



DOR [20.1001.1.17354226.1400.16.4.4.3](https://doi.org/10.17354/226.1400.16.4.4.3)

Original article

### Study of anatomical structure of *Pteridium aquilinum* leaves in Iran

Maedeh Alaeifar<sup>1\*</sup>, Masoud Sheidai<sup>2</sup>, Fahimeh Koohdar<sup>3</sup>

1. Master student of the Faculty of Biological Sciences and Technologies of Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
2. Professor, Faculty of Biological Sciences and Technologies of Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
3. Assistant Professor, Faculty of Biological Sciences and Technologies of Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

\*Corresponding author: [maedehalaeifar76@gmail.com](mailto:maedehalaeifar76@gmail.com)

Received:6/6/2022

Accepted:8/3/2022

#### Abstract

*Pteridium aquilinum* belongs to the family Dennstaedtiaceae and includes herbaceous, perennial and terrestrial plants with global distribution. This plant grows well in sultry and shady areas; therefore, the northern regions of Iran are one of the suitable habitats for this species. In the present study, the anatomical structure of leaves in 15 specimens of this species was investigated by the double staining method. In total, 23 quantitative and 6 qualitative characters were evaluated and measured. Characters such as the presence of a uniseriate epidermis, the presence of collenchyma cells in the distance between the epidermis and the vascular bundle, the presence of a V-shaped vessel in the center of the vascular bundle, bilateral phloem, stomatal guard cells Renal shape and simple needle-shaped trichomes in the lower epidermis are prominent anatomical features of the leaves in this species. The results of statistical calculations such as WARD analysis, how the populations were grouped and also drawing PCA diagrams showed the diversity of characters in the populations. On the other hand, despite the consideration of lower taxa than the species in this plant in some studies, the results of statistical calculations based on the characteristics of the anatomical structure of the leaf in the present study ruled out the existence of these taxa.

**Keywords:** Systematic, Leaf anatomical structure, *Pteridium aquilinum*, Iran

## مقاله تحقیقی

### بررسی ساختمان تشریحی برگ سرخس عقابی (*Pteridium aquilinum*) در ایران

مأنده علائی فر<sup>۱\*</sup>، مسعود شیدائی<sup>۲</sup>، فهیمه کوهدار<sup>۳</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده علوم و فناوری‌های زیستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۲. استاد گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم و فناوری‌های زیستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۳. استادیار گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم و فناوری‌های زیستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

\*مسئول مکاتبات: maedehalaeifar76@gmail.com

محل انجام تحقیق: دانشگاه شهید بهشتی تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۵/۱۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۳/۱۶

#### چکیده

گونه *Pteridium aquilinum* متعلق به تیره Dennstaedtiaceae شامل گیاهان علفی، چندساله و خشکی‌زی با پراکنش جهانی می‌باشد. این گونه گیاهی در نواحی شرجی و سایه‌دار به خوبی رشد می‌کند؛ از این‌رو نواحی شمالی کشور ایران یکی از رویشگاه‌های مناسب برای این گونه است. در مطالعه حاضر، ساختمان تشریحی برگ در ۱۵ نمونه از این گونه به‌وسیله‌ی روش رنگ‌آمیزی مضاعف مورد بررسی قرار گرفته‌است. در مجموع، ۲۳ صفت کمی و ۶ صفت کیفی مورد ارزیابی و اندازه‌گیری قرار گرفتند. صفاتی هم‌چون وجود اپیدرم تک‌لایه، حضور سلول‌های کلانشیمی در بین اپیدرم و استوانه آوندی، وجود آوند چوبی V شکل در مرکز استوانه آوندی، آبکش دوطرفه، سلول‌های نگهبان روزنه کلیوی شکل و کرک‌های ساده سوزنی شکل در اپیدرم تحتانی از ویژگی‌های بارز تشریحی برگ در این گونه است. نتایج محاسبات آماری چون آنالیز WARD، نحوه گروه‌بندی جمعیت‌ها و هم‌چنین رسم نمودارهای PCA، تنوع صفات در جمعیت‌ها را نشان داد. از طرفی علی‌رغم در نظرگیری تاکسون‌های پایین‌تر از گونه در این گیاه در برخی از مطالعات، نتایج محاسبات آماری بر اساس ویژگی‌های ساختمان تشریحی برگ در مطالعه حاضر وجود این تاکسون‌ها را رد کرد.

