



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

Taxonomy and Biosystematics

E-ISSN: 2322-2190

Document Type: Research Paper

Vol. 14, Issue 2, No.51, (2022), P: 9-10

Received: 02/08/2022 Accepted: 12/10/2022

An Anatomical, Micro-Morphological, and Ecological Study of *Acantholimon cymosum* (Plumbaginaceae) Endemic to Iran

Fatemeh Rabizadeh *

Assistant Professor, Department of Biology Farzanegan Campus, Semnan University, Semnan, Iran
f.rabizade@semnan.ac.ir

Fatemeh Nasrollahi

Ph. D. Graduate, Department of Biology, Faculty of Sciences, University of Qom, Qom, Iran
nbotanist@yahoo.com

Abstract

The species *Acantholimon cymosum*, known in Persian as Gypsophil Kolah Mirhasan or Cyme Kolah Mirhasan, is endemic to Iran and has a limited distribution in the gypsum soils of the west and northwest of Semnan. To understand the adaptability of the *A. cymosum*, sampling of soil and plants, along with the collection of ecological data, was conducted in the west of Semnan. Sulfate crystals, in the form of idioblasts, were observed in the parenchyma of the cortex, leaves, and stems. Factors such as calcium sulfate, altitude, and soil texture had a positive effect, while soil salinity and calcium carbonate had a negative effect on the distribution of *A. cymosum*.

Key words: Climate, Idioblast, Adaptability, Calcium Sulfate, Semnan, Gypsum.

Introduction

Gypsum soils are among the most widespread unique substrates globally (Kayabas, 2020). Iran's gypsum habitats are significant reserves of biodiversity, harboring exclusive and rare species. Often, the uniqueness of plants in these habitats is attributed to their morphological, anatomical, and ecological adaptations (Bolukbasi et al., 2016). Species growing in gypsum soils exhibit diverse morphological characteristics. The species *Acantholimon cymosum* Bunge is exclusive to Iran and has been reported in the gypsum soils of the west and northwest of Semnan and Tehran (Assadi, 2005; Rechinger, 1974). The aim of this study was to investigate the ecological conditions of *A. cymosum* in the gypsum areas west of Semnan and to analyze the relationship between environmental factors and gypsum soils in relation to the morphological, anatomical, and micromorphological features of the species. This study represents the first comprehensive examination of this exclusive species.

Materials and Methods

The study area was situated in the northern regions of Iran's renowned Dasht-e Kavir, encompassing three areas in the west of Semnan. Accordingly, maps depicting the habitats of the *A. cymosum* species in Iran and

*Corresponding author

Rabizadeh, F. & Nasrollahi, F. (2022). An Anatomical, Micro-Morphological, and Ecological Study of *Acantholimon cymosum* (Plumbaginaceae) Endemic to Iran. *Taxonomy and Biosystematics*, 14(2), 51-68.



2322-2190 / © 2022

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



<http://dx.doi.org/10.22108/TBJ.2022.134562.1210>



<https://dorl.net/dor/20.1001.1.20088906.1401.14.51.4.5>

particularly in Semnan were prepared. To understand the adaptability of the *A. cymosum* species, sampling of soil and plants, along with the collection of ecological data, was conducted in the west of Semnan across an area of 32,000 hectares. This involved 55 stations spaced 500 meters apart. Furthermore, the contents of gypsum, calcium (Ca), potassium (K), sodium (Na), magnesium (Mg), and calcium carbonate (CaCO₃) were measured using standard methods. Spearman's correlation coefficient was employed to analyze the relationship between descriptive variables, and ordination analyses were conducted to explore the ecological relationships, as well as soil and topography factors.

Funding

Acantholimon cymosum, endemic to Iran, is a perennial plant characterized by cushion-shaped bushes averaging 30 cm in diameter, dull green in color with white spots or dots, numerous stems with relatively long branches, and prickly leaves. The leaves are three-sided, hard, pointed, and rough, with an ovate-lanceolate and raised apex. The inflorescence is cyme, with 5 continuous white flowers. Anatomical examination of the leaf blade and inflorescence stem sections of *A. cymosum* revealed thick sclerenchyma tissue around the wood and phloem vessels, and calcium sulfate crystals in the form of idioblasts in the parenchyma of the leaf and inflorescence stem. The leaf's anatomical features suggest adaptations to arid conditions. Due to various factors, including the subtropical climate in summer and low rainfall in the central and southern parts, Semnan is a dry region with scanty rainfall. The analysis of the environmental factors of the *A. cymosum* habitats in the study area indicated that the average elevation of this species' habitat was about 1600 meters above sea level.

The soil texture in the areas where *A. cymosum* grows predominantly consisted of sand (73% on average). The average soil pH and electrical conductivity (EC) were 7.58 and 2.62, respectively. The average lime content in the species' vegetative soils was 8%, and the gypsum content was 15%. The average species density was 0.12 m², species abundance was 65%, and *A. cymosum* species cover was 23%.

Results and Conclusion

The terms eco-morphological traits and structural characteristics refer to the features of organisms that play a specific adaptive role in relation to environmental conditions ([Loidi, 2018](#)). Many plants in unique ecosystems, such as chalk and serpentine soils, exhibit micro-morphological adaptations. [Escudero and colleagues \(2015\)](#) noted that plants in chalk environments develop particular adaptations in their morphological and ecological characteristics. One adaptation identified in this study was the presence of crystals in the leaf hairs. Prior research has documented the presence of gypsum crystals and calcium oxalate inside the leaf cells of gypsum plants ([Palacio et al., 2014](#)). The accumulation of gypsum inside the cell vacuole has been suggested as a detoxification strategy for species native to gypsum soils. Although intracellular crystals were not observed in this study, the presence of crystals in hairs may also act as a detoxification mechanism. In the gypsum areas where *A. cymosum* grows, the dry season is prolonged and drought intensity is high. To mitigate or reduce water loss during the dry period, plants like *A. cymosum* exhibit morphological and anatomical adaptations in their vegetative structure. This study found that *A. cymosum* has a thickened cortex, dense leaf hairs, increased succulence (leading to enhanced water retention), and a well-developed root system, all indicative of an adaptation to dry conditions, exemplified by a dry rhizome structure. Ecological factors, including soil and climatic conditions, played a significant role in the adaptation of this species. Additionally, a strong association was noted between gypsum species in the west of Semnan, particularly between *A. cymosum* and *Astragalus semnanensis*. Altitudinal factors, calcium sulfate, and soil sand texture positively influenced the distribution of *A. cymosum*, while soil salinity and lime content had a negative impact.

مطالعه تشریحی، ریزریخت‌شناختی و بوم‌شناختی گونه *Acantholimon cymosum* (Plumbaginaceae)، انحصاری ایران

فاطمه ربیع زاده*، استادیار، گروه زیست‌شناسی، پردیس فرزنانگان، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

f.rabizade@semnan.ac.ir

فاطمه نصرالهی، دانش‌آموخته دکتری، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه قم، قم، ایران

nbotanist@yahoo.com

چکیده

زیستگاه‌های گچ ایران ذخایر مهم تنوع زیستی و حاوی گونه‌های انحصاری و کمیاب هستند. انحصاری بودن گیاهان اغلب با سازش‌های ریخت‌شناسی، تشریحی و بوم‌شناسی مرتبط است. گونه‌هایی که در خاک‌های گچی رشد می‌کنند، دارای ویژگی‌های ریخت‌شناختی متفاوتی هستند. گونه *Acantholimon cymosum* با نام فارسی کلاه میرحسن گچ‌دوست یا کلاه میرحسن گرزنی، انحصاری ایران است و در خاک‌های گچی غرب و شمال غربی سمنان پراکنش محدودی دارد. نمونه‌برداری از خاک و گیاه و همچنین جمع‌آوری داده‌های بوم‌شناختی در غرب سمنان با مساحت ۳۲۰۰۰ هکتار از ۵۵ ایستگاه با فاصله ۵۰۰ متر از یکدیگر برای شناخت نحوه سازش‌پذیری گونه *A. cymosum* انجام شد. بررسی ساختمان تشریحی برش‌های پهنک برگ و دم‌گل آذین گونه *A. cymosum* نشان داد این گونه دارای بافت اسکلرانسیم ضخیم در اطراف دستجات آوندی چوب و آبکش است و همچنین بلورهای سولفات کلسیم به‌صورت ایدیوبلاست در پارانشیم‌های پوستی برگ و دم‌گل آذین است. ویژگی‌های تشریحی برگ نشان‌دهنده وجود ساختارهای خشکی‌رستی است. عوامل بوم‌شناختی مانند خاک و اقلیم نقش مهمی در سازگاری این گونه ایفا می‌کنند؛ همچنین همراهی خوبی بین گونه‌های گچ‌زی در غرب سمنان و به‌طور ویژه بین دو گونه *A. cymosum* و گون سمنانی مشاهده می‌شود. عوامل ارتفاع، سولفات کلسیم و بافت ماسه خاک تأثیر مثبت و عوامل شوری و آهک خاک تأثیر منفی در پراکنش گونه *A. cymosum* نشان می‌دهند.

