



<https://tbj.ui.ac.ir/?lang=en>

**Taxonomy and Biosystematics**

E-ISSN: 2322-2190

Document Type: Research Paper

Vol. 16, Issue 1, No.58, (2024), P:47-60

Received: 11/08/2024

Accepted: 27/8/2024

## Morphological diversity and numerical taxonomy of *Nerium L.* populations in Iran

**Azadeh Akhavan Roofigar** \* 

Research Assistant Professor., Natural Resources Research Division, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Isfahan, Iran.

a.akhavan@areeo.ac.ir

**Amir Mohammad Avaz Zadeh**

PhD. Student, Department of Plant and Animal Biology, Faculty of Biological Science and Technology, University of Isfahan, Iran.  
amir.avazzadeh2014@gmail.com

**Behnam Hamzeh'ee**

Research Associated Professor, Botany Research Department Research Institute of Forests and Rangeland, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

hamzehee@rifr-ac.ir

### Abstract

The genus *Nerium L.* consists of perennial shrubs belonging to the Apocynaceae family, which are widely found in the warm and dry regions of western, southern, and southeastern Iran as wild plants. In this study, the quantitative and qualitative morphological traits of various *Nerium* populations across different regions of Iran were examined. Samples were collected from 100 individuals belonging to 38 different populations, and their morphological data were analyzed. Cluster analysis and Principal Component Analysis (PCA) were performed using the R software. The results indicated that leaf size, flower corolla color, and corolla appendages are highly valuable taxonomic traits and can aid in distinguishing different populations. However, taxonomic ambiguities persist regarding the overlap of certain morphological traits and the exact definition of subspecies. Therefore, molecular studies are recommended to resolve these ambiguities and confirm the results of morphological analyses.

**Keywords:** distribution, Apocynaceae, *Nerium*, subspecies, taxonomy.

### Introduction

The Apocynaceae family, consisting of over 415 genera and more than 5,000 species, is among the largest families of flowering plants. The genus *Nerium L.*, belonging to this family, consists of perennial shrubs found in various geographical regions, particularly in the Mediterranean, southern Asia, and parts of America and Australia. In Iran, *Nerium oleander L.* grows predominantly in riverbeds within warm and arid regions. The plant holds significance not only as an ornamental species but also for its medicinal properties, being used in traditional medicine for its cardiotoxic, anti-inflammatory, and antimicrobial properties, among others. Flora Iranica and Flora of Iran list two subspecies within the genus: *Nerium oleander* subsp. *kurdicum* and *Nerium indicum* subsp. *kotschyi*. These subspecies are primarily distinguished by key morphological traits, such as the

\*Corresponding author

Akhavan Roofigar, A., Avazzadeh, A., & Hamzeh, B. (2024). Morphological diversity and numerical taxonomy of *Nerium* populations in Iran. *Taxonomy and Biosystematics*, 16 (58), 47-60.

2322-2190 © The Author(s).

Published by University of Isfahan

This is an open access article under the CC BY-NC 4.0 License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).



<http://dx.doi.org/10.22108/tbj.2024.142428.1278>

shape and size of the corolla appendages. *N. oleander* subsp. *kurdicum* is characterized by short, toothed corolla appendages, while *N. indicum* subsp. *kotschyi* has long, thread-like corolla appendages. Despite these distinctions, the current taxonomic treatment on major botanical databases (e.g., POWO and IPNI) consider these subspecies synonyms of *Nerium oleander*. This study, therefore, aims to provide a comprehensive morphological and morphometric analysis to clarify the taxonomic status of these subspecies in Iran.

### **Materials & Methods**

This study began with a review of the literature and examination of herbarium specimens (Rechinger, 1974; Dinarvand, 2002). Field samples were then collected from 100 individuals across 38 different populations in various regions of Iran, including Ilam, Bushehr, Khuzestan, Fars, Kerman, Kermanshah, and Hormozgan provinces. Sampling was designed to cover the natural distribution of *Nerium* in Iran. The collected specimens were pressed, dried, and stored in the herbarium of the Agricultural and Natural Resources Research Center of Isfahan Province (SFAHAN). Morphological data were recorded and analyzed using cluster analysis and Principal Component Analysis (PCA) through the R software.

### **Research findings**

Morphological analysis revealed significant variation in leaf size, petal length, and the size of corolla appendages across different populations. Ward's method of cluster analysis indicated two primary clusters corresponding to the western (Ilam and Kermanshah) and southern populations. The key differentiating traits between these clusters were leaf size, flower corolla color, and corolla appendages. The results of PCA also supported this differentiation, with the first and second principal components explaining most of the variance in the morphological data, highlighting the importance of these traits in subspecies identification.

### **Discussion of Results & Conclusion**

This study confirms that the morphological traits examined, particularly leaf size, corolla color, and corolla appendages, have significant taxonomic value for distinguishing *Nerium* populations in Iran. However, the study also identifies persistent taxonomic ambiguities related to the overlap of certain morphological traits among subspecies. These ambiguities suggest that further molecular studies are necessary to confirm the morphological findings and resolve the taxonomic status of the subspecies. The study contributes to a better understanding of *Nerium* diversity and provides a foundation for future molecular and conservation studies in Iran.

## تنوع ریخت‌شناسی و آرایه‌شناسی عددی جمعیت‌های خرزهره در ایران

آزاده اخوان روفیگر<sup>ID\*</sup>، استادیار پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان

تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

a.akhavan@areeo.ac.ir

امیر محمد عوض زاده، دانشجوی دکتری، گروه زیست‌شناسی گیاهی و جانوری، دانشکده علوم و فناوری‌های زیستی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

amir.avazzadeh2014@gmail.com

بهنام حمزه، دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات گیاهشناسی، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

hamzehee@rifr-ac.ir

### چکیده

جنس *Nerium* از درختچه‌های چند ساله متعلق به تیره خرزهره‌ایان (Apocynaceae) است که به‌طور گسترده در مناطق گرم و خشک غرب، جنوب و جنوب شرقی ایران به‌صورت خودرو یافت می‌شود. در این مطالعه، صفات کمی و کیفی ریخت‌شناسی جمعیت‌های مختلف خرزهره در بخش‌های مختلف ایران بررسی شد. نمونه‌ها از ۱۰۰ فرد متعلق به ۳۸ جمعیت مختلف، انتخاب و داده‌های ریخت‌شناسی آنها تجزیه و تحلیل شدند. با استفاده از نرم‌افزار R، نمودارهای خوشه‌ای و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) رسم شد. نتایج نشان دادند صفات اندازه برگ‌ها، رنگ جام گل و زوائد جام گل دارای ارزش تاکسونومیک بالایی هستند و می‌توانند به تفکیک جمعیت‌های مختلف کمک کنند؛ با این حال، ابهامات آرایه‌شناختی همچنان دربارهٔ همپوشانی برخی صفات مورفولوژیکی و تفکیک دقیق زیرگونه‌ها وجود دارد؛ بنابراین، انجام مطالعات مولکولی برای رفع این ابهامات و تأیید نتایج حاصل از تحلیل‌های ریخت‌شناسی پیشنهاد می‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** پراکنش، خرزهره‌ایان، *Nerium*، زیرگونه، تاکسونومی