**واژه‌های کلیدی:** سیستماتیک، ساختمان تشریحی برگ، سرخس عقابی، ایران

#### مقدمه

برگ‌های زایا، هاگ‌هایی (Spore) را در درون هاگینه (Sorus) تولید می‌کنند که در سطح فوقانی برگ واقع است (۲). سرخس عقابی، گیاهی دارای برگ‌های هوایی همراه با دم‌برگ (Stipe) است که به‌وسیله ساقه زیرزمینی گسترش می‌یابد؛ در هر دو سمت ریزوم و دم‌برگ، نوارهای باریک پیوسته از جنس بافت آثرانشیم وجود دارد که خطوط جانبی نیز نامیده می‌شود و مسیری برای تبادل گازهاست. در این گیاه، تغییرات نموی خطوط جانبی بر روی تبادلات گازی، روابط آبی، تغذیه از خاک و بقا گیاه اثرگذار است (۳). گزارش شده‌است که نکات‌ها در این گیاه،

گونه *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn (سرخس عقابی)، گیاهی متعلق به تیره Dennstaedtiaceae است. این گیاه پراکنش جهانی دارد و در مناطقی هم‌چون بوته-زارها، جنگل‌ها و مزارع فراوان است (۱). در این گونه از سرخس‌ها، ساقه زیرزمینی (Rhizome) به عنوان محلی برای ذخیره کربوهیدرات‌ها وجود دارد که قطر آن به بیش از ۲-۲/۵ سانتی‌متر می‌رسد. آرایش برگ‌ها (Fronde) متناوب است، پهنک برگ به شانه‌ها (Pinnae) تقسیم می‌شود و خود شانه به شانه‌ها (Pinnule) منقسم می‌گردد.

جنس *Pteridium* به وسیله ترکیبی از صفات کمی و کیفی حفاظت شده از یکدیگر تفکیک می‌شوند و همچنین پیشنهاد شده است که واریته‌های موجود در این جنس، همگی به عنوان گونه‌ای واحد در نظر گرفته شوند (۱۲)؛ از همین رو مطالعه حاضر به منظور بررسی وجود یا عدم وجود تاکسون‌های پایین‌تر از گونه بر اساس صفات تشریحی برگ در این گیاه انجام گرفت. همچنین با نمونه برداری از ۱۵ فرد از گونه‌ی *P. aquilinum*، ویژگی‌های مربوط به ساختمان تشریحی برگ گیاه به وسیله میکروسکوپ نوری به صورت دقیق تشریح گردید؛ تاکنون مطالعه‌ای در این باره در ایران صورت نگرفته است.

#### مواد و روش‌ها

در این مطالعه ساختمان تشریحی برگ در ۱۵ نمونه (۳ تکرار از ۵ جمعیت جغرافیایی) از گونه *P. aquilinum* بررسی گشت. نمونه‌ها در تابستان ۱۴۰۰ از رویشگاه‌های طبیعی (جدول ۱) جمع‌آوری گشتند. پس از جمع‌آوری نمونه‌های گیاهی، به منظور خشک نمودن آن‌ها، تمامی گرد و غبار و آلودگی‌ها از سطح برگ زدوده شد سپس به کمک پرس و کاغذ روزنامه، نمونه‌ها خشک شدند (شکل ۱).

بر روی سطح تحتانی برگ در قاعده شانه و شانک وجود دارند (۴).

سرخس عقابی هم در نواحی معتدل و هم در نواحی استوایی یافت می‌شود (۵) و به راحتی بر روی انواع مختلفی از خاک‌ها رشد می‌کند (۶). تنها عامل اقلیمی محدودکننده رشد این گیاه، گرما یا سرمای شدید و هم-چنین کمبود رطوبت است (۷). از مناطق دیگر پراکنش این گونه می‌توان به استوا تا انتهای شمالی اروپا، آسیای مرکزی، چین، ژاپن، هند، فیلیپین و نیوزلند اشاره کرد (۸). در علم سیستماتیک، صفات مربوط به دم‌برگ و برگ هم‌چون تعداد دسته‌جات آوندی، نحوه آرایش عناصر چوبی (۹) و صفات مربوط به ایندوزیوم، ریزوم، اسپورانژیوم و اسپور به منظور شناخت و بررسی سرخس‌ها بسیار ارزشمندند (۱۰) با این وجود، غالب مطالعات مربوط به ویژگی‌های ریخت‌شناسی و ساختمان تشریحی در ارتباط با گیاهان بازدانه و نهان‌دانه بوده است و به سرخس‌ها علی‌رغم سازگاری‌های بالا با محیط زیست توجه کمتری صورت پذیرفته است (۹).

*P. aquilinum* گونه‌ای دیپلوئید است که سطح متوسطی از چندشکلی ژنتیکی را نشان می‌دهد. این گونه دارای جریان ژنی بالاست که سبب به حداقل رساندن واگرایی بین جمعیت‌ها شده است (۱۱). شواهد و مدارک مربوط به DNA، پیشنهاد می‌کند که مورفوتایپ‌های

جدول ۱ - محل جمع‌آوری و کد هرباریومی نمونه‌های مورد بررسی.

