور.

اسدی، طاهره؛ بارگاهی، افشار؛ نبی‌پور، ایرج؛ محبی، غلامحسین؛ خلدبرین، بهمن؛ مهاجرانی، سهیل؛ و همکاران (۱۳۹۳). تعیین میزان روغن و درصد اسیدهای چرب موجود در گیاه شورزیست *Suaeda vermiculata* جمع‌آوری شده از سواحل خلیج‌فارس (بوشهر). *طب جنوب*، ۱۷ (۴)، ۶۳۸–۶۴۶. http://ismj.bpums.ac.ir/article-1-580-fa.html

دیناروند، مهری (۱۳۹۹). فلور استان خوزستان. تهران: مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور.

شاهی، مریم؛ ساغری، محمد؛ زندی اصفهان، احسان؛ و جایمند، کامکار (۱۳۹۶). بررسی کمی و کیفی اسیدهای چرب در بذر دو گونه گیاهی شورپسند *Salicornia herbacea* L و *Suaeda fruticosa* (L.) Forssk به‌عنوان منبع روغن خوراکی. *تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران*، ۳۳ (۲)، ۲۳۳–۲۴۳. https://doi.org/10.22092/ijmapr.2017.105370.1711

قربانیان، داریوش؛ زندی اصفهان، احسان؛ و بهادری، فرزانه (۱۳۹۸). بررسی و مقایسه توان تولید بیواتانول از بیوماس و ذخایر کربوهیدرات‌های ساختاری و غیرساختاری گونه‌های *Suaeda vermiculata*، *Halocnemum strobilaceum* و *Seidlitzia rosmarinus*. *تحقیقات مرتع و بیابان ایران*، ۲۶ (۲)، ۳۴۰–۳۵۱. https://doi.org/10.22092/ijrdr.2019.119356

مظفریان، ولی الله (۱۳۷۸). فلور استان خوزستان. اهواز: مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام خوزستان.

References

Ahmad, I., Gul, H., Noureen, A., Ujjan, J. A., Manzoor, S., & Muhammad, W. (2021). Antimicrobial, antioxidant and antidiabetic potential of *Suaeda fruticosa* L. *International Journal on Emerging Technologies, 12*(2), 155–160.

Ahmed, N., Mahmood, A., Mahmood, A., Sadeghi, Z., & Farman, M. (2015). Ethnopharmacological importance of medicinal flora from the district of Vehari, Punjab province, Pakistan. *Journal of Ethnopharmacology, 168*, 66–78. https://doi.org/10.1016/j.jep.2015.03.061

Akhani, H. (2015). *Plants and vegetation of the north-west Persian Gulf: The coasts and islands of Khore Musa, Mahshahr and adjacent areas*. Tehran: Tehran University Press. (in Persian)

Al-Jaber, H., Abu-Rub, L., Kunhipurayil, H. H., Eltai, N. O., Abo El Alaa, R. S., & Al-Mansoori, L. (2024). Medicinal properties of Qatari wetland plants: a review. *Flora and Fauna, 12*(2), Article 927. https://doi.org/10.22271/flora.2024.v12.i2a.927

Al-Malki, M. A., OSMAN, H. E., & El-Morsy, M. H. (2021). Ecological and nutritional values of halophytes in the Al-Qunfudhah, Saudi Arabia. *Umm Al-Qura University Journal of Applied Sciences (Association of Arab Universities)*, *7*(1). 27–33

Alminderej, F. M., Ammar, C., & El-Ghoul, Y. (2021). Functionalization, characterization and microbiological performance of new biocompatible cellulosic dressing grafted chitosan and *Suaeda fruticosa* polysaccharide extract. *Cellulose, 28*, 9821–9835. https://doi.org/10.1007/s10570-021-04155-4

Al-Omar, M. S., Sajid, M. S., Alnasyan, N. S., Almansour, B. S., Alruthaya, R. M., Khan, R. A., & Mohammed, H. A. (2021). The halophytic plant *Suaeda vermiculata* extracts reduce the inflamed paw edema and exert potential antimicrobial activity. *Pakistan Journal of Botany, 53*(1), 351–356. https://doi.org/10.30848/pjb2021-1(9)