واژه‌های کلیدی: اقلیم، ایدیوبلاست، سازش‌پذیری، سولفات کلسیم، سمنان، گچ.

مقدمه

که در تمام قاره‌ها حضور دارند، میزبان فلوری بسیار متنوع و تخصصی هستند و اولویت حفاظتی تعیین شده‌اند (Khajoei Nasab & Khosravi, 2020).

یکی از گسترده‌ترین بسترهای غیر معمول در جهان، خاک‌های گچی هستند (Kayabas, 2020)؛ به طوری

* مسئول مکاتبات

ربیع زاده، فاطمه و نصرالهی، فاطمه. (۱۴۰۱). مطالعه تشریحی، ریزریخت‌شناختی و بوم‌شناختی گونه *Acantholimon cymosum* (Plumbaginaceae)، انحصاری ایران. تاکسونومی و بیوسستماتیک، ۱۴(۵۱)، ۵۱-۶۸.



2322-2190 / © 2022

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



<http://dx.doi.org/10.22108/TBJ.2022.134562.1210>



<https://dorl.net/dor/20.1001.1.20088906.1401.14.51.4.5>

تورانی پراکنده است. این جنس در حال حاضر شامل ۲۰۰ گونه در سراسر جهان است که به طور عمده از جنوب شرقی اروپا تا آسیای مرکزی توزیع شده‌اند (Bokhari, 1970). این گونه‌ها صفات بسیار پیچیده و متغیری نشان می‌دهند و به طور معمول در استپ‌ها و خاک‌های آهکی و شنی رشد می‌کنند؛ همین‌طور با داشتن گل‌های زیبا و رنگارنگ و ماندگار هم از نظر بوم‌شناسی و هم از نظر باغبانی و اقتصادی حائز اهمیت‌اند. جنس یادشده دارای حدود ۸۳ گونه در فلورا ایرانیکا است؛ هرچند اسدی ۷۹ گونه را برای فلور ایران توصیف کرد که حدود ۸۲/۳ درصد از آنها انحصاری هستند (Assadi, 2005). جنس *Acantholimon* شامل بوته‌های بالشتکی با برگ‌های تیز خطی است که در مناطق کوهستانی در تمام نواحی مرتفع، در خاک‌های شنی و روی سطح سنگ‌ها رشد می‌کنند. اگرچه این جنس به طور گسترده از جنوب شرقی اروپا تا جنوب غربی آسیا پراکنده است، مرکز اصلی تنوع آن منطقه ایران - تورانی است و ایران مرکز اصلی تنوع جنس *Acantholimon* در نظر گرفته می‌شود (Hedge & Wendelbo, 1978; Assadi, 2005).

گونه *Acantholimon cymosum* Bunge (Syn: *Acantholimon paniculatum* Rech.fil.n.sp). انحصاری ایران است و در خاک‌های گچی غرب و شمال غربی سمنان و در تهران گزارش شده است (Rechinger, 1974; Assadi, 2005). *A. cymosum* درختچه‌ای بالشتکی، در پایه چوبی و سیستم ریشه آن به شدت توسعه یافته است. برگ‌های آن متورم گوشتی و خطی تا مستطیلی است. سنبله‌ها منفردند. رنگ گل در برخی از خاک‌ها صورتی و در برخی دیگر سفید دیده

زیستگاه‌های گچ ایران ذخایر مهم تنوع زیستی و حاوی گونه‌های انحصاری و کمیاب هستند. گیاهان موجود در رویشگاه‌های گچ تنوع زیادی دارند؛ اما تنها برخی از آنها انحصاری هستند. این گیاهان گچی نامیده می‌شوند و به طور تقریبی فقط در خاک‌های گچی رشد می‌کنند.

رابطه نزدیک بین گیاهان و بسترهای زمین‌شناسی خاص مدت‌هاست که مطالعه شده است (Kruckeberg, 1986). رویشگاه‌های دارای خاک‌های گچی که آثار ژئوبوتانیکی شایان توجهی مانند خشکسالی، محدودیت مواد مغذی و سمیت یونی دارند، برای گیاهانی که روی آنها رشد می‌کنند، محیطی استرس‌زا هستند (Liaquat et al., 2020; Liaquat et al., 2021). در رویشگاه‌های گچی، عناصر غذایی موجود در خاک غلظت نامتعادل دارد؛ به ویژه کلسیم اضافی (Ca)، گوگرد (S) و منیزیم (Mg) ناشی از گچ باعث کمبود عناصر غذایی ضروری مانند نیتروژن و فسفر می‌شود (Bolukbasi et al., 2016). گیاهان برای مقابله با غلظت بیش از حد این عناصر در خاک باید راهکارهایی برای تنظیم غلظت کلسیم، گوگرد و منیزیم درون سلولی بیابند. چنین راهکارهایی زمینه‌ساز سازگاری گیاه در خاک‌های گچی است. اگرچه انحصاری بودن گیاهان ممکن است با تغییرات ژنتیکی همراه باشد، اغلب با ویژگی‌های ریخت‌شناسی، تشریحی و بوم‌شناسی نیز مرتبط است. گونه‌هایی که در خاک‌های گچی رشد می‌کنند، دارای ویژگی‌های ریخت‌شناسی متفاوتی هستند.

Acantholimon Boiss. گیاهی چندساله از تیره *Plumbaginaceae* است که نخستین بار توسط Boissier (1846) توصیف شد و در منطقه ایران و

cymosum در مناطق گچ‌زی غرب سمنان و بررسی ارتباط فاکتورهای محیطی و خاک‌های گچی با ویژگی‌های ریخت‌شناختی، تشریحی و ریزریخت‌شناسی است. این پژوهش، نخستین بررسی جامع درباره این گونه انحصاری است.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعه‌شده در نوارهای شمالی از بیابان معروف ایران به نام دشت کویر بین سه منطقه غرب مؤمن آباد با مختصات جغرافیایی “۳۸/۹۶° ۳۲’ ۳۵° شمالی و “۳۶/۶۴° ۱۷’ ۵۳° شرقی، لاسجرد با مختصات “۲۷/۳۳° ۲۶’ ۳۵° شمالی و “۲/۸° ۵’ ۵۳° شرقی و جنوب افر با مختصات “۵۴/۶۳° ۳۵’ ۳۵° شمالی و “۱۸/۶۳° ۷’ ۵۳° شرقی واقع شده است (Rabizadeh et al., 2018; Rabizadeh, 2020 a,b). این منطقه دارای آب و هوای گرم و خشک است. خاک‌های گچی به‌طور گسترده در این مناطق در بخش‌های غربی و شمال غرب سمنان پخش شده است که شامل بسیاری از گیاهان گچ‌دوست و متحمل گچ و بسیاری از معادن و کارخانه‌های گچ می‌شود؛ به طوری که ۸۰ درصد گچ ایران و ۲۳ درصد گچ دنیا از این منطقه تأمین می‌شود (Eftekhari & Assadi, 2001).

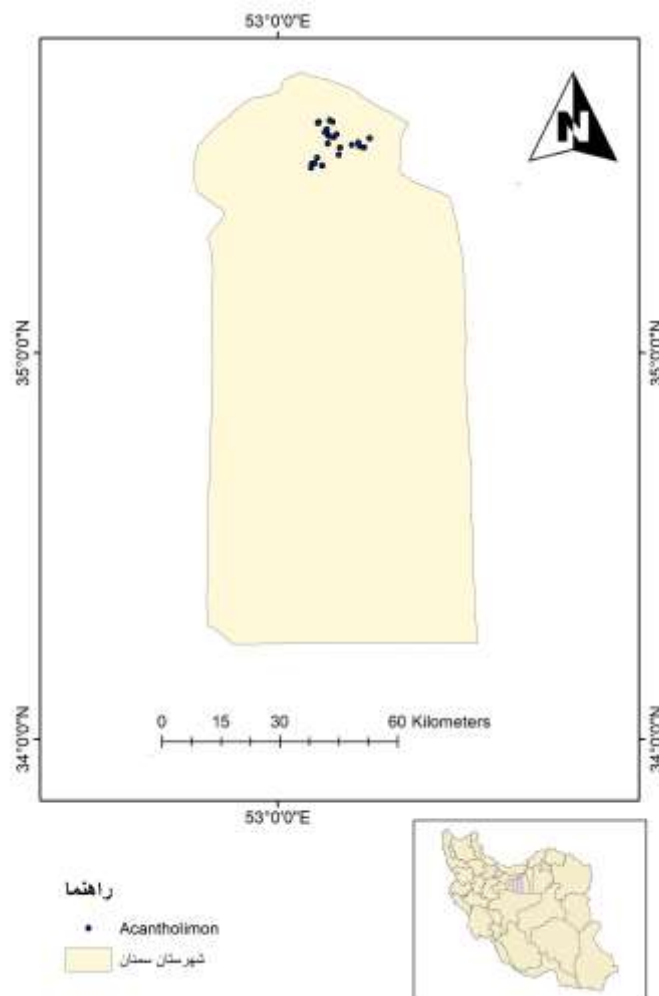
در راستای بررسی دقیق شرایط بوم‌شناسی گونه و همچنین براساس مطالعات قبلی، نقشه‌هایی از رویشگاه‌های گونه *A. cymosum* در ایران و سمنان توسط نرم‌افزارهای ArcGIS 10.3 تهیه شد (شکل ۱ و ۲).