شماره جمعیت	محل جمع‌آوری	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع (متر)	کد هرباریومی
۱	مازندران، تنکابن، جنگل سه‌هزار	۵۰/۸۳	۳۰/۶۶	۲۰۰۰	HSBU-2022100
۲	گیلان، لاهیجان، دامنه‌ی شیطان کوه	۵۰/۰۲	۳۷/۱۹	۲۰۰۰	HSBU-2022101
۳	گیلان، لاهیجان، شیطان کوه	۵۰/۰۲	۳۷/۱۶	۲۰۰۰	HSBU-2022102
۴	گیلان، لنگرود	۵۰/۱	۳۷/۱۶	۱۰۰۰	HSBU-2022103
۵	مازندران، رامسر، جنگل جواهرده	۵۰/۴۷	۳۶/۸۴	۲۰۰۰	HSBU-2022104

استفاده از دو رنگ آبی متیلن و کارمن زاجی از برند MERK رنگ‌آمیزی شدند (۱۲). در نهایت پس از شست و شوی نمونه‌ها با آب مقطر، نازک‌ترین و سالم‌ترین برش-ها بر روی لام برچسب زده شده قرار گرفته و پس از

برای بررسی ساختمان تشریحی برگ، به منظور دست یافتن به صفات مشابه و یکسان‌سازی شرایط برای تمامی نمونه‌ها، برش‌های عرضی از قسمت میانی شانه انجام پذیرفت. برش‌ها با تکنیک رنگ‌آمیزی مضاعف و با

لامل‌گذاری به وسیله میکروسکوپ نوری مدل Primo Star، با لنزهای با بزرگنمایی ۴، ۱۰ و ۴۰ مورد بررسی قرار گرفته و از بهترین نمونه‌ها عکس‌برداری شد. اندازه-گیری صفات کمی با استفاده از نرم افزار Digimizer v5.4.9 انجام شد. در این مطالعه، ۲۳ صفت کمی و ۶ صفت کیفی مورد ارزیابی واقع شدند. صفات کمی مورد بررسی عبارتند از: طول سلول روپوستی فوقانی، عرض سلول روپوستی فوقانی، طول سلول روپوستی تحتانی، عرض سلول روپوستی تحتانی، عرض لایه ی روپوست فوقانی، عرض لایه ی روپوست تحتانی، تعداد لایه‌های روپوستی، طول سلول پارانشیم پوست، عرض سلول پارانشیم پوست، عرض ناحیه ی پوست، قطر استوانه آوندی، طول سلول تراکتید، عرض سلول تراکتید، طول سلول آبکش، عرض سلول آبکش، طول سلول کلانشیم، عرض سلول کلانشیم، طول کرک، تعداد دستجات آوندی، تعداد کرک در واحد سطح، تعداد سلول‌های نگهبان روزنه، طول سلول نگهبان روزنه و عرض سلول نگهبان روزنه. هم چنین صفاتی چون شکل استوانه آوندی، شکل آوند چوب، نوع کرک، نوع سلول‌های نگهبان روزنه، نوع سلول‌های روپوستی، حضور و عدم حضور آبکش دوطرفه در استوانه-آوندی از جمله صفات کیفی مورد بررسی هستند. محاسبات آماری چون آنالیز WARD به منظور گروه‌بندی جمعیت‌ها و رسم نمودارهای PCA در جهت مشخص نمودن متغیرترین صفات تشریحی در نمونه‌های مورد مطالعه به وسیله نرم‌افزار PAST3 صورت گرفت.

## نتایج

### ساختار تشریحی برگ

در برش عرضی برگ، در محل رگبرگ اصلی به سمت اپیدرم تحتانی برآمدگی وجود دارد. در تمامی نمونه‌ها اپیدرم تک لایه است و شامل سلول‌هایی با طول ۱/۶۰۳-۰/۴۷۶ و عرض ۱/۷۱۲-۰/۳۶۸ میکرومتر می‌باشد. در غالب نمونه‌های مورد بررسی، در حد فاصل بین لایه اپیدرم و نزدیکی استوانه‌ی آوندی سلول‌های کلانشیمی یافت می‌شوند (شکل ۲). این سلول‌ها طولی معادل ۰/۳۱۴-۲/۹۸۱ و عرض ۰/۲۹۷-۱/۷۲۸ میکرومتر دارند. در اکثر نمونه‌ها، اپیدرم تحتانی دارای تعدادی زائده اپیدرمی به نام کرک است؛ در اپیدرم فوقانی نیز به ندرت کرک دیده می‌شود (شکل ۳). عرض اپیدرم فوقانی و