### مقدمه

تیره Apocynaceae (خرزهره‌ایان)، یکی از ده تیره بزرگ در بین گیاهان گلدار است که شامل ۴۱۵ جنس و بیش از ۵۰۰۰ گونه است (Endress et al., 2018; Patil et al., 2023). جنس *Nerium* L. یکی از جنس‌های درختچه‌ای و چند ساله متعلق به تیره خرزهره است. این جنس در ایران معمولاً در بستر رودخانه‌های مناطق گرم و خشک رویش دارند (Mozaffarian, 2005). گونه *N. oleander* L. به‌طور گسترده در نواحی مدیترانه‌ای، جنوب آسیا و حتی بخش‌هایی از

\* مسئول مکاتبات

اخوان روفیگر، آزاده، عوض زاده، امیر محمد، حمزه، بهنام. (۱۴۰۳). تنوع ریخت‌شناسی و آرایه‌شناسی عددی جمعیت‌های خرزهره در ایران. تاکسونومی و بیوسستماتیک، ۱۶، (۵۸)، ۴۷-۶۰.



آمریکا و استرالیا کاشته می‌شود و به‌عنوان یک گیاه زینتی در باغ‌ها، پارک‌ها و حاشیه جاده‌ها استفاده می‌شود. پراکنندگی جغرافیایی خرزهره در جهان شامل کشورهای مختلفی همچون ایران، پاکستان، هند، عربستان و قسمت‌هایی از شمال آفریقا است (Patil et al., 2023). در غرب، جنوب و جنوب شرق ایران به صورت خودرو رشد می‌کند (Dinarvand, 2002). خرزهره یک گیاه دارویی و سمی است که از زمان‌های قدیم برای درمان بیماری‌های مختلف استفاده می‌شده است. خواص آن شامل اثرات مقوی قلب، خلط‌آور، ضد زخم، ضد درد، ضد باکتری، ضد دیابت و آنتی‌اکسیدانی است. عصاره برگ آن در درمان خارش و کاهش ورم پوست، مسهل، تب‌بر و نیز حشره‌کش به کار می‌رود (El Sawi et al., 2010; Pandey et al., 2024). خرزهره یک گیاه زینتی بوده و علاوه بر زیبایی ظاهری، دارای سیستم ریشه‌ای گسترده است و به دلیل تحمل بالای خشکی و شوری اغلب در پروژه‌های تثبیت خاک و فضای سبز استفاده می‌شود (Kumar et al., 2017). مطابق فلورا ایرانیکا (Rechinger, 1974) و فلور ایران (Dinarvand, 2002) جنس *Nerium* در ایران دارای دو گونه و دو زیرگونه است: *Nerium indicum* و *Nerium oleander* subsp. *kurdicum* Rech.f. این دو زیرگونه براساس تفاوت‌های کلیدی در ویژگی‌های ریخت‌شناسی، به‌ویژه شکل و اندازه زوائد جام گل، از یکدیگر تفکیک می‌شوند. *Nerium oleander* subsp. *kurdicum* دارای زوائد دندان‌های کوتاه در جام گل است؛ در حالی که *Nerium indicum* subsp. *kotschy* با زوائد نخی شکل بلند در جام گل شناخته می‌شود. در حال حاضر مطابق وب‌سایت‌های مهم گیاهشناسی مانند POWO و IPNI هر دو زیرگونه ذکر شده در فلورا ایرانیکا و فلور ایران به‌عنوان مترادف‌هایی برای گونه *Nerium oleander* در نظر گرفته شده‌اند. از آنجایی که جمعیت‌های مختلف این گیاه تاکنون از نظر خصوصیات ریخت‌شناسی و مورفومتریک بررسی و تحقیق نشده‌اند. این مطالعه نخستین تحقیق جامع در این زمینه محسوب می‌شود. از نتایج به‌دست آمده می‌توان برای شناخت دقیق‌تر روابط بین تاکسون‌ها استفاده کرد. همچنین، این گیاه مقاوم به خشکی است و در بسیاری از مناطق گرم و خشک توانایی رشد دارد؛ بنابراین، مطالعه این گونه می‌تواند به حفظ ذخایر ژنتیکی و رویشگاه‌های آن کمک کند و به‌عنوان پایه و اساس مطالعات ژنتیکی قرار گیرد. مطالعات مورفومتری و تاکسونومی عددی ابزارهای مهمی در طبقه‌بندی و شناسایی گونه‌ها و زیرگونه‌های گیاهی به شمار می‌روند. این مطالعات با اندازه‌گیری و تحلیل صفات ریخت‌شناسی و ایجاد بانک‌های اطلاعاتی جامع، به شناسایی تفاوت‌ها و شباهت‌ها بین جمعیت‌های مختلف کمک می‌کنند (Henderson, 2006). استفاده از روش‌های آماری پیشرفته مانند تجزیه به مؤلفه اصلی (PCA) و تحلیل خوشه‌ای، امکان تحلیل دقیق‌تر داده‌ها و شناخت روابط بین جمعیت‌های مختلف را فراهم می‌کند. این روش‌ها می‌توانند به روشن شدن وضعیت تاکسونومیک گیاهان کمک کنند و اطلاعات مفیدی را برای مطالعات حفاظتی فراهم سازند. مطالعات ریزریخت‌شناسی برگ و نقش آن در شناسایی گونه‌های تیره Apocynaceae نشان می‌دهد ویژگی‌های ریخت‌شناسی برگ می‌تواند به شناسایی و طبقه‌بندی دقیق گونه‌ها کمک کند (Bashir et al., 2020). مطالعات ریخت‌شناسی و تشریحی برگ در گونه *Nerium oleander* نشان داده است که صفات ریخت‌شناسی و تشریحی برگ‌ها می‌توانند به‌عنوان نشانگرهای تاکسونومیک برای شناسایی صحیح گونه‌های گیاهی استفاده شوند (Abdalla et al., 2016). در مطالعه‌ای دیگر، تغییرات ریزریخت‌شناسی و تشریحی در برگ‌های *N. oleander* در مناطق ارتفاعی مختلف در کشور ترکیه، تغییرات

مختلفی را نشان می‌دهد (Sargin, 2021). مطالعه حاضر با انجام مطالعات ریخت‌شناختی و مورفومتریک به شناسایی واحدهای فرگونه‌ای این جنس در ایران پرداخته است. هدف اصلی این مطالعه، بررسی تنوع ریخت‌شناسی جمعیت‌های خودرو *Nerium* در ایران و شناسایی صفات ریخت‌شناسی مهم برای تفکیک این جمعیت‌ها است. همچنین، این مطالعه به دنبال ارزیابی وضعیت تاکسونومیک زیرگونه‌های *Nerium* در ایران برای تأیید یا رد مترادف بودن آنها است.