می‌شود. دوره گلدهی آن در اواسط اردیبهشت‌ماه است (Assadi, 2005).

ربیع زاده و همکاران شرایط اکولوژیکی مناطق گچی سمنان و گونه‌های گچ‌زی این منطقه را معرفی کرده‌اند (Rabizadeh et al., 2018)؛ همچنین مطالعات ربیع زاده درباره ویژگی‌های گونه‌هایی از این منطقه از جمله *Gypsophila mucronifolia* Resh.f. و *Moltkia gypsacea* Resh.f. & Aellen ارتباط ویژه‌ای بین شرایط اکولوژیکی خاک‌های گچی این منطقه با ویژگی‌های ریخت‌شناسی و تشریحی گونه‌ها وجود دارد (Rabizadeh, 2020a, b)؛ اما تاکنون هیچ مطالعه‌ای درباره ارتباط گونه *A. cymosum* با عوامل محیطی انجام نشده است. این نبود شناخت و درک کافی از ویژگی‌ها و رویشگاه آن، مطالعه و بررسی این گونه را ضروری ساخته است. گزارش‌های محدودی از دیگر گونه‌های این جنس در دسترس است. فتاحی و همکاران عوامل بوم‌شناختی مؤثر در رویشگاه گونه *Acantholimon oliganthum* Boiss. در مراتع کوهستانی استان همدان را مطالعه کردند که طی آن، جهت، ارتفاع، سنگریزه عمقی، شن، پتاسیم و آهک عوامل رویشگاهی مهم‌تر و مؤثر معرفی شد (Fattahi et al., 2019). کایاباس بخش‌های مختلف گونه *Acantholimon riyatguelii* Yildirim انحصاری ترکیه را با استفاده از میکروسکوپ الکترونی بررسی کرد (Kayabas, 2022). مشاهده تصاویر الکترونی ریشه، ساقه و برگ این گیاه ویژگی‌های فراساختاری ارائه می‌کند و سازگاری این گونه با شرایط خاص زیستگاه‌های گچ را نشان می‌دهد. هدف این پژوهش بررسی شرایط بوم‌شناختی گونه *A.*



شکل ۱- نمایش پراکنش گونه *A. cymosum* در ایران
Figure 1 - Distribution of the *A. cymosum* in Iran.



شکل ۲- نمایش پراکنش گونه *A. cymosum* در سمنان (نقاط سیاه‌رنگ نشان‌دهنده محل رویش این گونه است).
Figure 2 - Distribution of the *A. cymosum* in Semnan (Black dots indicate the locations of its occurrence).

گونه *A. cymosum* و سایر گونه‌های همراه در هر بار یوم پردیس فرزنانگان نگهداری شد. برای مطالعات تشریحی، قسمت‌های مختلف نمونه‌ها از بخشی ثابت نمونه برداری و در محلول اتانول ۷۰ درصد و گلیسرین با نسبت ۳:۱ به مدت ۱۵ روز نگهداری شد؛ سپس برش‌گیری دستی و رنگ آمیزی توسط کارمن زاجی و آبی متیل انجام شد و در حداقل پنج فرد تکرار صورت گرفت. نمونه‌ها با میکروسکوپ نوری Leitz مدل Wetzlar, Nikon camera model Coolpix عکس برداری شد. به منظور مطالعه و تهیه میکروگراف‌های الکترونی، سطح ساقه با استفاده از میکروسکوپ الکترونی SEM مدل VEGA TESCAN-LMU تحت ولتاژ ۱۵ کیلوولت و ۲۲ کیلوولت در دانشگاه سمنان بررسی و تصویربرداری شد.

نتایج

مطالعات ریخت‌شناسی و ریزریخت‌شناسی

گونه *A. cymosum* گونه کرکی و انحصاری ایران است. این گیاه چندساله، دارای بوته‌های بالشتکی شکل کروی تا نیمه کروی با قطر میانگین ۳۰ سانتی‌متر، به رنگ سبز مات (شکل ۳)، دارای لکه یا نقطه‌های سفیدرنگ (شکل ۴، A)، دارای ساقه متعدد با شاخه‌های به‌طور تقریبی طویل و با برگ‌های خاری شده است (شکل ۳، B). برگ‌ها به طول $5/5 \pm 70$ میلی‌متر، سه‌وجهی، سخت، نوک‌سوزنی و زبر و رأسی‌ها افراشته و تخم‌مرغی - نیزه‌ای است. گل آذین گرزنی و گل‌ها پنج‌تایی، پیوسته، سفیدرنگ و به طول میانگین ۴/۵ میلی‌متر و عرض میانگین ۵/۳ میلی‌متر (شکل ۳، E) است. کاسه به‌طور متوسط ۹ میلی‌متر، در قسمت انتهایی قیفی سفیدرنگ، به‌طور کامل پلیسه‌ای و دارای

نمونه برداری از خاک و گیاه و همچنین جمع‌آوری داده‌های بوم‌شناختی در غرب سمنان با مساحت ۳۲۰۰۰ هکتار از ۵۵ ایستگاه با فاصله ۵۰۰ متر از یکدیگر و در هر ایستگاه ۳ تا ۵ پلات (در مجموع ۱۲۰ پلات) به ابعاد ۲۵ × ۲۵ متر انجام شد. اطلاعات بوم‌شناختی گونه‌های گیاهی در فرم‌های اطلاعات طراحی شده مخصوصی ثبت شد که شامل مجموعه‌ای از فراوانی همه گونه‌ها است. نمونه‌های خاک از ۳۰-۵۰ سانتی‌متری بالای ریزوسفر در هر پلات جمع‌آوری شد؛ سپس برای تجزیه و تحلیل خاک، بررسی خصوصیات pH و هدایت الکتریکی (EC) با استفاده از روش‌های عملیاتی استاندارد توسط آزمایشگاه خاک‌شناسی معتبر اداره منابع طبیعی سمنان صورت گرفت؛ همچنین محتویات گچ با استفاده از روش رسوب استون و با استفاده از سانتی‌فیوژ تعیین و کلسیم (Ca)، پتاسیم (K)، سدیم (Na)، منیزیم (Mg) و کربنات کلسیم (CaCO_3) با روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد. ضریب همبستگی اسپیرمن بین متغیرهای توصیفی و بررسی روابط بوم‌شناختی و عوامل خاک و همچنین توپوگرافی تجزیه و تحلیل‌های رسته‌بندی (ordination)، با استفاده از نرم‌افزار Canoco 4.5 for Windows انجام شد. رسته‌بندی RDA برای بررسی همبستگی بین عوامل محیطی با پراکنش گونه *A. cymosum* و رسته‌بندی تطبیقی قوس‌گیری (DCA) (نوعی رسته‌بندی غیر مستقیم) (Moradi et al., 2016)، برای تجزیه و تحلیل پوشش گیاهی گونه‌های همراه با *A. cymosum* استفاده شد. تجزیه و تحلیل واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVAs) برای بررسی تفاوت‌های میان عوامل محیطی در گروه‌های گیاهی استفاده شد.

مطالعات اکولوژیکی در سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰ در منطقه مطالعه شده صورت گرفت. نمونه‌های هر بار یومی

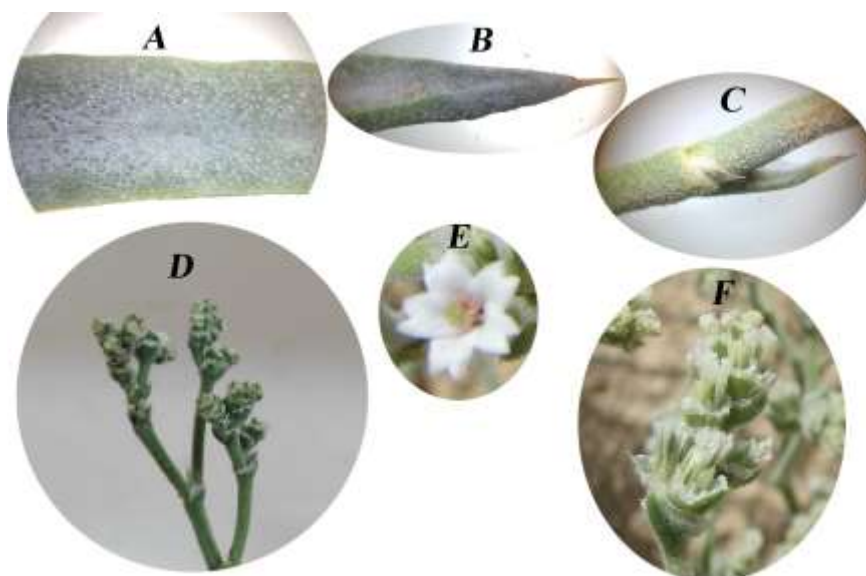
کرک، مادگی ۵ برچه‌ای، خامه باریک و کوتاه‌تر از پرچم و کلاله سرمانند (شکل ۴، C، D، F و جدول ۱) است. زمان گلدهی آن فروردین تا اردیبهشت و زمان رسیدن میوه خرداد تا تیر است (شکل‌های ۳ و ۴).