تحتانی به ترتیب، ۱/۶۳۹-۰/۲۶۶ و ۲/۵۶۰-۰/۴۸۳ میکرومتر است. تمامی کرک‌ها از نوع سوزنی ساده می‌باشند و طول آن‌ها بین ۱۸-۴ میکرومتر است (شکل ۴). در برش عرضی برگ در محل هر رگبرگ مرکزی یک استوانه‌ی آوندی به شکل دایره یا بیضی با قطر ۱۵/۷۲۰-۳/۳۸۰ میکرومتر وجود دارد که یک دسته آوند چوبی از جنس سلول‌های تراکتید (طول ۲/۹۴۷-۰/۳۸۲ و عرض ۱/۸۹۷-۰/۲۲۷ میکرومتر) به صورت V شکل در مرکز آن یافت می‌شود. سلول‌های منفرد آبکشی در هر دو طرف آوند چوبی با طول ۱/۴۳۹-۰/۲۷۰ و عرض ۰/۶۴۶-۰/۱۱۸ میکرومتر، قرار گرفته و استوانه آوندی فاقد پارانشیم مغزی می‌باشد. در ناحیه مزوفیل برگ، سلول‌های پارانشیمی وجود دارند که قابل تفکیک به سلول‌های نرده‌بانی و اسفنجی نمی‌باشند (شکل ۵). طول این سلول‌های پارانشیمی ۲/۸۳۱-۰/۶۳۰ و عرض آن‌ها ۲/۲۹۸-۰/۳۱۴ میکرومتر می‌باشد. هم چنین عرض لایه مزوفیل برگ، بین ۱۵/۱۳۲-۳/۰۶۵ میکرومتر است. در اکثر نمونه‌های مورد بررسی، تراکم بالای روزنه در اپیدرم تحتانی برگ دیده می‌شود. هر روزنه به وسیله‌ی یک جفت سلول نگهبان (طول ۶/۱۸۹-۱/۱۹۵ و عرض ۲/۲۴۹-۰/۶۴۸ میکرومتر) کلیوی شکل احاطه شده است که دارای کلروفیل می‌باشند. در اطراف سلول‌های نگهبان روزنه، سلول‌های اپیدرمی تحت عنوان سلول‌های همراه وجود دارند که در دسته‌بندی خاصی قرار نمی‌گیرند و شکلی نامشخص با حواشی لوب‌دار دارند (شکل ۶ و ۷).

### محاسبات آماری

به منظور گروه‌بندی جمعیت‌ها، آنالیز WARD صورت گرفت و نتایج نشان داد که تکرارهای هر جمعیت به صورت پراکنده در نمودار حضور دارند، در بین اعضای جمعیت‌ها تداخل وجود دارد و تفکیکی به لحاظ آناتومیکی در بین آن‌ها صورت نگرفته است (شکل ۸). مطابق با شکل شماره ۹ که بر اساس روش تجزیه به مولفه‌های اصلی صورت پذیرفته است، دو مولفه ۱ و ۲ بیش‌ترین درصد تنوع را در بین نمونه‌های مورد مطالعه نشان داده‌اند که مولفه اول با ۷۷/۷۰۵ درصد تنوع، شامل صفات عرض بافت اپیدرم، طول سلول پارانشیم پوست، عرض بافت پوست، شکل استوانه آوندی، طول سلول تراکتید، عرض سلول تراکتید، طول سلول آبکش، عرض

*aquilinum* اشاره شده است (۱)؛ در حالی که در مطالعه حاضر این ناحیه در نمونه‌های مورد بررسی مشاهده نشد و بین سلول‌های پارانشیمی ناحیه پوست در برگ این گیاه تفاوتی مشاهده نگشت. تنوع در تعداد روزنه موجود در اپیدرم تحتانی، شکل و ضخامت سلول‌ها، تراکم رگبرگ‌ها و کرک‌ها نشان داد که این صفات از ویژگی‌های مهم ریخت‌شناسی این گونه هستند که این یافته‌ها هم‌راستا با نتایج مطالعه‌ای دیگر در این زمینه بوده است (۹). هم-چنین نتایج مطالعه حاضر هم‌چون انجام آنالیز **WARD** نشان داد علی‌رغم تقسیم‌بندی این گونه در فلور آمریکای شمالی (۱۴) و دیگر منابع (۱۵)، بر اساس صفات تشریحی برگ حضور زیرگونه‌های متفاوت در جمعیت‌های مورد مطالعه رد شد و بین جمعیت‌ها تداخل وجود داشت. این نتایج هم‌سو با نتایج مطالعه‌ای است که به وسیله بررسی شواهد مربوط به **DNA** نشان داد که باید واریته-های متعلق به گونه *P. aquilinum* همگی به عنوان گونه-ای واحد و بدون زیرگونه و واریته در نظر گرفته شوند (۱۶). مطالعه حاضر نشان علی‌رغم احتمال حضور فرم‌های مختلفی از این گونه در بعضی نقاط جهان که پیش‌تر اشاره شد، گونه مذکور در ایران، حداقل به لحاظ صفات تشریحی برگ، به فرم‌های متفاوت تفکیک نمی‌شود؛ از این رو پیشنهاد می‌گردد که تمام نمونه‌های مورد بررسی به عنوان یک گونه و بدون حضور سطوح تاکسونومی پایین‌تر در نظر گرفته شوند. به عنوان نتیجه کلی، صفات کیفی مورد بررسی در این گونه ثابت بوده چرا که در تکرارهای جمعیت‌ها تفاوتی حاصل نشد و تفاوت‌های جزئی مشاهده‌شده در بین جمعیت‌ها ممکن است بر اثر سازش هر یک از جمعیت‌ها با محیط باشد. مطالعه حاضر می‌تواند مکمل مطالعات دیگر در مباحث تاکسونومیک این گونه باشد و پیشنهاد می‌گردد مطالعات وسیع‌تری در این زمینه صورت بگیرد و هم‌چنین در کنار بررسی‌های مربوط به ساختمان تشریحی، مطالعات ریخت‌شناسی و مولکولی و ... نیز در این تاکسون انجام پذیرد تا به شناسایی گیاه، روابط فیلوژنتیکی و تکمیل فلورهای موجود کمک کند.