شکل ۱. نمونه تیپ *Nerium oleander* subsp. *kurdicum* در هرباریوم وین (W 1974-0024618)، اقتباس شده از وبسایت JACQ Virtual Herbaria

Figure 1. Type specimen of *Neriumoleander* subsp. *kurdicum* in the Vienna herbarium (W 1974-0024618), sourced from JACQ Virtual Herbaria



شکل ۲. نمونه تیپ *Nerium indicum* subsp. *kotschyi* در هرباریوم وین (W 0049398)، اقتباس شده از وبسایت JACQ Virtual Herbaria

Figure 2. Type specimen of *Nerium indicum* subsp. *kotschyi* in the Vienna herbarium (W 0049398), sourced from JACQ Virtual Herbaria

## مواد و روش‌ها

## نمونه‌برداری

در این مطالعه، ابتدا منابع کتابخانه‌ای معتبر (Rechinger, 1974; Dinarvand, 2002) و برخی نمونه‌های هرباریومی مطالعه شدند، سپس، نمونه‌های گیاهی از مناطق مختلف رویشی در ایران جمع‌آوری شدند. سعی شد نقاط پراکنش جنس خرزهره به صورت خودرو در ایران پوشش داده شود. مناطق بررسی شده شامل استان‌های ایلام، بوشهر، خوزستان، فارس، کرمان، کرمانشاه و هرمزگان بودند. به‌طور کلی ۱۰۰ فرد متعلق به ۳۸ جمعیت (به‌طور متوسط ۳ فرد از هر جمعیت) از نقاط مختلف نمونه‌برداری شدند (شکل ۳). از تمام افراد در جمعیت‌های مختلف و رویشگاه‌های آنها تصاویر مناسبی تهیه شد. شکل ۴ نمونه‌ای از این تصاویر را نشان می‌دهد. نمونه‌برداری به گونه‌ای انجام شد که تنوع ریخت‌شناسی و جغرافیایی جمعیت‌ها به خوبی منعکس شود. از هر جمعیت، نمونه‌های مناسب برداشت شد که بعد از پرس و خشک شدن در هرباریوم مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان (SFAHAN) نگهداری می‌شوند. اطلاعات مربوط به این نمونه‌ها، شامل استان و محل نمونه‌برداری، تاریخ، شماره هرباریومی و تعداد افراد برداشت شده در زیر ارائه شده‌اند.

ایلام، ۷۰ کیلومتری قبل از ایلام، ۲۲/۰۲/۱۴۰۳، ۱۸۳۸۳ (۱ فرد)؛ ایلام، ایوان ۱، ۲۲/۰۲/۱۴۰۳، ۱۸۳۸۴ (۳ فرد)؛ ایلام، ایوان ۲، ۲۲/۰۲/۱۴۰۳، ۱۸۳۸۵ (۳ فرد)؛ ایلام، دره شور به ایلام، ۲۲/۰۲/۱۴۰۳، ۱۸۳۸۶ (۲ فرد)؛ ایلام، قبل از قصر شیرین به سراب، ۲۳/۰۲/۱۴۰۳، ۱۸۳۸۷ (۳ فرد)؛ بوشهر، تنگه ارم، ۱۷/۰۲/۱۴۰۳، ۱۸۳۸۸ (۴ فرد)؛ بوشهر، فاریاب، ۱۷/۰۲/۱۴۰۳، ۱۸۳۸۹ (۴ فرد)؛ بوشهر، مورد خیر، ۱۷/۰۲/۱۴۰۳، ۱۸۳۹۰ (۴ فرد)؛ خوزستان، باغملک، ۲۱/۰۲/۱۴۰۳، ۱۸۳۹۱ (۲ فرد)؛ خوزستان، بعد از سد کارون ۳، ۲۰/۰۲/۱۴۰۳، ۱۸۳۹۲ (۲ فرد)؛ خوزستان، توت اولیا، ۲۱/۰۲/۱۴۰۳، ۱۸۳۹۳ (۳ فرد)؛ خوزستان، دهدز، ۲۰/۰۲/۱۴۰۳، ۱۸۳۹۴ (۳ فرد)؛ خوزستان، سد کارون ۳، قبل از ایذه، ۲۰/۰۲/۱۴۰۳، ۱۸۳۹۶ (۳ فرد)؛ خوزستان، هفتکل به مسجد سلیمان، ۲۱/۰۲/۱۴۰۳، ۱۸۳۹۷ (۲ فرد)؛ خوزستان، هفتکل، دره آسماری، ۲۱/۰۲/۱۴۰۳، ۱۸۳۹۸ (۳ فرد)؛ فارس، ۲۰ کیلومتر قبل از فیروزآباد، ۰۴/۰۳/۱۴۰۳، ۱۸۳۹۹ (۳ فرد)؛ فارس، ۳۰ کیلومتری قبل از کازرون، بعد از بلاده، ۰۵/۰۳/۱۴۰۳، ۱۸۴۰۰ (۱ فرد)؛ فارس، بعد از سد خاکی ۱۰ کیلومتر بعد از فیروزآباد، ۰۴/۰۳/۱۴۰۳، ۱۸۴۰۱ (۳ فرد)؛ فارس، جهرم، جاده کوه صور، ۰۴/۰۳/۱۴۰۳، ۱۸۴۰۲ (۳ فرد)؛ فارس، قبل از قیر و کارزین، بعد از ریکان، ۰۴/۰۳/۱۴۰۳، ۱۸۴۰۳ (۳ فرد)؛ فارس، قیر و کارزین به سمت جهرم، ۰۴/۰۳/۱۴۰۳، ۱۸۴۰۴ (۳ فرد)؛ فارس، نرسیده به فراشبند، روستای جره، ۰۵/۰۳/۱۴۰۳، ۱۸۴۰۵ (۱ فرد)؛ فارس، ۲۰ کیلومتری قبل از کازرون، ۰۵/۰۳/۱۴۰۳، ۱۸۴۰۶ (۱ فرد)؛ فارس، ۴۰ کیلومتری جاده شیراز به کوار، ۰۴/۰۳/۱۴۰۳، ۱۸۴۰۷ (۳ فرد)؛ کرمان، جیرفت، ۱۱/۰۳/۱۴۰۳، ۱۸۴۰۸ (۳ فرد)؛ کرمان، شهداد، ۱۱/۰۳/۱۴۰۳، ۱۸۴۰۹ (۳ فرد)؛ کرمان، فوسک، ۱۱/۰۳/۱۴۰۳، ۱۸۴۱۰ (۳ فرد)؛ کرمان، کوهپایه، ۱۱/۰۳/۱۴۰۳، ۱۸۴۱۱ (۳ فرد)؛ کرمان، ۱۰ کیلومتری فوسک، ۱۱/۰۳/۱۴۰۳، ۱۸۴۱۲ (۳ فرد)؛ کرمان، ۵۰ کیلومتری بافت، ۱۱/۰۳/۱۴۰۳، ۱۸۴۱۳ (۳ فرد)؛ کرمانشاه، ۵ کیلومتر قبل از گیلانغرب، ۲۲/۰۲/۱۴۰۳، ۱۸۴۱۴ (۳ فرد)؛ کرمانشاه، بعد از دو راهی سرپل ذهاب، دو راهی چم امام حسن، ۰۴/۰۳/۱۴۰۳، ۱۸۴۱۵ (۳ فرد)؛ کرمانشاه، چم امام حسن، ۲۲/۰۲/۱۴۰۳، ۱۸۴۱۶ (۳ فرد)؛ کرمانشاه، قبل از سرپل