Al-Tohamy, R., Ali, S. S., Saad-Allah, K., Fareed, M., Ali, A., El-Badry, A., ... & Rupani, P. F. (2018). Phytochemical analysis and assessment of antioxidant and antimicrobial activities of some medicinal plant species from Egyptian flora. *Journal of Applied Biomedicine*, *16*(4), 289–300. https://doi.org/10.1016/j.jab.2018.08.001

Aslam, F., & Ali, B. (2018). Halotolerant bacterial diversity associated with *Suaeda fruticosa* (L.) Forssk. improved growth of maize under salinity stress. *Agronomy*, *8*(8), 131. https://doi.org/10.3390/agronomy8080131

Assadi, M. (2001). *Flora of Iran (Vol. 38): Chenopodiaceae*. Tehran: Research Institute of Forests and Rangelands. (in Persian)

Assadi, T., Bargahi, A., Nabipour, I., Mohebbi, G. H., Kholdebarin, B., Mohajerani, S., et al. (2014). Determination of fatty acid composition of halophyte plant (*Suaeda vermiculata*) collected from the shorelines of Persian Gulf region (Bushehr Province). *Iran South Medical Journal, 17*(4), 638–646. http://ismj.bpums.ac.ir/article-1-580-fa.html (in Persian)

Ayaz, A., Jamil, Q., Hussain, M., Anjum, F., Sarfraz, A., Alqahtani, T., ... & Iqbal, S. M. (2022). Antioxidant and gastroprotective activity of *Suaeda fruticosa* Forssk. ex J.F. Gmel. *Molecules, 27*(14), 4368. https://doi.org/10.3390/molecules27144368

Bareen, F. E., & Tahira, S. A. (2011). Metal accumulation potential of wild plants in tannery effluent contaminated soil of Kasur, Pakistan: Field trials for toxic metal cleanup using *Suaeda fruticosa*. *Journal of Hazardous Materials, 186*(1), 443–450. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.11.022

Bennani-Kabchi, N., el Bouayadi, F., Kehel, L., Fdhil, H., & Marquié, G. (1999). Effect of *Suaeda fruticosa* aqueous extract in the hypercholesterolaemic and insulin-resistant sand rat. *Therapie*, *54*(6), 725–730. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10709447

Benwahhoud, M., Jouad, H., Eddouks, M., & Lyoussi, B. (2001). Hypoglycemic effect of *Suaeda fruticosa* in streptozotocin-induced diabetic rats. *Journal of Ethnopharmacology, 76*(1), 35–38. https://doi.org/10.1016/S0378-8741(01)00207-0

Chekroun-Bechlaghem, N., Belyagoubi-Benhamou, N., Belyagoubi, L., Gismondi, A., Nanni, V., Di Marco, G., Canuti, L., Canini, A., El Haci, I. A., & Atik Bekkara, F. (2019). Phytochemical analysis and antioxidant activity of *Tamarix africana*, *Arthrocnemum macrostachyum* and *Suaeda fruticosa*, three halophyte species from Algeria. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology, 153*(6), 843–852. https://doi.org/10.1080/11263504.2018.1555191

Cybulska, I., Brudecki, G., Alassali, A., Thomsen, M., & Brown, J. J. (2014). Phytochemical composition of some common coastal halophytes of the United Arab Emirates. *Emirates Journal of Food and Agriculture, 26*(12), 1046–1056. https://doi.org/10.9755/ejfa.v26i12.19104

Diab, T. A., Donia, T., & Saad-Allah, K. M. (2021). Characterization, antioxidant, and cytotoxic effects of some Egyptian wild plant extracts. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences, 10*(1), 13. https://doi.org/10.1186/s43088-021-00103-0

Devi, S., Nandwal, A. S., Angrish, R., Arya, S. S., Kumar, N., & Sharma, S. K. (2016). Phytoremediation potential of some halophytic species for soil salinity. *International Journal of Phytoremediation, 18*(7), 693–696. https://doi.org/10.1080/15226514.2015.1131229

Dinarvand, M. (2020). *Flora of Khuzestan Province* (1st ed.). Tehran: Research Institute of Forests and Rangelands. (in Persian)