سنبله‌های مترکم ۳ تا ۵ عددی است. دم‌گل آذین پیچ و تاب‌دار بلند به طول $14/5 \pm 234$ میلی‌متر و قطر $0/5 \pm 4/5$ میلی‌متر و بندبند و در هر کدام از بندها دارای برگک‌های شفاف و غشایی رنگ است؛ همچنین مثلی پهن در قاعده و غشایی و به طول ۶ میلی‌متر، دارای



شکل ۳- *A. cymosum* در منطقه مطالعه شده (عکاس: فاطمه ربیع‌زاده)

Figure 3 - *A. cymosum* in the studied area (Image by Fatemeh Rabiee-Zadeh).



شکل ۴- برگ، دم‌گل آذین، گل‌ها و سنبل‌های گرزنی در *A. cymosum*: A: برگ با لکه‌های سفیدرنگ، B: نوک برگ که خاردار شده است، C: دم‌گل آذین که در محل بندها غشایی شده است، D: گل آذین، E: گل و F: سنبله‌های فشرده.

Figure 4 - Leaves, peduncle, flowers, and spikes of cymose in *A. cymosum*: A: Leaves with white spots, B: Leaf apex with spine, C: Peduncle modified into membranous sheaths at nodes, D: Inflorescence, E: Flower, and F: Compact spikes.

جدول ۱- تجزیه و تحلیل‌های ریخت‌شناسی ساقه، برگ و گل گونه *A. cymosum*Table 1 - Morphological analyses of stem, leaf, and flower in *A. cymosum*

انحراف معیار	میانگین	حداکثر	حداقل	رنج	تکرار	ریخت‌شناسی
۵	۴۲۵	۴۳۰	۴۲۰	۱۰	۳	ارتفاع
۶/۴۲۹	۶۷/۳۳	۷۲	۶۰	۱۲	۳	طول برگ
۰/۵	۲/۵	۳	۲	۰/۱	۳	عرض برگ
۰/۵	۴/۵	۵	۴	۱	۳	قطر ساقه
۱۳۶/۸۲۷	۱۵۸/۸۳	۲۵۰	۲	۲۴۹	۳	طول ساقه
۱	۳	۵	۳	۲	۳	طول گلبرگ
۱	۴	۵	۳	۲	۳	عرض گلبرگ

مطالعات تشریحی

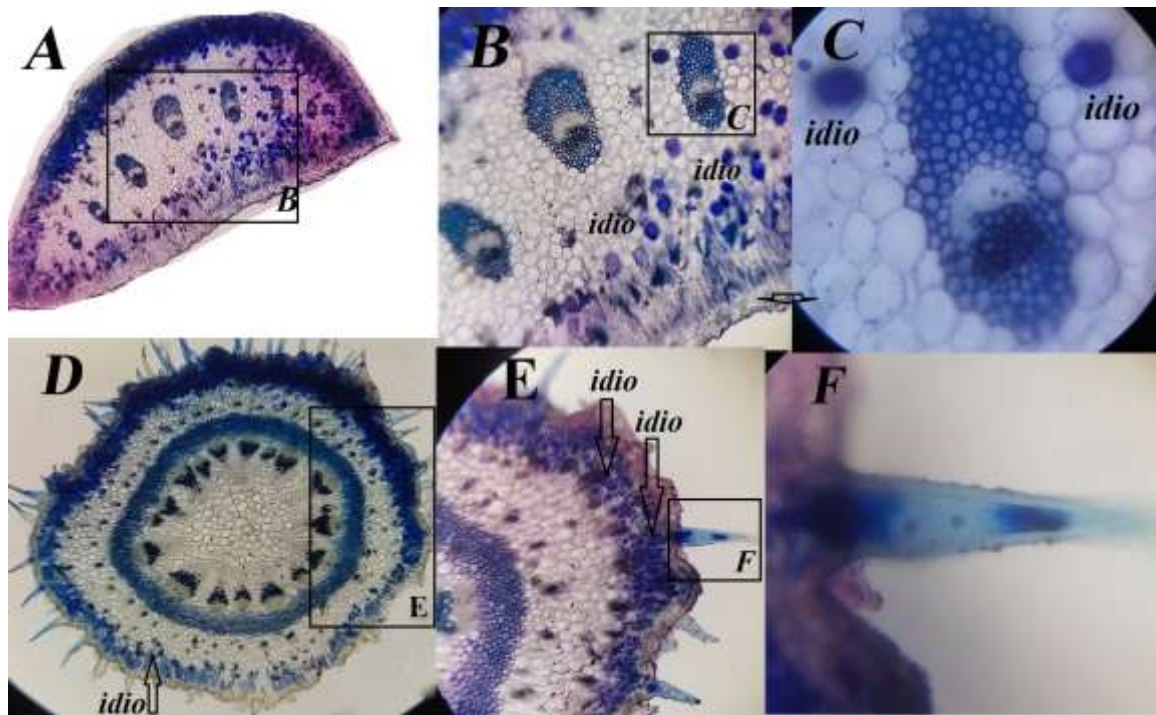
بررسی ساختمان تشریحی برش‌های عرضی از برگ و دم‌گل آذین گونه *A. cymosum* نشان داد این گونه دارای بافت اسکلرانسیم ضخیم در اطراف دستجات آوندی چوب و آبکش است و همچنین بلورهای سولفات کلسیم به صورت ایدوبلاست در پارانسیم‌های پوستی برگ و دم‌گل آذین وجود دارد. دم‌گل آذین دارای کرک‌های متراکم است و داخل کرک‌ها آثار سولفات کلسیم مشاهده می‌شود (شکل ۵).

مرکز دم‌گل آذین با سلول‌های پارانسمی بزرگ پر شده است. هر کدام از دستجات آوندی از بافت آوند چوبی و آبکش تشکیل و آوند چوبی و آبکش با حلقه‌ای از سلول‌های پارانسیم احاطه شده است. پنج دسته از بافت آبکش در اطراف آوند چوبی پخش و ساقه توسط لایه‌ای از سلول‌های بشره‌ای محصور شده است.

عکس‌های میکروسکوپ الکترونی از سطح برگ نشان داد سطح برگ بدون کرک (شکل ۶، C) و دارای روزنه‌های بزرگ به طول متوسط ۳۵ میکرومتر و به عرض متوسط ۱۰ میکرومتر است (شکل ۶، D)؛ همچنین در سطح برگ ذرات سفیدرنگ بزرگی به طول متوسط ۱۰۰ میکرومتر و عرض متوسط ۷۰

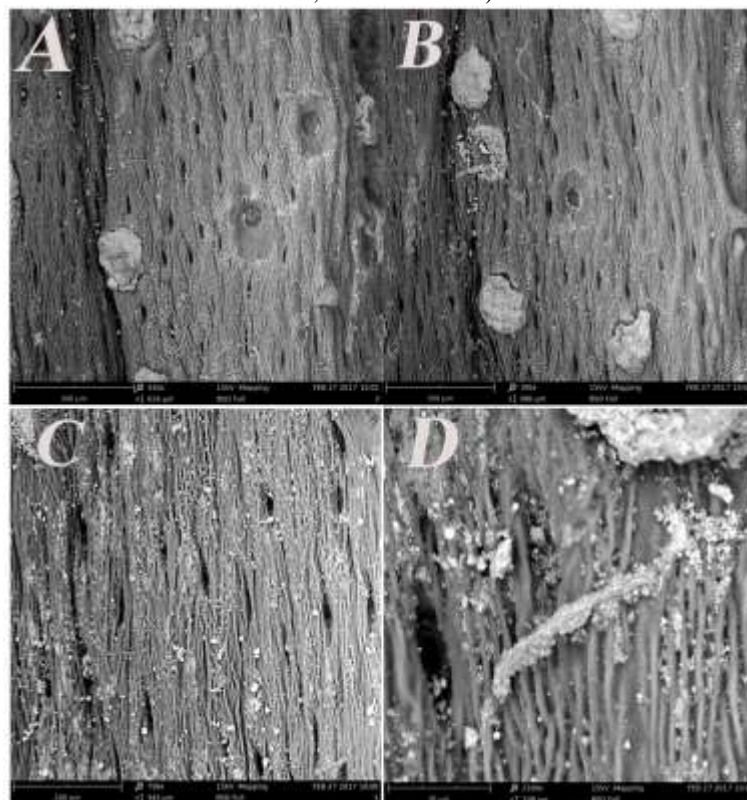
میکرومتر مشاهده شد که در برخی از قسمت‌ها کنده شده است (جای خالی آنها مشاهده شد) (شکل ۶، A و B).