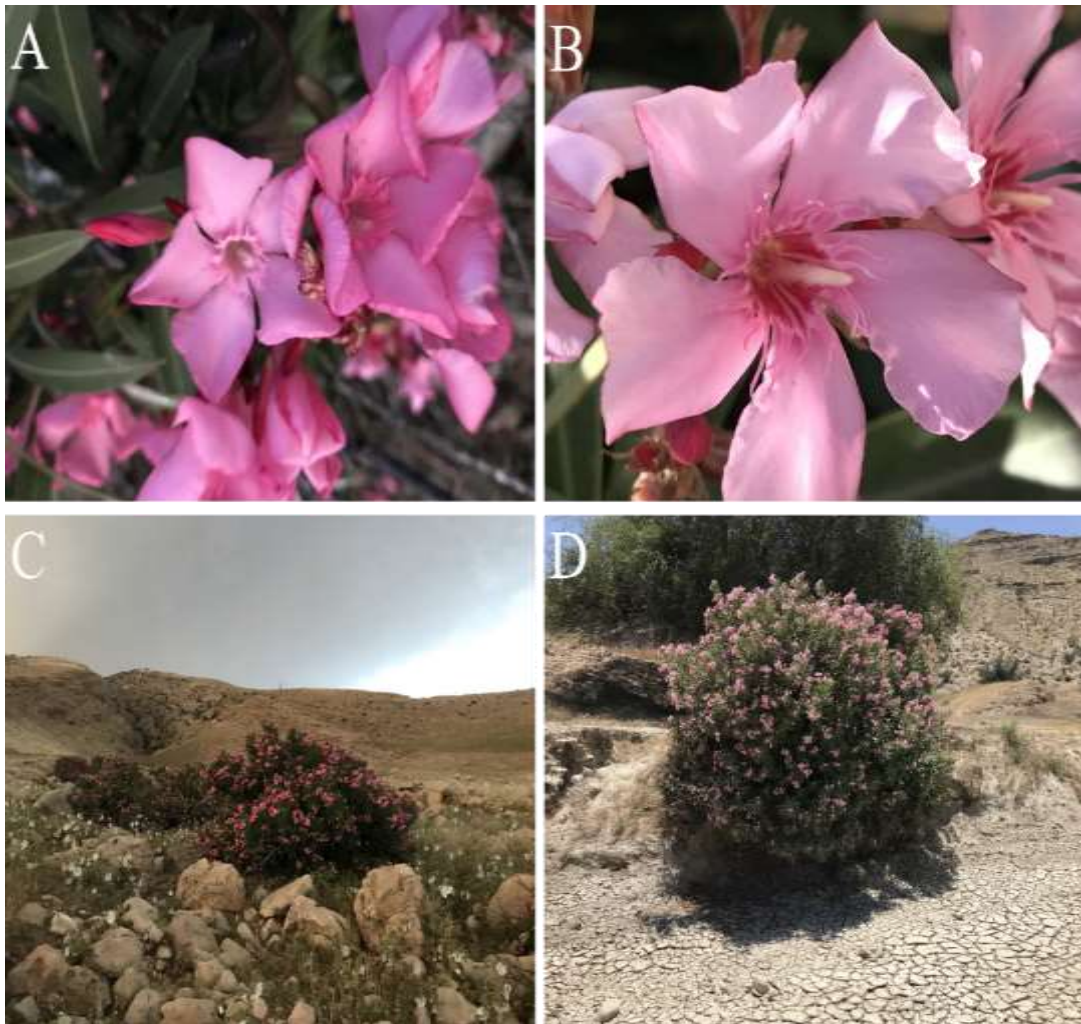
ذهاب، دشت دیره، ۲۲/۰۲/۱۴۰۳، ۱۸۴۱۷ (۳ فرد)؛ کرمانشاه، گیلانغرب به دو راهی سرپل ذهاب، ۲۲/۰۲/۱۴۰۳، ۱۸۴۱۸ (۱ فرد)؛ هرمزگان، بندرعباس، ۱۶/۰۱/۱۴۰۳، ۱۸۴۱۹ (۳ فرد)؛ هرمزگان، قشم، ۰۵/۰۱/۱۴۰۳، ۱۸۴۲۰ (۱ فرد).



شکل ۳. نقشه پراکنش جغرافیایی جنس *Nerium* در ایران. استان‌های خاکستری‌رنگ در غرب، شامل ایلام و کرمانشاه، به‌عنوان محدوده پراکنش زیرگونه *Nerium oleander* subsp. *kurdicum* و استان‌های کرم‌رنگ در جنوب غرب و جنوب ایران، شامل خوزستان، بوشهر، فارس، هرمزگان، کرمان و سیستان و بلوچستان، به‌عنوان محدوده پراکنش زیرگونه *Nerium indicum* subsp. *kotschy* براساس فلورا ایران و فلورا ایرانیکا تعیین شده‌اند. ستاره‌های قرمز و آبی به‌ترتیب نشان‌دهنده جمعیت‌های مطالعه‌شده زیرگونه‌های اول و دوم در این پژوهش هستند.