Duarte, B., & Caçador, I. (2021). Iberian halophytes as agroecological solutions for degraded lands and biosaline agriculture. *Sustainability, 13*(2), 1005. https://doi.org/10.3390/su13021005

El Ghazali, G. E. B., Al-Soqeer, A. R. A., & Abdalla, W. E. (2017). Effect of treated sewage effluents on plant cover and soil at Wadi Al Rummah, Qassim Region, Saudi Arabia. *Soil & Water Research, 12*(4), 246–253. https://doi.org/10.17221/230/2016-SWR

Franchi, E., Fusini, D., Pietrini, I., Bretzel, F., Scartazza, A., Barbafieri, M., & Vocciante, M. (2024). Low-impact management of produced water: Assessing phytodepuration with *Halocnemum strobilaceum* and *Suaeda fruticosa*. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, *12*(2), 1120494. https://doi.org/10.13044/j.sdewes.d12.0494

Freitag, H. (1989). Contributions to the chenopod flora of Egypt. *Flora, 183*(1–2), 149–173. https://doi.org/10.1016/S0367-2530(17)31550-5

Freitag, H., Hedge, I. C., Jafri, S. M. H., Kothe-Heinrich, G., & Omer, S. (2001). *Flora of Pakistan, No. 204: Chenopodiaceae*. Missouri Botanical Garden & University of Karachi.

Gheraissa, N., Chemsa, A. E., Cherrada, N., Erol, E., Elsharkawy, E. R., Ghemam-Amara, D., Zeghoud, S., Rebiai, A., Messaoudi, M., Sawicka, B., Atanassova, M., & Abdel-Kader, M. S. (2023). Biochemical profile and in vitro therapeutic properties of two euhalophytes, *Halocnemum strobilaceum* Pall. and *Suaeda fruticosa* (L.) Forsk., grown in the sabkha ecosystem in the Algerian Sahara. *Molecules, 28*(8), 3580. https://doi.org/10.3390/molecules28083580

Ghorbanian, D., Zandi Esfahan, E., & Bahadori, F. (2019). Investigation and comparison of bioethanol production potential from biomass and structural and non-structural carbohydrate reserves of species *Suaeda vermiculata*, *Halocnemum strobilaceum* and *Seidlitzia rosmarinus*. *Iranian Journal of Range and Desert Research, 26*(2), 340–351. https://doi.org/10.22092/ijrdr.2019.119356 (in Persian)

Gupta, S. R., Dagar, J. C., & Sharma, H. R. (2024). Halophytes and agroforestry in the restoration of salt-affected landscapes in changed environment. *Journal of Soil Salinity and Water Quality, 16*(2), 152–165. https://doi.org/10.56093/jsswq.v16i2.156303

Hanif, A., Ejaz, U., Ansari, I., & Sohail, M. (2024). Potential application of *Suaeda fruticosa* and *Cressa cretica* biomass as a substrate for pectinase production by *Geotrichum candidum*. *Arabian Journal for Science and Engineering*, *49*, 1–14. https://doi.org/10.1007/s13369-023-08000-7

Joshi, A., Rajput, V. D., Verma, K. K., Minkina, T., Ghazaryan, K., & Arora, J. (2023). Potential of *Suaeda nudiflora* and *Suaeda fruticosa* to adapt to high salinity conditions. *Horticulturae, 9*(1), 74. https://doi.org/10.3390/horticulturae9010074

Khan, M. A. (2016). Food and water security for dry regions: A new paradigm. In *Halophytes for food security in dry lands* (pp. 231–241). Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801854-5.00014-5

Khan, M. A., Ansari, R., Ali, H., Gul, B., & Nielsen, B. L. (2009). *Panicum turgidum*, a potentially sustainable cattle feed alternative to maize for saline areas. *Agriculture, ecosystems & environment*, *129*(4), 542–546. https://doi.org/10.1016/j.agee.2008.10.014

Khan, M. A., & Qaiser, M. (2006). Halophytes of Pakistan: Characteristics, distribution and potential economic usages. In M. A. Khan, B. Böer, G. S. Kust, & H. J. Barth (Eds.), *Sabkha ecosystems* (Vol. 42, pp. 129–153). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5072-5_11