ویژگی‌های تشریحی برگ، ساختار خشکی‌رستی را نشان می‌دهد. روزنه‌هایی از نوع خشکی‌رستی در هر دو سطح برگ دیده می‌شود. برخی از رسوبات بلوری در روزنه‌های روی سطح برگ مشاهده می‌شود. بلورها به طور معمول به شکل شنی، دروز، استیلوئید، رافید و منشور است؛ اما شکل بلور *A. cymosum* به طور دقیق مشخص نیست. بشره فوقانی و تحتانی از لایه‌ای سلولی با عرض و طول یکسان تشکیل شده است. سلول‌های مزوفیل شکلی گرد دارند و به طور منظم در بافت پارانسیم قرار می‌گیرند. برگ‌ها دارای پوستکی به نسبت ضخیم (~ ۱۰ میکرومتر) و سلول‌های نردبانی در مقایسه با سلول‌های اسفنجی بهتر توسعه یافته است. آوندهای پروتوزایلم دارای دیواره‌های ثانویه با ضخامت حلقوی و ماریچ است. سلول‌های پارانسیم آوند چوبی بین پروتوزایلم و متازایلم توزیع شده است. روزنه‌هایی از نوع خشکی‌رستی در هر دو سطح برگ در *A. cymosum* مشاهده می‌شود؛ در نتیجه برگ‌های آن آمفیستوماتیک هستند و طول روزنه ۳۵ میکرومتر است.



شکل ۵- ساختمان تشریحی برش‌های عرضی برگ (A، B و C) و دم‌گل آذین (D، E) *A. cymosum* (F: کرک و idio: ایدویوبلاست)

Figure 5 - Anatomical structure of cross-sections of leaves (A, B, and C) and peduncle (D, E) in *A. cymosum*. (F: hair, idio: Idioblasts)



شکل ۶- میکروگراف‌های سطح برگ گونه *A. cymosum* با میکروسکوپ الکترونی نگاره

Figure 6 - Micrographs of leaf surface in *A. cymosum* using scanning electron microscope

مطالعات بوم‌شناختی

به دلیل عوامل مختلف از جمله آب و هوای نیمه گرمسیری در تابستان و بارندگی کم در بخش‌های مرکزی و جنوبی سمنان، دسترسی نداشتن به منابع رطوبتی (باد) پناهگاه و نبود عامل صعود، بارندگی در بیشتر نقاط سمنان کم است. در ارتفاعات زاگرس، آذربایجان و البرز، توده‌های هوای بارانی که از سمت غرب یا شمال غرب وارد کشور می‌شود، در معرض تبخیر شدید رطوبت است و به تدریج به سمت مرکز و شرق کشور حرکت می‌کند تا بارندگی ایجاد کند؛ بنابراین بارندگی کاهش می‌یابد و به همین دلیل سمنان منطقه‌ای خشک و دارای بارندگی بسیار کم است. تجزیه و تحلیل عوامل بوم‌شناسی نشان داد بیشترین و کمترین میانگین دما به ترتیب $18/60 \pm 0/41$ و $13/40 \pm 205/93$ درجه سانتی‌گراد بوده است. بیشترین میانگین ارتفاع در سمنان است. بیشترین و کمترین میانگین بارندگی $170/30 \pm 0/20$ و $102/60 \pm 0/30$ میلی‌متر است (سازمان هواشناسی جمهوری اسلامی ایران، ۱۴۰۱).

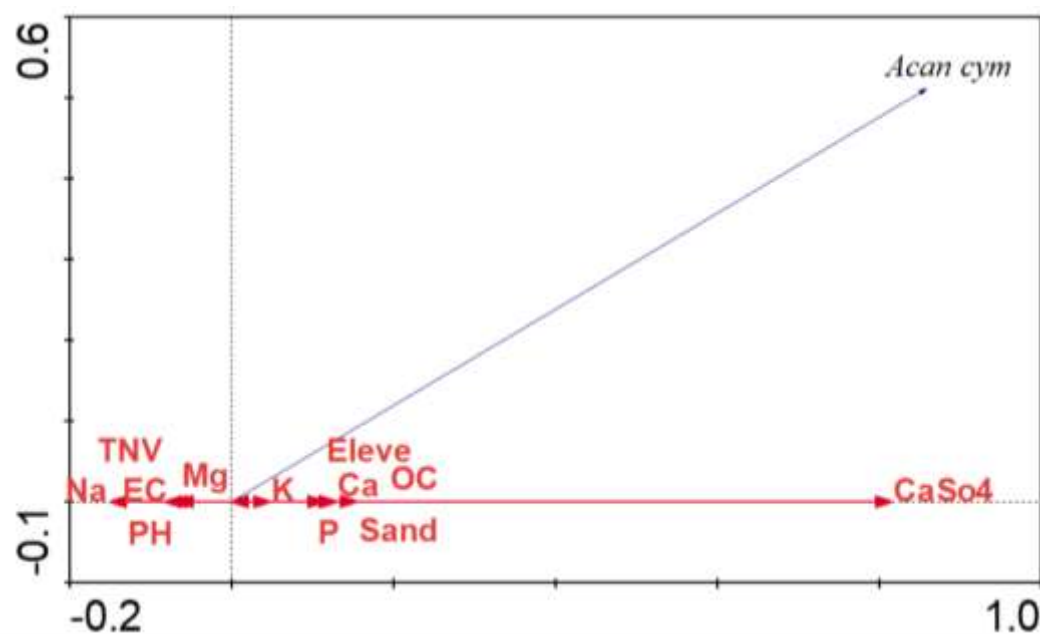
نتایج تجزیه و تحلیل عوامل محیطی نقاط رویشگاهی گونه *A. cymosum* در منطقه مطالعه شده نشان داد میانگین ارتفاعی که این گونه یافت شده، حدود ۱۶۰۰ متر از سطح دریا است.

عوامل فراوانی گونه، متغیر وابسته و عوامل محیطی، متغیر مستقل محسوب می‌شود؛ بنابراین برای بررسی ارتباط میان آنها، بعد از ایجاد ماتریس داده‌های گیاهی و ماتریس عوامل محیطی، تجزیه و تحلیل تطبیقی قوس‌گیری شده (DCA) روی داده‌ها انجام شد. میانگین عوامل مختلف پوشش سطحی و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در رویشگاههای گونه مطالعه شده در **جدول (۲)** ارائه شده است. بافت خاک در مناطقی که این گونه رویش دارد، اغلب دارای درصد زیادی از ماسه (۷۳ درصد به طور میانگین) است. میزان متوسط PH و EC تجزیه و تحلیل‌های خاک به ترتیب ۷/۵۸ و ۲/۶۲ است. میزان متوسط آهک در خاک‌های رویشی گونه ۸ درصد و میزان گچ خاک‌های رویشی گونه ۱۵ درصد است (**جدول ۲**). بررسی تجزیه و تحلیل‌های همبستگی پارامترهای محیطی با فراوانی گونه *A. cymosum* در **شکل ۷** نشان داده شده است. مقدار ویژه رسته‌بندی‌ها برای بررسی نحوه پوشش اطلاعات توسط دو محور اول، ۰/۷۳۸ و ۰/۲۶۲ محاسبه شد (**جدول ۳**). برخی عوامل، تأثیر مثبت و برخی عوامل، تأثیر منفی بر فراوانی گونه *A. cymosum* نشان داد. **جدول ۴** ماتریکس همبستگی بین پارامترهای محیطی و فراوانی گونه را نشان می‌دهد که تنها عوامل گچ، معنی دار شده است.

جدول ۲- میانگین و انحراف معیار پارامترهای بوم‌شناسی ارتفاع و خاک نقاط رویشی گونه *A. cymosum*

Table 2 - Mean and standard deviation of ecological parameters for height and soil characteristics in the growing locations of *A. cymosum*.

عوامل محیطی	میانگین	انحراف معیار
ارتفاع	۱۵۹۸/۵	۱۸۹/۹۱
درصد ماسه	۷۳/۴۴	۱۳/۲۸
PH	۷/۵۹	۰/۱۳
EC (d.s/m)	۲/۶۲	۰/۳۹
درصد آهک	۸/۱۶	۷/۳۱
درصد کربن آلی	۱۳/۸۲	۷/۴۹
درصد نیتروژن	۳/۵۸	۳/۶۰
فسفر (mg/kg)	۲/۲۶	۲/۴
پتاسیم (mg/kg)	۸۳/۱۶	۴۰/۷۴
کلسیم (Meq/l)	۱۲/۵۶	۱۱/۴۶
منیزیم (Meq/l)	۶/۷۴	۳/۹۰
سدیم (Meq/l)	۲۲/۹۱	۲۸/۶۸
درصد گچ	۱۵/۳۱	۷/۶۲



شکل ۷- تجزیه و تحلیل RDA، همبستگی پارامترهای محیطی ارتفاع (Eleve) و خاک شامل ماسه، آهک، گچ، سدیم، منیزیم، کلسیم، پتاسیم، فسفر، میزان کربن آلی خاک، pH و EC.