Figure 3. Geographic distribution map of the genus *Nerium* in Iran. The gray-colored provinces in the west, including Ilam and Kermanshah, represent the distribution range of the *Nerium oleander* subsp. *kurdicum*. The cream-colored provinces in southwestern and southern Iran, including Khuzestan, Bushehr, Fars, Hormozgan, Kerman, and Sistan and Baluchestan, indicate the distribution range of the *Nerium indicum* subsp. *kotschy*, as determined by the Flora Iranica and Flora of Iran. The red and blue stars represent the populations of the first and second subspecies studied in this research, respectively.





شکل ۴. نمونه‌های جمع‌آوری شده خرزهره A و C: نمای نزدیک از گل و رویشگاه جمعیت‌های غرب (استان کرمانشاه)؛ B و D نمای نزدیک از گل و رویشگاه جمعیت‌های جنوب (استان فارس).

Figure 4. Collected samples of *Nerium*: A and C show close-up views of the flowers and habitats of the western populations (Kermanshah province); B and D display close-up views of the flowers and habitats of the southern populations (Fars province)

### صفات مورد بررسی

در این مطالعه، بررسی دقیق صفات ریخت‌شناسی و مطالعات آرایه‌شناختی براساس نمونه‌های جمع‌آوری شده و نمونه‌های هرباریومی انجام شد. از میان این صفات، آنهایی که در طبقه‌بندی‌های قبلی (Rechinger, 1974; Dinarvand, 2002) بیشتر استفاده شده بودند و در شناسایی آنها نقش مهم‌تری داشتند و نیز صفاتی که تنوع بیشتری در جمعیت‌ها نشان می‌دادند، انتخاب و بررسی بیشتر شدند. صفات ریخت‌شناسی بررسی شده شامل صفات کمی و کیفی بود. این صفات با دقت اندازه‌گیری و ثبت شدند. صفات و حالت صفات کمی شده به صورت صفر و یک در جدول ۱ ارائه شده‌اند.

جدول ۱. صفات و حالات صفات اندازه‌گیری شده در نمونه‌های مورد مطالعه *Nerium*Table 1. Traits and measured trait states in the studied samples of *Nerium*.

حالت صفت (۱)	حالت صفت (۰)	صفات
بیشتر از میانگین	کمتر از میانگین	۱. طول برگ
بیشتر از میانگین	کمتر از میانگین	۲. عرض برگ
بیشتر از میانگین	کمتر از میانگین	۳. طول دم‌برگ
بیشتر از میانگین	کمتر از میانگین	۴. قطر گل
بیشتر از میانگین	کمتر از میانگین	۵. طول کاسبرگ
بیشتر از میانگین	کمتر از میانگین	۶. طول لوله گل
بیشتر از میانگین	کمتر از میانگین	۷. تعداد رگبرگ‌های برجسته
صورتی یا قرمز تیره	سفید	۸. رنگ گل
دو یا چندگانه	تکی	۹. تعداد گل در گل آذین
کرک‌دار	صاف	۱۰. سطح شاخه
غیر خطی	خطی	۱۱. شکل برگ
تقریباً نوک کند	کاملاً نوک تیز	۱۲. راس برگ
سبز روشن تا متمایل به زرد	سبز	۱۳. رنگ شاخه جوان
غیر پیچ‌خورده	پیچ‌خورده	۱۴. حالت گلبرگ
دارد	ندارد	۱۵. وجود کرک در داخل گل
بیش از ۵	۵	۱۶. تعداد لوب‌های کاسبرگ
غیر ضخیم	ضخیم	۱۷. سطح برگ
غیر شبکه‌ای	شبکه‌ای	۱۸. آرایش رگبرگ
نخی شکل	کوتاه و دندان‌های	۱۹. شکل تاج گل
دارد	ندارد	۲۰. زوایای تاج گل
ایستاده	افقی یا برگشته	۲۱. شکل لبه‌های کاسه گل
۲/۳-۵/۵ سانتی‌متر	۳/۵-۴ سانتی‌متر	۲۲. طول جام گل
۲-۷ دندان‌های، نخی شکل	۳-۴ دندان‌های	۲۳. تعداد دندان‌های زوایای تاج گل