Ksouri, R., Ksouri, W. M., Jallali, I., Debez, A., Magné, C., Hiroko, I., & Abdelly, C. (2011). Medicinal halophytes: potent source of health promoting biomolecules with medical, nutraceutical and food applications. *Critical Reviews in Biotechnology*, *32*(4), 289–326. https://doi.org/10.3109/07388551.2011.630647

Lee, J. S., Park, D. S., Ihm, B. S., & Lee, W. J. (2007). Taxonomic reappraisal on *Suaeda australis* (Chenopodiaceae) in Korea based on the morphological and molecular characteristics. *Journal of Plant Biology, 50*(6), 605–614. https://doi.org/10.1007/BF03030603

Mohammadi Motamed, S., Bush, S., Hosseini Rouzbahani, S., Karimi, S., & Mohammadipour, N. (2016). Total phenolic and flavonoid contents and antioxidant activity of four medicinal plants from Hormozgan province, Iran. *Research Journal of Pharmacognosy*, *3*(3), 17–26. https://www.rjpharmacognosy.ir/article_15632.html

Mohammed, H. A. (2020). The valuable impacts of halophytic genus *Suaeda*; nutritional, chemical, and biological values. *Medicinal Chemistry (Shariqah (United Arab Emirates))*, *16*(8), 1044–1057. https://doi.org/10.2174/1573406416666200224115004

Mohammed, H. A., Ewees, M. G., Mahmoud, N. I., Ali, H. M., Amin, E., & Abdel-Bakky, M. S. (2023). Involvement of PI3K/HIF-1α/c-MYC/iNOS pathway in the anticancer effect of *Suaeda vermiculata* in rats. *Pharmaceuticals*, *16*(10), 1470. https://doi.org/10.3390/ph16101470

Mohammed, S. A. A., Eldeeb, H. M., Mohammed, H. A., Al-Omar, M. S., Almahmoud, S. A., El-Readi, M. Z., Ragab, E. A., Sulaiman, G. M., Aly, M. S. A., & Khan, R. A. (2021). Roles of *Suaeda vermiculata* aqueous-ethanolic extract, its subsequent fractions, and the isolated compounds in hepatoprotection against paracetamol-induced toxicity as compared to silymarin. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity, 2021*, 6174897. https://doi.org/10.1155/2021/6174897

Mohammed, S. A. A., Khan, R. A., El-Readi, M. Z., Emwas, A.-H., Sioud, S., Poulson, B. G., Jaremko, M., Eldeeb, H. M., Al-Omar, M. S., & Mohammed, H. A. (2020). *Suaeda vermiculata* aqueous-ethanolic extract-based mitigation of CCl_4-induced hepatotoxicity in rats, and HepG-2 and HepG-2/ADR cell-lines-based cytotoxicity evaluations. *Plants*, *9*(10), 1291. https://doi.org/10.3390/plants9101291

Mozaffarian, V. (1999). *Flora of Khuzestan*. Ahvaz: Research Center of Natural Resources and Animal Affairs of Khuzestan. (in Persian)

Mzoughi, Z., Abdelhamid, A., Rihouey, C., Le Cerf, D., Bouraoui, A., & Majdoub, H. (2018). Optimized extraction of pectin-like polysaccharide from *Suaeda fruticosa* leaves: characterization, antioxidant, anti-inflammatory and analgesic activities. *Carbohydrate Polymers, 185*, 127–137. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.01.022

Oueslati, S., Ksouri, R., Falleh, H., Pichette, A., Abdelly, C., & Legault, J. (2012). Phenolic content, antioxidant, anti-inflammatory and anticancer activities of the edible halophyte *Suaeda fruticosa* Forssk. *Food Chemistry, 132*(2), 943–947. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.11.072

Öztürk, M., Altay, V., Gücel, S., & Güvensen, A. (2014). Halophytes in the East Mediterranean – Their medicinal and other economical values. In M. A. Khan, B. Böer, M. Öztürk, T. Z. Al Abdessalaam, M. Clüsener-Godt, & B. Gul (Eds.), *Sabkha ecosystems* (Vol. 47, pp. 327–345). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7411-7_18