Figure 7 - RDA analysis: correlation of environmental parameters including elevation (eleve) and soil characteristics such as sand, lime, gypsum, sodium, magnesium, calcium, potassium, phosphorus, soil organic carbon, pH, and EC.

جدول ۳- مقادیر ویژه همبستگی گونه - محیط در دو محور اول RDA

Table 3 - Specific correlation values of species-environment in the first two axes of RDA.

محورها	محور اول	محور دوم
--------	----------	----------

مقدار ویژه	۰/۷۴	۰/۲۶
هم‌بستگی بین گونه‌ها و فاکتورهای محیطی	۰/۸۶	۰
واریانس درصد تجمعی از داده‌های گونه	۷۳/۸	۱۰۰
واریانس درصد تجمعی از رابطه بین گونه و محیط	۱۰۰	۰

جدول ۴- ماتریکس همبستگی بین محور اول در ارتباط با پارامترهای محیطی

Table 4 - Correlation matrix between the first axis and environmental parameters.

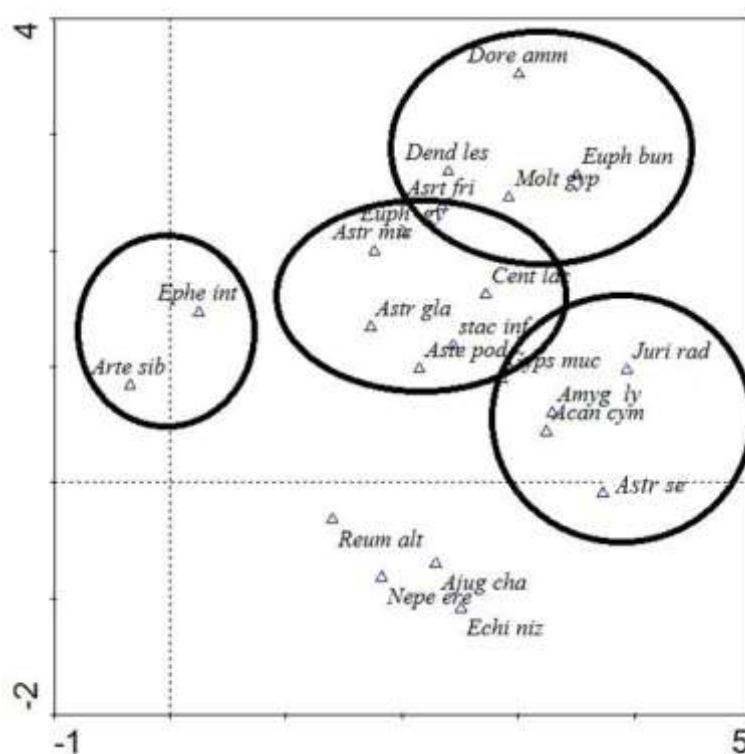
ماتریکس همبستگی	
ارتفاع	۰/۱۰
درصد ماسه	۰/۱۳
PH	-۰/۰۶
EC (d.s/m)	-۰/۰۶
درصد آهک	-۰/۰۷
درصد کربن آلی	۰/۱۲
درصد نیتروژن	۰/۱۱
فسفر (mg/kg)	۰/۰۴
پتاسیم (mg/kg)	۰/۱۱
کلسیم (Meq/l)	-۰/۰۰
منیزیم (Meq/l)	-۰/۱۳
سدیم (Meq/l)	۰/۷۰*

*بیشتر از ۰/۵ معنی دار است.

براساس نتایج تجزیه و تحلیل‌های همبستگی بین گونه در شکل ۸، *A. cymosum* با سایر گونه‌های گچ‌زی این منطقه مانند *Astragalus fridae*، *Moltkia*، *Euphorbia gypsicola*، *Gypsophila mucronifolia* و به‌طور ویژه *Astragalus semnanensis* (گون سمنانی) همراهی خوبی نشان داد. حضور *A. cymosum* با گون سمنانی در ۶۲ درصد پلات‌ها مشترک بود.

تجزیه و تحلیل تراکم، فراوانی و پارامترهای پوشش *A. cymosum* و معرفی گونه‌های همراه
طبق مطالعات فنولوژیکی، گیاهان در اواخر اردیبهشت یا اوایل خرداد به حداکثر رشد خود رسیدند و در آن زمان اندازه‌گیری‌هایی برای تعیین تراکم، فراوانی و پوشش گونه‌ای هر رویشگاه انجام شد. برای گونه *A. cymosum*، میانگین تراکم گونه ۰/۱۲ متر مربع، فراوانی گونه ۶۵ درصد و پوشش گونه ۲۳ درصد محاسبه شد.

گونه‌هایی از گیاهان گچ‌زی و شورزی در کنار گونه *A. cymosum* در منطقه مطالعه شده شناسایی شد (جدول ۵).



شکل ۸- نمودار ارتباط گونه‌ها با استفاده از تجزیه و تحلیل DCA

Figure 8 - Species relationship plot using detrended correspondence analysis (DCA).

Astragalus fridae, *Moltkia gypsaceae*, *Euphorbia bungei*, *Euphorbia gypsicola*, *Dendrostellera lessertii*, *Centaurea lachnopus*, *Dorema ammoniacum*, *Astragalus semnanensis*, *Acantholimon cymosum*, *Gypsophila mucronifolia*, *Jurinea radians* and *Amygdalus lycioides*. *Stachy inflata*, *Astragalus microcephalus*, *Astragalus glaucacanthos*, *Astragalus podolobus*. *Artemisia sieberii*, *Ephedra intermedia*.

جدول ۵- گونه‌های همراه با *A. cymosum* در منطقه مطالعه شده (* گونه‌های انحصاری ایران و ** گونه‌های انحصاری سمنان)

(Rabizadeh et al., 2018).

Table 5 - Species associated with *A. cymosum* in the studied region (* Iran endemics, ** Semnan endemics)(Rabizadeh et al., 2018).

شماره	خانواده	گونه	شماره	خانواده	گونه
1	Amaranthaceae	<i>Haloxylon ammodendron</i> (C.A.Mey.) Bunge	17	Capparaceae	<i>Buhsea coluteoides</i> (Boiss.) Boiss. ex Bunge
2		<i>Aellenia subaphylla</i> (C.A.Mey.) Aellen	18	Caryophyllaceae	<i>Gypsophila mucronifolia</i> Rech. f.
3		<i>Salsola tomentosa</i> (Moq.) Spach	19		<i>Acanthophyllum microcephalum</i> Boiss.
4		<i>Seidlitzia rosmarinus</i> Bunge ex Boiss.	20	Cyperaceae	<i>Carex stenophylla</i> Wahlenb.
5		<i>Noaea mucronata</i> (Forssk.) Asch. & Schweinf.	21	Ephedraceae	<i>Ephedra intermedia</i> Schrenk & C.A.Mey.
6	Apiaceae	<i>Eryngium bungei</i> Boiss.	22	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia gypsicola</i> Rech. f. & Aellen
7		<i>Prangos ferulacea</i> (L.) Lindl.	23		<i>Euphorbia bungei</i> Boiss.
		<i>Dorema ammoniacum</i> D. Don			
8	Asteraceae	<i>Artemisia sieberi</i> Besser	24	Fabaceae	<i>Astragalus fridae</i> Rech. f

				<i>Astragalus semnanensis</i> Rech. f.
				<i>Astragalus microcephalus</i> Willd.
9	<i>Centaurea lachnopus</i> Rech. f.	25		<i>Astragalus glaucacanthos</i> Fisch.
				<i>Astragalus podolobus</i> Boiss. & Hohen.
10	<i>Echinops nizvanus</i> ech.f.*	26	Lamiaceae	<i>Stachy inflata</i> Benth.
11	<i>Jurinea radians</i> Boiss.*	27	Polygonaceae	<i>Atraphaxis spinosa</i> L.
12	<i>Scariola orientalis</i> subsp. <i>nuristanica</i> Podl. & Rech.fil.	28		<i>Calligonum junceum</i> (Fisch. & C.A.Mey.) Litv.
13	<i>Cousinia deserti</i> Bunge	20	Rosaceae	<i>Amygdalus lycioides</i> Spach*
14	<i>Boraginaceae</i> <i>Heliotropium aucheri</i> DC.	30	Tamaricaceae	<i>Reumuria alternifolia</i> (Labill.) Britten
15	<i>Moltkia gypsaceae</i> Rech. f.*	31	Thymelaeaceae	<i>Dendrostellera lessertii</i> (Wikstr.) Van Tighen
16	<i>Brassicaceae</i> <i>Matthiola ovatifolia</i> (Boiss.) Boiss.	32	Zygophyllaceae	<i>Zygophyllum europterum</i> Boiss. & Buhse