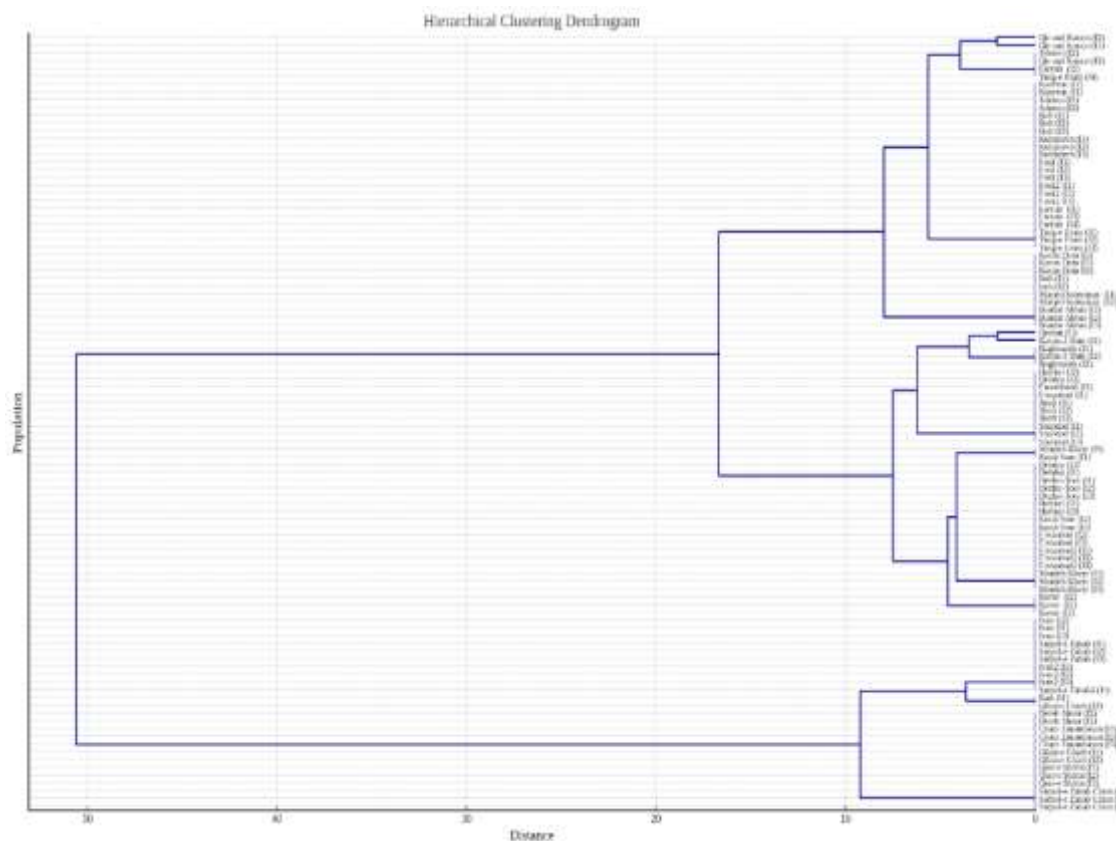
## تحلیل داده‌ها

در این مطالعه، تعداد ۱۰۰ فرد از ۳۸ جمعیت مختلف جنس خرزهره با استفاده از داده‌های ریخت‌شناسی کمی شده (صفر و یک) تجزیه و تحلیل شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار R (ver. 4.4.1) و به دو روش آنالیز خوشه‌ای (Cluster Analysis) و تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) انجام شد. برای انجام آنالیز خوشه‌ای، ابتدا داده‌ها استانداردسازی شدند و ماتریس فاصله با استفاده از فاصله اقلیدسی (Euclidean distance) محاسبه شد. سپس خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی با استفاده از روش وارد (Ward's method) انجام گرفت (Everitt et al., 2011). برای انجام آنالیز مؤلفه‌های اصلی (PCA)، در ابتدا داده‌ها به منظور حذف اثر مقیاس‌های مختلف صفات و بهبود مقایسه‌پذیری استانداردسازی شدند (Jolliffe, 2002).

## نتایج

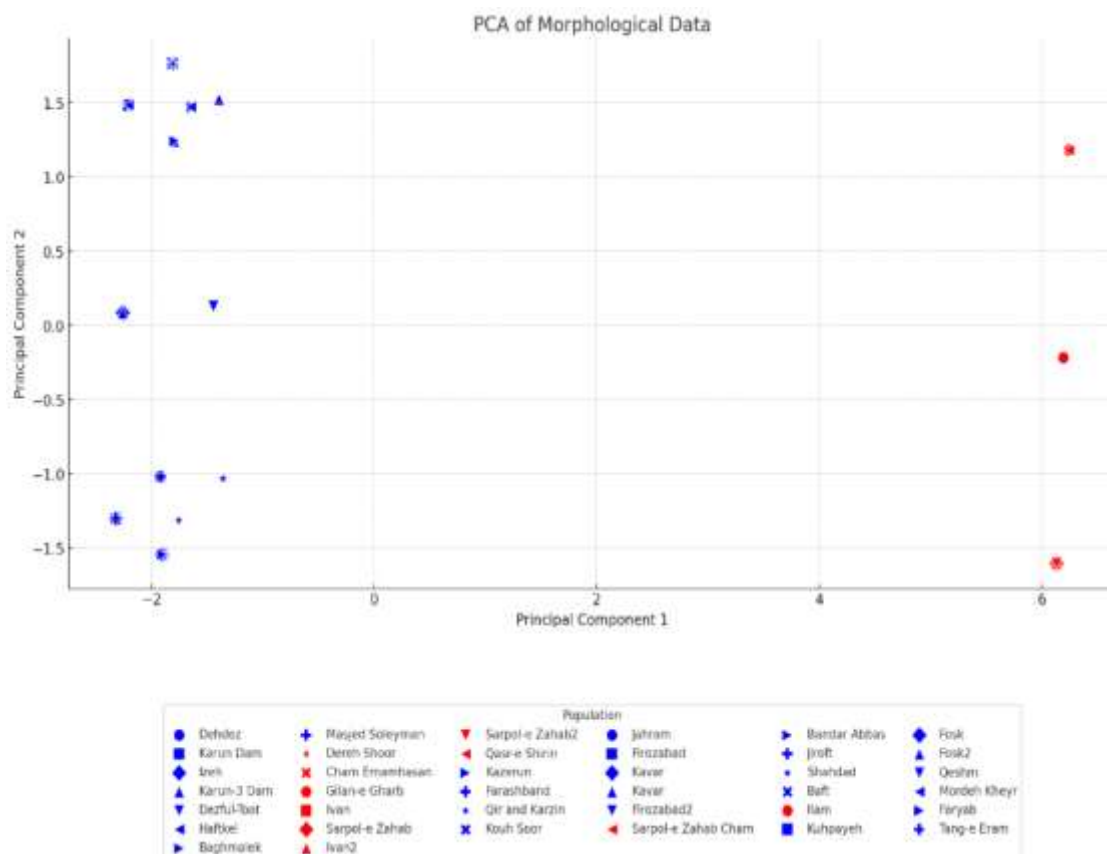
بررسی صفات ریخت‌شناسی نشان داد اندازه برگ‌ها، طول و عرض برگ‌ها، طول گلبرگ‌ها و اندازه زوایای جام گل در جمعیت‌های مختلف تفاوت دارد. همچنین، رنگ برگ‌ها و نوع زوایای جام گل در جمعیت‌های مختلف تفاوت‌هایی

را نشان دادند که می‌توانند به‌عنوان صفات افتراقی استفاده شوند. تجزیه و تحلیل خوشه‌ای با استفاده از روش وارد (Ward's method) نشان داد جمعیت‌های مختلف خرزهره در دو خوشه اصلی قرار می‌گیرند. خوشه‌های به دست آمده شامل (۱) جمعیت‌های مناطق غربی (استان‌های ایلام و کرمانشاه) و (۲) جمعیت‌های مناطق جنوب غربی، جنوبی و جنوب شرقی بودند. صفات کلیدی که بیشترین تفاوت را بین این خوشه‌ها نشان دادند شامل اندازه برگ‌ها، رنگ جام گل و اندازه زوائد جام گل بودند. نمودار دندروگرام حاصل از این خوشه‌بندی در شکل ۵ ارائه شده است. نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان دادند صفاتی مانند اندازه برگ‌ها، طول و عرض برگ‌ها، طول گلبرگ‌ها و اندازه زوائد جام گل بیشترین تأثیر را در تفکیک جمعیت‌های مختلف دارند. اهمیت این صفات از طریق بارگذاری‌های بالای آنها در مؤلفه‌های اصلی اول و دوم مشخص شد که به ترتیب بیشترین درصد واریانس کل داده‌ها را توضیح دادند. این صفات به‌عنوان صفات کلیدی در شناسایی و تفکیک جمعیت‌های مختلف خرزهره استفاده شدند. نتایج این تحلیل در شکل ۶ نشان داده شده‌اند. تجزیه و تحلیل‌ها نشان دادند جمعیت‌های خرزهره در ایران از تنوع ریخت‌شناسی بالایی برخوردارند که این تنوع می‌تواند به دلایل مختلف محیطی، جغرافیایی و ژنتیکی باشد.