#### تقدیر و تشکر

در پایان از حمایت‌های دانشکده علوم و فناوری زیستی، دانشگاه شهید بهشتی تهران در به ثمر رساندن

سلول آبکش، طول سلول کلانشیم، عرض سلول کلانشیم و عرض سلول نگهبان روزنه و مولفه دوم با ۷/۶۳۵۸ درصد تنوع شامل صفت طول سلول اپیدرم فوقانی هستند (شکل ۹). توصیف آماری صفات مورد بررسی در ادامه ارائه شده است (جدول ۲). \* لازم به ذکر است که اطلاعات ارائه‌شده در جدول ۲ مربوط به ۱۵ نمونه گیاهی از گونه سرخس عقابی می‌باشد که دربرگیرنده‌ی ۵ جمعیت جغرافیایی است و از هر جمعیت ۳ تکرار انتخاب شده است که درصد خطا نیز برای ۱۵ نمونه محاسبه شده است. تصاویر مربوط به برش عرضی برگ گونه‌ی مذکور نیز به منظور انجام مقایسه بین نمونه-های مختلف در بخش پیوست آمده است (پیوست/شکل ۱۰).

#### بحث

پژوهش حاضر به منظور بررسی ساختمان تشریحی برگ گونه *P. aquilinum* در ایران صورت پذیرفت. اولین یافته‌ای که از پژوهش حاضر به دست آمد نشان داد که صفاتی هم‌چون وجود اپیدرم تک‌لایه در برگ، سلول‌های کلانشیمی در بین لایه اپیدرم و استوانه آوندی، حضور یک استوانه آوندی در محل هر رگبرگ اصلی، وجود آوند چوبی **V** شکل از جنس سلول‌های تراکئیدی در مرکز استوانه آوندی، وجود آبکش دوطرفه از جنس سلول‌های آبکشی منفرد در اطراف آوند چوب، وجود کرک‌های سوزنی ساده در اپیدرم تحتانی، وجود سلول‌های نگهبان روزنه کلیوی شکل در اپیدرم تحتانی که دارای کلروفیل بودند و استوانه آوندی دایره‌ای یا بیضی شکل و هم‌چنین عدم وجود پارانشیم مغزی از ویژگی‌های بارز تشریحی برگ در این گونه گیاهی بود. از نتایج قابل توجه این مطالعه، حضور زوائد اپیدرمی در برگ تحت عنوان کرک در تمام نمونه‌های مورد بررسی بود که به لحاظ اندازه در افراد مختلف، متفاوت بودند؛ این یافته با نتایج حاصل از مطالعه‌ای که بر روی این گونه صورت گرفته بود مشابهت داشت (۱۳) با این تفاوت که در مطالعه مذکور، گونه *P. aquilinum* در دو دسته کرک‌دار و بدون کرک قرار گرفته بود در حالی که تمامی نمونه‌های مورد بررسی در این مطالعه، دارای کرک در اپیدرم تحتانی برگ بودند. در مطالعاتی به حضور بخشی به نام خطوط جانبی از جنس سلول‌های آثرانشیمی در ناحیه مزوفیل برگ گونه *P.*

از داوران مقاله به سبب نظرات سازنده‌شان سپاس‌گزارند.