بحث

Molayi et al. (2017) نیز در ارتباط با گونه

Artemisia aucheri به نتایج مشابهی دست یافتند. ویژگی‌های تشریحی برگ نشان‌دهنده وجود ساختارهای خشکی‌رستی است. کایاباس طول روزنه گونه *Acantholimon riyatguelii* بومزاد ترکیه را ۲۵ میکرومتر گزارش داده است (Kayabas, 2022). روزنه‌های متعددی در هر دو سطح برگ وجود دارد. این روزنه‌های خشکی‌رستی به شکل حفره‌های عمیق در زیر بصره است. گالال و همکاران وجود روزنه‌هایی ناهمسان و کرک‌های غده‌ای بی‌پایه را در برگ‌های *Plumbago zeylanica* و *Plumbago indica* ثبت کردند (Galal et al., 2013). سطح زیرین برگ با کرک‌های متراکم‌تری نسبت به سطح بالایی پوشیده شده است. برگ‌ها نوک‌سوزنی است. آتس و همکاران پنج گونه مختلف *Acantholimon* را در زیستگاه‌های مشابه مقایسه و اشاره کردند که شباهت ژنتیکی *A. riyatguelii* با *A. acerosum* var. *acerosum* وابسته به

نتایج نشان داد در رویشگاه مطالعه‌شده گونه *A. cymosum* غالب است و از آنجا که مکان ذخیره‌سازی مناسبی برای بذر خود و دیگر گونه‌هاست، غنی‌سازی خاک و غنای گونه‌ای را فراهم می‌کند؛ بنابراین نقش تکمیلی برای دیگر گیاهان دارد و به گسترش خود و آنها کمک شایانی می‌کند. در نتایج تجزیه و تحلیل چندمتغیره، کوتاه‌بودن طول گرا دیان نشان‌دهنده خطی بودن روابط متغیرها است. عوامل شیب، ارتفاع، عمق خاک و گچ مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر گونه *A. cymosum* است. عوامل یادشده ارتباط قوی با پوشش و تراکم گونه مطالعه‌شده و نقش مؤثری در تفکیک رویشگاه این گونه دارد. مطالعات Fattahi et al. (2019) نیز نتایج پژوهش حاضر را تأیید می‌کند. آنها نشان دادند با کاهش عمق خاک و افزایش درصد سنگ و سنگریزه، پوشش و تراکم گونه *Acantholimon oliganthum* افزایش یافته است.

اکومورفولوژیکی و ویژگی‌های ساختاری برای نام‌گذاری صفاتی از موجودات استفاده شده است که نقش تطبیقی مشخصی با شرایط محیطی دارند (Loidi, 2018). بسیاری از گیاهان اکوسیستم‌های خاص مانند خاک‌های گچی و سرپانتین، سازگاری‌های ریزریخت‌شناسی پیدا کرده‌اند. اسکودرو و همکاران اشاره کردند که گچی‌ها در ویژگی‌های ریخت‌شناسی و بوم‌شناسی خود سازگاری‌های خاصی پیدا می‌کنند (Escudero et al., 2015).

یکی از سازگاری‌های یافت‌شده در این مطالعه وجود بلورها در کرک‌برگ‌ها است. پالاسیو و همکاران بلورهای گچ و اگزالات کلسیم را در سلول‌های برگ گیاهان گچ‌شناسایی کردند (Palacio et al., 2014). تجمع گچ در داخل واکوئل سلولی، راهکاری برای سم‌زدایی گونه‌های بومزاد گچ‌پیشنهاد شده است. اگرچه بلورهای درون‌سلولی در این مطالعه مشاهده نشد، وقوع بلورها در کرک‌ها نیز ممکن است راهکاری بالقوه برای سم‌زدایی باشد. مطالعات بیشتری روی روزنه‌های *A. cymosum* برای تعیین نقش آنها در جایگاه ساختارهای دفع اضافی S، Ca و Mg نیاز است. در مناطق گچی که این گونه رشد می‌کند، فصل خشک بسیار طولانی و شدت خشکسالی زیاد است. به‌منظور جلوگیری یا کاهش از دست دادن آب در طول دوره خشکی، گیاهانی مانند *A. cymosum* سازگاری‌های ریخت‌شناسی و تشریحی ساختار رویشی خود را نشان می‌دهند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد *A. cymosum* دارای ضخیم‌شدن بشره و پوستک، ضخیم‌شدن کرک‌های برگ، افزایش شادابی (به دنبال افزایش تجمع آب) و سیستم ریشه‌ای به‌خوبی

بستر نیست (Ates et al., 2019). برخی از رسوبات بلوری در روزنه‌های روی سطح برگ مشاهده شد. بلورها به‌طور معمول به شکل شن، دروز، استیلوئید، رافید و منشور است. تصور می‌شود که رسوبات بلوری روی برگ باعث خاصیت ضد گیاه‌خواری می‌شود و بلورها راهکاری دفاعی است که توسط کرک‌های سطح برگ گیاه ترشح می‌شود (Ashafa et al., 2008). وضعیت بشره، میانبرگ و پوستک، سازگاری فیزیولوژیکی با خشکی رستی تفسیر می‌شود (Rivera et al., 2017). آوندهای پروتوزایلم دارای دیواره‌های ثانویه با ضخامت حلقوی و مارپیچ است که این نتایج با مطالعه Kayabas (2022) مطابقت دارد.

گالال و همکاران در مطالعه‌ای اثبات کردند که فیبر دایره محیطی، حلقه‌ای پیوسته دورتادور پوست در ساقه *Plumbago* sp. ایجاد کرده است (Galal et al., 2013). سوداکاران ویژگی‌های تشریحی کمی و کیفی را با توصیف مشخصات ریختی و هیستومورفولوژیکی ساقه، ریشه و برگ سه گونه *Plumbago* تجزیه و تحلیل کرده است؛ همچنین وجود پارانشیم دولایه و آوند چوبی ثانویه در قسمت میانی بخش ریشه را گزارش کرده است (Sudhakaran, 2021). اجزای فراساختاری اندام‌های رویشی برای بررسی روابط بین ساختارهای خشکی‌رستی گیاهان و رویشگاه آنها عوامل مهمی است؛ زیرا ساختارهای تشریحی اندام‌های گیاه، از جمله ریشه، ساقه و برگ به گیاه اجازه می‌دهد با محیط خود سازگار شود (Zorić et al., 2013).

A. cymosum گیاهی انحصاری است که فقط در خاک‌های گچی رشد می‌کند. عوامل بوم‌شناسی مانند عوامل خاک و اقلیم ممکن است نقش مهمی در سازگاری آن ایفا کند. اصطلاح صفات

در برابر خشکی و خاک‌های معدنی غیر معمول نشان می‌دهد. در این پژوهش برای نخستین بار تنوع تشریحی و ریختی *A. cymosum* گزارش می‌شود که نمای کلی تری از ویژگی‌های تاکسونومی این گونه ارائه می‌کند؛ همچنین این پژوهش بینش جدیدی دربارهٔ پاسخ گونه‌ای گیاهی به شرایط شدید و عملکردهای سازگاری بالقوه در سطوح ریزریخت‌شناسی ارائه می‌دهد. به این دلایل، گچ‌زی‌ها در میان جوامع بوم‌شناسی خشکی رستی قرار می‌گیرند.

در مناطق گچی که این گونه رشد می‌کند، فصل خشک بسیار طولانی و شدت خشکسالی زیاد است. به منظور جلوگیری یا کاهش از دست دادن آب در طول دورهٔ خشکی، گیاهانی مانند *A. cymosum* سازگاری‌های ریخت‌شناسی و تشریحی ساختار رویشی خود را نشان می‌دهند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد *A. cymosum* دارای ضخیم‌شدن بشیره و پوستک، کرک‌های برگ و سیستم ریشه‌ای به‌خوبی توسعه‌یافته است که همهٔ آنها را می‌شود برای مثال از ساختاری خشکی رستی دانست.

توسعه یافته است که همهٔ آنها مثالی از ساختار خشکی رستی محسوب می‌شود.

عوامل سولفات کلسیم، ارتفاع و میزان رس خاک تأثیر مثبت و عوامل شوری و آهک خاک تأثیر منفی در پراکنش گونهٔ *A. cymosum* نشان داد. براساس تحلیل‌های همبستگی RDA ارتباط گونه‌های گچ‌زی در خاک‌های گچی غرب سمنان نشان داد گونهٔ *A. cymosum* همراهی خوبی با گونه‌های گچ‌زی یا متحمل گچ به‌ویژه *Amygdalus* *Jurinea* و *Gypsophila mucronifolia dycioides* در منطقهٔ مطالعه شده دارد. مطالعهٔ پلات‌های مشترک نشان داد همراهی زیادی بین دو گونهٔ *A. cymosum* و *Astragalus semnanensis* در ۶۳ درصد پلات‌ها به‌ویژه در نواحی لاسجرد مشاهده شد.