شکل ۵. دندروگرام حاصل از خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی با استفاده از روش وارد (Ward's method) براساس صفات ریخت‌شناسی جمعیت‌های خرزهره در ایران. خوشه پایینی نمایانگر زیرگونه *Nerium oleander* subsp. *kurdicum* و خوشه بالایی نشان‌دهنده زیرگونه *Nerium indicum* subsp. *kotschyi* است.

Figure 5. Dendrogram resulting from hierarchical clustering using Ward's method based on morphological traits of *Nerium* populations in Iran. The lower cluster represents *Nerium oleander* subsp. *kurdicum*, while the upper cluster corresponds to *Nerium indicum* subsp. *kotschyi*.



شکل ۶. نتایج تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) براساس صفات ریخت‌شناسی جمعیت‌های خرزهره در ایران. زیرگونه *kurdicum* با رنگ قرمز در سمت راست و زیرگونه *kotschy* با رنگ آبی در سمت چپ نمودار قرار گرفته‌اند.

Figure 6. Results of Principal Component Analysis (PCA) based on morphological traits of *Nerium* populations in Iran. The subspecies *kurdicum* is represented in red on the right side, and the subspecies *kotschy* is shown in blue on the left side of the plot.

## بحث و نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، با بررسی تعداد زیادی از نمونه‌های جمع‌آوری شده از مناطق مختلف، تنوع ریخت‌شناسی جمعیت‌های خرزهره در ایران بررسی شد. نتایج این مطالعه نشان دادند صفات ریخت‌شناسی مانند اندازه برگ‌ها، اندازه جام گل و زوائد جام گل دارای ارزش آرایه‌شناختی بیشتری هستند و می‌توانند به تفکیک جمعیت‌های مختلف خرزهره کمک کنند. این صفات می‌توانند در مطالعات آرایه‌شناختی و شناسایی جمعیت‌های مختلف خرزهره استفاده شوند. تفاوت‌های جغرافیایی و اقلیمی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر تفاوت‌های ریخت‌شناسی به‌شمار می‌روند (Leal-Sáenz et al., 2020). جمعیت‌های جنس *Nerium* موجود در مناطق مختلف ایران با شرایط زیست‌محیطی متفاوتی مواجه‌اند که می‌تواند باعث تفاوت در ویژگی‌های ریخت‌شناسی آنها شود. شرایط محیطی مانند نوع خاک، میزان رطوبت، دما و ارتفاع از سطح دریا نیز می‌تواند به تفاوت‌های ریخت‌شناسی کمک کند (Cui et al., 2022). بررسی دقیق‌تر این عوامل به درک بهتری از تأثیرات زیست‌محیطی بر ویژگی‌های ریخت‌شناسی گیاهان کمک می‌کند. تفاوت‌های ژنتیکی نیز نقش مهمی در تفکیک گونه‌ها و زیرگونه‌های گروه‌های گیاهی مختلف از جمله تیره Apocynaceae دارد (Wang et al., 2023). نتایج به‌دست آمده از تحلیل‌های خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی و تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) نشان‌دهنده

تفاوت‌های قابل توجه در ویژگی‌های ریخت‌شناسی جمعیت‌ها و زیرگونه‌های مختلف جنس *Nerium* در نواحی مختلف ایران هستند. دندروگرام به‌دست آمده از خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی نشان می‌دهند جمعیت‌های مختلف این گیاه به دو خوشه اصلی و مجزا تقسیم شده‌اند (شکل ۵) که در آن نمونه‌های غرب ایران (*Nerium oleander* subsp. *kurdicum*) واقع در قسمت پایین دندروگرام، از استان‌های ایلام و کرمانشاه به‌طور واضح از سایر جمعیت‌ها جدا شده‌اند. نمودار PCA نیز نشان‌دهنده جداسازی مشخص بین جمعیت‌های مختلف است؛ همان‌طور که در شکل ۶ نشان داده شده است، نمونه‌های غرب کشور در سمت راست با رنگ قرمز و سایر نمونه‌ها در سمت چپ با رنگ آبی کاملاً متمایز شده‌اند (شکل ۶)؛ با این حال، تحلیل‌ها نشان دادند زوائد جام گل با برخی صفات کمی مانند اندازه برگ‌ها همبستگی بالایی ندارد. این صفات در جمعیت‌های مختلف هر دو زیرگونه تفاوت‌هایی نشان می‌دهند که این موضوع نشان‌دهنده تنوع درون‌گونه‌ای در این صفات است؛ به همین دلیل، به زوائد جام گل به‌عنوان یک صفت تفکیکی اصلی و مستقل از دیگر صفات کمی توجه شده و به‌طور خاص در تفکیک خوشه‌ها نقش داشته است. این نتایج با مطالعات مشابه درباره تیره Apocynaceae و جنس *Nerium* در سایر مناطق جهان همخوانی دارد؛ برای مثال، در یک مطالعه در ترکیه مشخص شد صفات ریز ریخت‌شناسی و تشریحی برگ‌ها به‌عنوان نشانگرهای آرایه‌شناختی مؤثری عمل می‌کنند (Sargin, 2021). همچنین، مطالعه‌ای بر اعضای تیره Apocynaceae نشان داد ویژگی‌های ریخت‌شناسی برگ و گلبرگ‌ها به‌طور مؤثری در طبقه‌بندی و شناسایی گونه‌ها کاربرد دارند (Abdalla et al., 2016). این یافته‌ها تأیید می‌کنند صفات ریخت‌شناسی می‌توانند به‌عنوان ابزارهای قدرتمندی برای شناسایی و طبقه‌بندی واحدهای گونه‌ای و فروگونه‌ای استفاده شوند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهند زیرگونه‌های مختلف *Nerium* در ایران دارای تفاوت‌های ریخت‌شناسی شایان توجهی هستند که این تفاوت‌ها می‌تواند ناشی از عوامل زیست‌محیطی و ژنتیکی باشد. به‌طور خاص، زیرگونه *Nerium oleander* subsp. *kurdicum* دارای جام گل با زوائد دندانه‌ای و کوتاه است که به‌طور مشخص از سایر جمعیت‌ها متمایز می‌شود. همچنین، زیرگونه *Nerium indicum* subsp. *kotschyi* دارای جام گل با زوائد نخی شکل بلند و مشخص است. از نظر پراکنش جغرافیایی نیز، زیرگونه اول علاوه بر غرب ایران در عراق و شرق ترکیه نیز رویش دارد، زیرگونه دوم نیز علاوه بر جنوب و جنوب شرق ایران در پاکستان نیز یافت می‌شود (Rechinger, 1974). این تفاوت‌ها نشان‌دهنده تنوع بالا و انطباق‌های محلی گیاهان با شرایط محیطی مختلف است. درنهایت، انجام مطالعات مولکولی و بررسی ساختار تنوع ژنتیکی برای رفع ابهامات آرایه‌شناختی موجود و اطمینان از مستقل یا مترادف بودن تاکسون‌های مذکور ضروری به نظر می‌رسد. این مطالعات می‌توانند به شناسایی دقیق‌تر روابط بین جمعیت‌های مختلف و تأیید نتایج حاصل از تحلیل‌های ریخت‌شناسی کمک کنند.