این پژوهش تقدیر و تشکر به عمل می‌آید. مولفین

#### منابع مورد استفاده

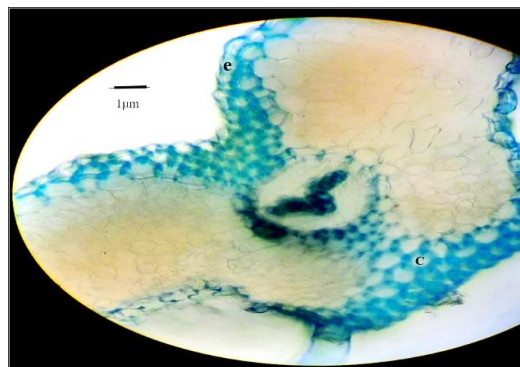
- Oliveira, R. M., Fonseca, B. M., Abreu-Silva, A. L., Medeiros, R., & Oliveira, P. A. 2021. Pteridium spp and bovine papillomavirus: Partners in cancer. *Frontiers in Veterinary Science*, 1288.
- Vetter, J. 2009. A biological hazard of our age: Bracken fern [*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn]—A review. *Acta Veterinaria Hungarica* 57(1): 183–196.
- Barton, D. A., Overall, R. L., & Thomson, J. A. 2015. Structure and development of the lateral-line aerenchyma in bracken ferns (*Pteridium*: *Dennstaedtiaceae*). *International Journal of Plant Sciences* 176(7): 662–669.
- Lloyd, F. E. 1901. The extra-nuptial nectaries in the common brake, *Pteridium aquilinum*. *Science* 13(336): 885–890.
- Zenkter, E., & Nowak, O. 2019. Application of morphometric study to discriminate *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn subsp. *Pinetorum* (CN Page & RR Mill 1995) JA Thomson in Poland. *Biodiversity Research and Conservation* 56(1): 1–12.
- Koray Gülsoy, S., & Şimşir, S. 2018. Chemical Composition, Fiber Morphology, and Kraft Pulping of Bracken Stalks (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn). *Drvna Industrija: Znanstveni Časopis Za Pitanja Drvne Tehnologije* 69(1): 23–33.
- Smith, B. L., & Seawright, A. A. 1995. Bracken fern (*Pteridium* spp.) carcinogenicity and human health—A brief review. *Natural Toxins* 3(1): 1–5.
- Fenwick, G. 1989. Bracken (*Pteridium aquilinum*)—Toxic effects and toxic constituents. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 46(2): 147–173.
- Kessler, M., Siorak, Y., Wunderlich, M., & Wegner, C. 2007. Patterns of morphological leaf traits among pteridophytes along humidity and temperature gradients in the Bolivian Andes. *Functional Plant Biology*, 34(11): 963–971.
- Resmi, S., Thomas, V., & Sreenivas, V. 2016. Stipe anatomical studies on selected pteridophytes of South India. *Acta Botanica Hungarica* 58(1–2): 167–176.
- Parks, J. C., & Werth, C. R. 1993. A study of spatial features of clones in a population of bracken fern, *Pteridium aquilinum* (*Dennstaedtiaceae*). *American Journal of Botany* 80(5): 537–544.
- Thomson, J. A. 2015. Structure and development of the lateral-line aerenchyma in bracken ferns (*Pteridium*: *Dennstaedtiaceae*). *International Journal of Plant Sciences* 176(7): 662–669.
- Peterson, A., Conn, H., & Melin, C. 1934. Methods for the Standardization of Biological Stains Part V. *Stain Technology* 9(4): 147–155.
- Mar, A. 1994. *Flora of North America*. OXFORD university press.
- <http://powo.science.kew.org/>
- Thomson, J. A., and Martin, A. B. 1996. “Gnarled trichomes: An understudied character in *Pteridium*”. *American Fern Journal* 36–51.

جدول ۲ - توصیف آماری صفات تشریحی برگ در گونه سرخس عقابی

صفت	حداکثر (میکرومتر)	حداقل (میکرومتر)	میانگین (میکرومتر)
طول سلول اپیدرم فوقانی	۱/۶۰۳	۰/۴۷۶	۰/۹۵۵۳±۰/۱۸
عرض سلول اپیدرم فوقانی	۱/۷۱۲	۰/۳۶۸	۰/۷۲۹۱±۰/۱۵
طول سلول اپیدرم تحتانی	۲/۴۹۱	۰/۶۴۷	۱/۳۰۲۱±۰/۲۲
عرض سلول اپیدرم تحتانی	۱/۶۳۹	۰/۲۶۶	۰/۷۸۳۴±۰/۱۴۱
عرض بافت اپیدرم فوقانی	۲/۹۱۱	۰/۳۵۴	۱/۳۷۵۹±۰/۲۴
عرض بافت اپیدرم تحتانی	۲/۵۶۰	۰/۴۸۳	۱/۲۵۱۸±۰/۲۱
تعداد لایه های اپیدرم	۱	۱	۱۰
طول سلول پارانشیم پوست	۲/۸۳۱	۰/۶۳۰	۱/۴۰۵۵±۰/۲۶
عرض سلول پارانشیم پوست	۲/۲۹۸	۰/۳۱۴	۱/۰۸۹۷±۰/۲۸
عرض بافت پوست	۱۵/۱۳۲	۳/۰۶۵	۷/۴۹۹۰±۱/۲۱
قطر استوانه آوندی	۱۵/۷۲۰	۳/۳۸۰	۷/۷۹۹۷±۲/۲۳
تعداد دستجات آوندی	۱	۱	۱۰
طول سلول تراکتید	۲/۹۴۷	۰/۳۸۲	۱/۱۷۵۴±۰/۱۹
عرض سلول تراکتید	۱/۸۹۷	۰/۲۲۷	۰/۶۹۲۹±۰/۱۸
طول سلول آبکش	۱/۴۳۹	۰/۲۷۰	۰/۶۶۹۴±۰/۲۱
عرض سلول آبکش	۰/۶۴۶	۰/۱۱۸	۰/۳۳۰۱±۰/۱۴
طول سلول کلانشیم	۲/۹۸۱	۰/۴۳۹	۱/۳۳۸۹±۰/۲۶
عرض سلول کلانشیم	۱/۷۲۸	۰/۲۹۷	۰/۷۸۷۸±۰/۱۴
تراکم سلول های نگهبان روزنه	۱۴	۳	۷۰
تعداد کرک	۶	۲	۳۰
طول سلول نگهبان روزنه	۶/۱۸۹	۱/۱۹۵	۴/۱۴۱۳±۲/۱۲
عرض سلول نگهبان روزنه	۲/۲۴۹	۰/۶۴۸	۲/۴۶۴۶±۰/۳۴
طول کرک	۱۷/۹۲۸	۴/۶۰۴	۱۱/۵۶±۵/۵