نتیجه‌گیری

مناطق گچی که هم در زمین و هم در مریخ وجود دارند (Kayabas, 2020)، مدل‌هایی برای سازگاری با زیستگاه‌های حاد هستند. *A. cymosum* گچ‌زی است و فراساختار آن سازگاری تشریحی را برای مقاومت

References

- Ashafa, A. O. T., Grierson, D. S., & Afolayan, A. J. (2008). Foliar micromorphology of *Felicia muricata* Thunb., a South African medicinal plant. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 11(13), 1713–1717. [10.3923/pjbs.2008.1713.1717](https://doi.org/10.3923/pjbs.2008.1713.1717)
- Assadi, M. (2005). Plumbaginaceae. In: Assadi, M., Maassoumi, A. A., Khatamsaz, M., & Mozaffarian, V. (Eds.), *Flora of Iran*. No. 51. Research Institute of Forests and Rangelands.
- Ates, M. A., Tgci, B. K., K'orüklü, T. S., Fis,ne, A., & Aytaç, Z. (2019). Morphologic, palynologic, and phylogenetic relationships of *Acantholimon* species (*Plumbaginaceae*) sharing similar habitats. *Commagene Journal of Biology*, 3(1), 48–52. [10.31594/commagene.566228](https://doi.org/10.31594/commagene.566228)
- Boissier, E. (1846). *Diagnoses plantarum orientalium novarum, ser. 1*, 1(7). B. Herrmann, Leipzig, 130 pp.
- Bokhari, M. H. (1970). Materials for a flora of Turkey XXII. *Plumbaginaceae. Notes from the Royal Botanic Garden*, 30, 295-304.

- Bolukbasi, A., Kurt, L., & Palacio, S. (2016). Unravelling the mechanisms for plant survival on gypsum soils: An analysis of the chemical composition of gypsum plants from Turkey. *Journal of Plant Biology*, 18(2), 271–279. doi.org/10.1111/plb.12401
- Eftekhari, T., & Asadi, M. (2001). Identification and classification of gypsy flora in the west area of Semnan province. *Desert (Biaban)*, 6, 87–114. <https://www.sid.ir/paper/5336/en> [In Persian].
- Escudero, A., Palacio, S., Maestre, F. T., & Luzuriaga, A. L. (2015). Plant life on gypsum: A review of its multiple facets. *Journal of Biological Reviews*, 90(1), 1–18. doi.org/10.1111/brv.12092
- Fattahi, B., Aghabeigi, S., Ghorbanpoor, M., & Maleki, M. (2019). Ecological factors on habitat of *Acantholimon oliganthum* in mountainous rangelands in Hamedan province. *Journal of Rangeland*, 13(2), 337–349. https://rangelandsrm.ir/browse.php?a_id=754&sid=1&slc_lang=en [In Persian].
- Galal, A. M., Raman, V., Avula, B., Wang, Y. H., Rumalla, C. S., Weerasooriya, A. D., & Khan, I. A. (2013). Comparative study of three *Plumbago L.* species (*Plumbaginaceae*) by microscopy, UPLC-UV and HPTLC. *Journal of Natural Medicines*, 67(3), 554–561. 10.1007/s11418-012-0717-0
- Hedge, I. C., & Wendelbo P. (1978). Patterns of distribution and endemism in Iran. *Notes from the Royal Botanic Garden*, 36, 441–464.
- Kayabas, A. (2020). As an extreme habitat for plants: gypsum soils. In: Kayabas, A., Yılmaz Öztürk, B. (Eds.), *Current Approaches in Biology*. Akademisyen Publisher, pp. 1-17.
- Kayabas, A. (2022). SEM observations on the vegetative plant parts of *Acantholimon riyatguelii* Yıldırım (*Plumbaginaceae*), a local endemic restricted to gypsum habitats. *Journal of Structural Biology*, 214(1), 107830. <https://doi.org/10.1016/j.jsb.2021.107830>
- Khajoei Nasab, F., & Khosravi, A. R. (2020). Identification of the areas of endemism (AOEs) of the genus *Acantholimon (Plumbaginaceae)* in Iran. *Journal of Plant Biosystems*, 154(5), 726–736. <https://doi.org/10.1080/11263504.2019.1686078>
- Kruckeberg, A. R. (1986). An essay: The stimulus of unusual geologies for plant speciation. *Journal of Systematic Botany*, 11(3), 455–463.
- Liaquat, F., Munis, M. F. H., Arif, S., Haroon, U., Shi, J., Saqib, S., ... & Liu, Q. (2021). PacBio single-molecule long-read sequencing reveals genes tolerating manganese stress in *Schima superba* saplings. *Journal of Frontiers in Genetics*, 12, 635043. 10.3389/fgene.2021.635043
- Liaquat, F., Munis, M. F. H., Haroon, U., Arif, S., Saqib, S., Zaman, W., ... & Liu, Q. (2020). Evaluation of metal tolerance of fungal strains isolated from contaminated mining soil of Nanjing, China. *Journal of Biology*, 9(12), 469. <https://doi.org/10.3390/biology9120469>
- Loidi, J. (2018). Plant eco-morphological traits as adaptations to environmental conditions: Some comparisons between different biomes across the World. In: Grellier, A.M., Fujiwara, K., Pedrotti, F. (Eds.), *Geographical Changes in Vegetation and Plant Functional Types*. Springer, pp. 59-71. 10.1007/978-3-319-68738-4_3
- Meteorological Organization of the Islamic Republic of Iran (2020). *Rainfall report*. <https://www.irimo.ir/far/index.php> [In Persian].
- Molayi Sham Asbi, M., Ghorbani, A., Sefidi, K., Bahrami, B., & Hashemi Majd, K. (2017). Effects of ecological factors on distribution of *Artemisia aucheri* Boiss in the southeast faced slopes Sabalan. *Journal of Rangeland*, 11(2), 139-151. <https://rangelandsrm.ir/article-1-476-en.html> [in Persian].
- Moradi, M., Imani, F., Naji, H. R., Moradi Behbahani, S., & Ahmadi, M. T. (2016). Biogeosciences and forestry biogeosciences and forestry variation in soil carbon stock and nutrient content in sand dunes after afforestation by *Prosopis juliflora* in the Khuzestan province (Iran). *Biogeosciences and Forestry Biogeosciences*, 10(3), 585-589. <https://doi.org/10.3832/for2137-010>

- Palacio, S., Aitkenhead, M., Escudero, A., Montserrat-Martí, G., Maestro, M., Robertson, A. H. J., & Tajmir-Riahi, H. A. (2014). Gypsophile chemistry unveiled: Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy provides new insight into plant adaptations to gypsum soils. *Plos One*, 9(9): e107285. doi.org/10.1371/journal.pone.0107285
- Rabizadeh, F., Zare-Maivan, H., & Kazempour, S. (2018). Endemic gypsophytes composition delimited by soil properties and altitude: From calciphytes to halophytes in the south–central Alborz Ranges. *Nordic Journal of Botany*, 36(8), e01568. <https://doi.org/10.1111/njb.01568>
- Rabizadeh, F. (2020a). Ecological, anatomical, morphological, and micro-morphological characteristics of *Gypsophila mucronifolia* (Caryophyllaceae) endemic to gypsic soils of Semnan, Iran. *Journal of Applied Biology*, 33(2), 46-61. <https://doi.org/10.22051/jab.2020.26928.1312> [In Persian].
- Rabizadeh, F. (2020b). The first anatomical, morphological, and ecological study of the endemic Iranian *Moltkia gypsacea* from the Boraginaceae family. *Journal of Advanced Pharmacy Education & Research Jan-Mar*, 10(S1), 171. [B2n.ir/g35448](https://doi.org/10.22051/jab.2020.26928.1312)
- Rechinger, K. H. (1974). Plumbaginaceae. In: Rechinger, K. H. (Ed.) *Flora Iranica*. Austria 108. Graz.
- Rivera, P., Villaseñor, J. L., & Terrazas, T. (2017). Meso-or xeromorphic? Foliar characters of *Asteraceae* in a xeric scrub of Mexico. *Botanical Studies*, 58(1), 1–16. <https://doi.org/10.1186/s40529-017-0166-x>
- Sudhakaran, M. V. (2021). A Comparative account of the morphological and anatomical characteristics of three medicinal halophytes. In: Grigore, M. N. (Ed.), *Handbook of Halophytes: From Molecules to Ecosystems towards Biosaline Agriculture*. Springer International Publishing, Cham, pp. 1259–1292.
- Zorić, L. N., Anackov, G. T., Karanović, D. S., & Luković, J. Z. (2013). Leaf structural adaptations of two *Limonium* Miller (*Plumbaginales*, *Plumbaginaceae*) taxa. *Zbornik Matice srpske za prirodne nauke*, (125), 43–54. doi.org/10.2298/ZMSPN1325043Z