### سپاسگزاری

این پژوهش حاصل از پروژه مصوب با شماره ۰۲۰۷۶۲-۰۶۹-۰۹-۳۸-۴ بوده که با حمایت مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان انجام شده است. نویسندگان همچنین از مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور و شرکت زیست‌حاملی ایرانیان برای حمایت‌های مادی و معنوی‌شان صمیمانه قدردانی می‌نمایند.

## References

- Abdalla, M. M., Eltahir, A. S., & El-Kamali, H. H. (2016). Comparative morph-anatomical leaf characters of *Nerium oleander* and *Catharanthus roseus* family (Apocynaceae). *European Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(3), 68-73. <https://B2n.ir/x54029>
- Bashir, K., Sohail, A., Ali, U., Ullah, A., Ul Haq, Z., Gul, B., & Asghar, M. (2020). Foliar micromorphology and its role in identification of the Apocynaceae taxa. *Microscopy Research and Technique*, 83(7), 755-766. <https://doi.org/10.1002/jemt.23466>
- Cui, X., Xu, G., He, X., & Luo, D. (2022). Influences of seasonal soil moisture and temperature on vegetation phenology in the Qilian Mountains. *Remote Sensing*, 14(15), 3645. <https://doi.org/10.3390/rs14153645>
- Dinarvand, M. (2002). Apocynaceae In Assadi, M., Khatamsaz, M., & Maassoumi, A.A. (Eds.), *Flora of Iran* (No. 41). Research Institute of Forests and Rangeland Publication.
- El Sawi, N. M., Geweely, N. S., Qusti, S., Mohamed, M., & Kamel, A. (2010). Cytotoxicity and antimicrobial activity of *Nerium oleander* extracts. *Journal of Applied Animal Research*, 37(1), 25-31. <https://doi.org/10.1080/09712119.2010.9707089>
- Endress, M. E., Meve, U., Middleton, D. J., & Liede-Schumann, S. (2018). Apocynaceae. In: Kadereit, J. W., & Bittrich, V. (Eds.), *Flowering Plants. Eudicots* (pp. 207–411). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-93605-5\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-93605-5_3)
- Everitt, B. S., Landau, S., Leese, M., & Stahl, D. (2011). *Cluster analysis*. Wiley.
- Henderson, A. (2006). Traditional morphometrics in plant systematics and its role in palm systematics. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 151(1), 103-111. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2006.00526.x>
- IPNI (2024). *International Plant Names Index*. Available from: <https://www.ipni.org>. (Accessed July 2024).
- Jolliffe, I. T. (2002). *Principal Component Analysis for special types of data* (pp. 338-372). Springer.
- Kumar, D., Al Hassan, M., Naranjo, M. A., Agrawal, V., Boscaiu, M., & Vicente, O. (2017). Effects of salinity and drought on growth, ionic relations, compatible solutes and activation of antioxidant systems in oleander (*Nerium oleander* L.). *PLOS One*, 12(9), e0185017. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185017>
- Leal-Sáenz, A., Waring, K. M., Menon, M., Cushman, S. A., Eckert, A., Flores-Rentería, L., Hernández-Díaz, J. C., López-Sánchez, C. A., Martínez-Guerrero, J. H., & Wehenkel, C. (2020). Morphological differences in *Pinus strobiformis* across latitudinal and elevational gradients. *Frontiers in Plant Science*, 11, 559697. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.559697>
- Mozaffarian, V. (2005). *Trees and shrubs of Iran*. Farhang Moaser Publication. [In Persian].
- Pandey, A., Usmani, S., Ahmad, M., Khatoun, S., Wahab, S., & Prakash, O. (2024). Phytochemical and pharmacological attributes of *Nerium oleander*: A review. *Current Nutrition & Food Science*, 20(5), 570-585. <https://doi.org/10.2174/1573401319666230522160742>
- Patil, R. H., Patil, M. P., & Maheshwari, V. L. (2023). Morphology, ecology, taxonomy, diversity, habitat and geographical distribution of the Apocynaceae family. In *Apocynaceae Plants: Ethnobotany, Phytochemistry, Bioactivity and Biotechnological Advances* (pp. 1-11). Springer.
- POWO (2024). *Plants of the World Online*. Available from: <http://powo.science.kew.org>. (Accessed July 2024).
- Rechinger, K. H. (1974). Apocynaceae In K. H. Rechinger (Ed.), *Flora Iranica*, (No. 103). Akademische Druck- und Verlagsanstalt.
- Sargin, S. A. (2021). Micro-Morphological, Anatomical and Statistical Correlative Evaluation Between Different Altitudes and Leaf Structural Features of *Nerium oleander* L. (Apocynaceae), Growing in the Middle-West Taurus, Turkey. *Botany Research Journal*, 14(1), 1-9. <https://B2n.ir/y17582>
- Wang, Y., Zhang, C. F., Odago, W. O., Jiang, H., Yang, J. X., Hu, G. W., & Wang, Q. F. (2023). Evolution of 101 Apocynaceae plastomes and phylogenetic implications. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 180, 107688. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2022.107688>