Petropoulos, S. A., Karkanis, A., Martins, N., & Ferreira, I. C. F. R. (2018). Edible halophytes of the Mediterranean basin: potential candidates for novel food products. *Trends in Food Science & Technology, 74*, 69–84. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.02.006

Safa, O., Soltanipoor, M. A., Rastegar, S., Kazemi, M., Nourbakhsh Dehkordi, K., & Ghannadi, A. (2013). An ethnobotanical survey on hormozgan province, Iran. *Avicenna journal of phytomedicine*, *3*(1), 64–81. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4075690/

Saleem, H., Khurshid, U., Sarfraz, M., Tousif, M. I., Alamri, A., Anwar, S., Alamri, A., Ahmad, I., Abdallah, H. H., Mahomoodally, F. M., & Ahemad, N. (2021). A comprehensive phytochemical, biological, toxicological and molecular docking evaluation of *Suaeda fruticosa* (L.) Forssk.: an edible halophyte medicinal plant. *Food and Chemical Toxicology, 154*, 112348. https://doi.org/10.1016/j.fct.2021.112348

Saleh, K. A., Albinhassan, T. H., Al-Ghazzawi, A. M., Mohaya, A., Shati, A., Ayoub, H. J., & Abdallah, Q. M. (2020). Anticancer property of hexane extract of *Suaeda fruticose* plant leaves against different cancer cell lines. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research, 19*(1), 129–136. https://doi.org/10.4314/tjpr.v19i1.16

Samira, A. A., Ahmed, A. B., Hany, M. A. B., & Mahmoud, M. M. S. (2004). Insecticidal activity of different wild plant extracts against *Aphis craccivora* Koch. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, *14*(1), 165–173.

Schenk, H. J., & Ferren, W. R., Jr. (2001). On the sectional nomenclature of *Suaeda* (Chenopodiaceae). *Taxon*, *50*(3), 857–873.

Sefidanzadeh, S., Ziarati, P., & Mohammadi Motamed, S. (2015). Chemical composition of *Suaeda vermiculata* seeds grown in Hormozgan in the south of Iran. *Biosciences Biotechnology Research Asia, 12*(3), 1923–1929. https://doi.org/10.13005/bbra/1858

Shahi, M., Saghari, M., Zandi Esfahan, E., & Jaimand, K. (2017). Qualitative and quantitative study on the seed oil of *Salicornia herbacea* L. and *Suaeda fruticosa* (L.) Forssk. as a source of edible oil. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 33*(2), 233–243. https://doi.org/10.22092/ijmapr.2017.105370.1711 (in Persian)

Song, B., & Zhang, Z. (2007). Measuring morphology and genetic biodiversity of the *Suaeda salsa* population in the Huanghe River Delta. *Russian Journal of Ecology, 38*(4), 277–284. https://doi.org/10.1134/S1067413607040091

Suthar, R., & Solanki, H. (2022). Phytochemical screening of halophytic plant *Suaeda fruticosa* (L.) Forssk. ex JF Gmel. *International Association of Biologicals and Computational Digest*, *1*(2), 308–313. https://doi.org/10.56588/iabcd.v1i2.84

Towhidi, A., Saberifar, T., & Dirandeh, E. (2011). Nutritive value of some herbage for dromedary camels in the central arid zone of Iran. *Tropical Animal Health and Production, 43*(3), 617–622. https://doi.org/10.1007/s11250-010-9741-9

Wang, Z., Pan, J., Gao, T., Wang, Q., Zhou, D., Dong, X., … & Zhang, X. (2023). Ecological differentiation of the halophyte *Suaeda salsa* under different habitat conditions. *Research Square*. https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3684550/v1

Weber, D. J., Ansari, R., Gul, B., & Khan, M. A. (2007). Potential of halophytes as source of edible oil. *Journal of Arid Environments, 68*(2), 315–321. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.05.010

Zaier, M. M., Heleno, S. A., Mandim, F., Calhelha, R. C., Ferreira, I. C. F. R., Achour, L., Kacem, A., & Dias, M. I., Barros, L. (2022). Effects of the seasonal variation in the phytochemical composition and bioactivities of the wild halophyte *Suaeda fruticosa*. *Food Bioscience, 50,* 102131. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.102131