شکل ۱ - گونه سرخس عقابی، a: نمونه ۲، b: ۶، c: ۱۲، d: ۱۵.

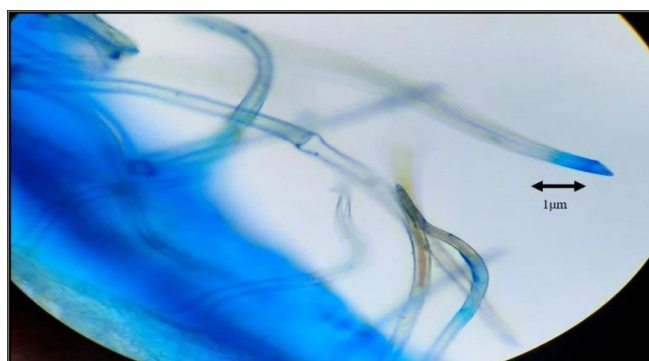


شکل ۲: ساختار تشریحی برش عرضی برگ سرخس عقابی (نمونه شماره ۲) - یاخته‌های اپیدرمی و کلانشیمی (علائم اختصاری: e اپیدرم، c کلانشیم) - بزرگنمایی ۴۰.

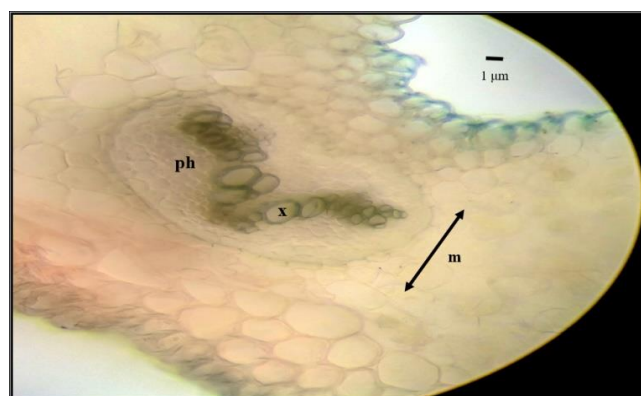




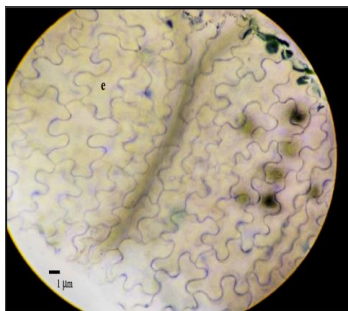
شکل ۳ - ساختار تشریحی برش عرضی برگ سرخس عقابی (نمونه شماره ۵) - ساختمان کرک (علائم اختصاری: t کرک) - بزرگنمایی ۴۰.



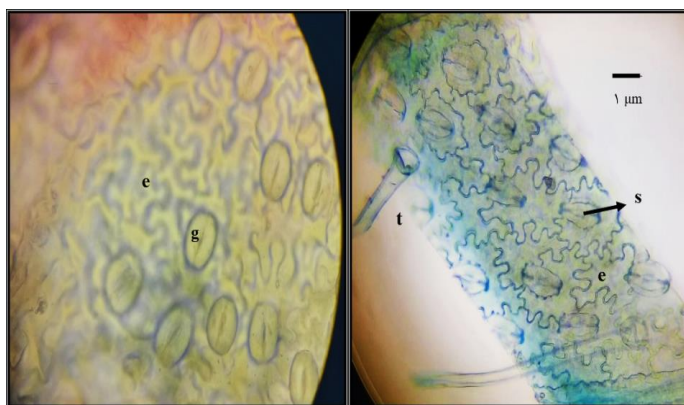
شکل ۴ - ساختار تشریحی برش عرضی برگ سرخس عقابی (نمونه شماره ۱۲) - ساختمان کرک سوزنی - بزرگنمایی ۱۰.



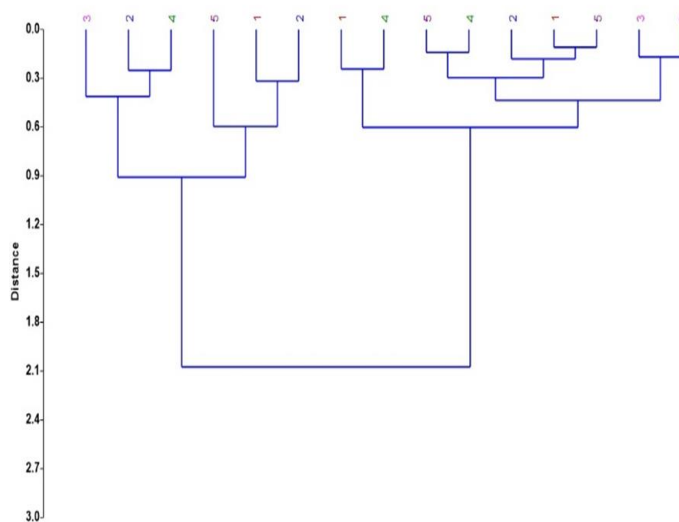
شکل ۵ - ساختار تشریحی برش عرضی برگ سرخس عقابی (نمونه شماره ۱۵) - یاخته های آوند چوب، آوند آبکش و بافت مزوفیل برگ (علائم اختصاری: m مزوفیل، x آوند چوب، ph آوند آبکشی) - بزرگنمایی ۴۰.



شکل ۶ - ساختار تشریحی برگ سرخس عقابی (نمونه شماره ۶) - ساختمان اپیدرم فوقانی (علائم اختصاری: e اپیدرم) - بزرگنمایی ۴۰.



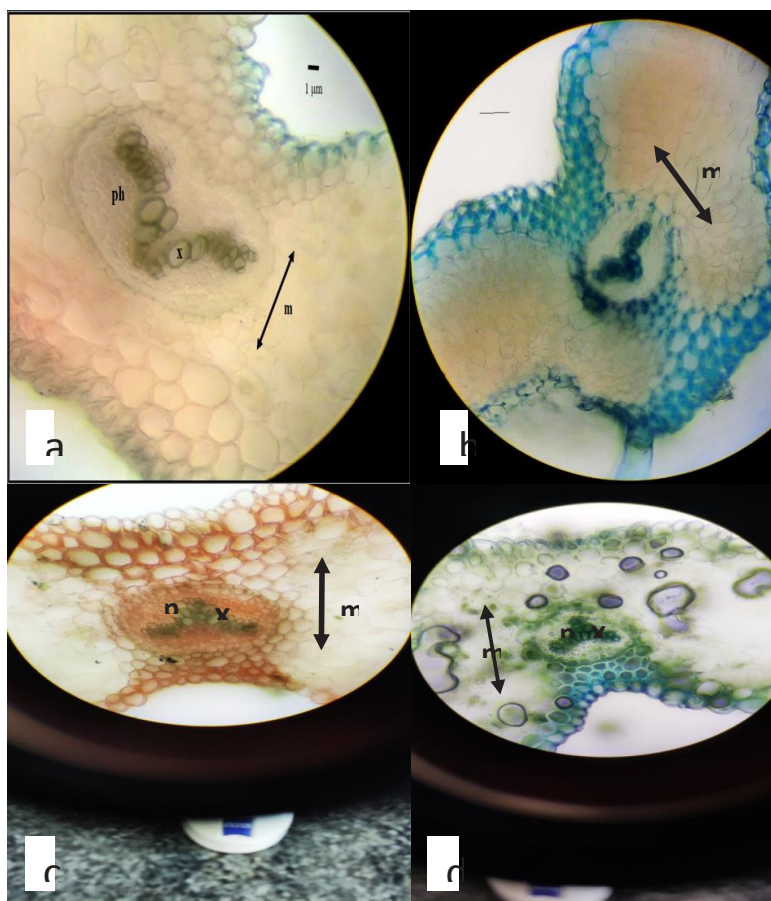
شکل ۷ - ساختار تشریحی برگ سرخس عقابی - ساختمان اپیدرم تحتانی، ساختمان روزنه، سلول های نگهبان روزنه و سلول های همراه (علائم اختصاری: s روزنه، g سلول های نگهبان روزنه، e اپیدرم، t کرک).



شکل ۸ - آنالیز WARD در جمعیت های سرخس عقابی

PC	Eigenvalue	% variance
1	0.2387	77.705
2	0.0234562	7.6358
3	0.0145273	4.7291
4	0.00906488	2.9509
5	0.00746898	2.4314
6	0.00469726	1.5291
7	0.00359001	1.1687
8	0.00236072	0.76849
9	0.00158769	0.51684
10	0.000794185	0.25853
11	0.000501147	0.16314
12	0.000213549	0.069517
13	0.000168973	0.055006
14	5.78509E-05	0.018832

شکل ۹ - آنالیز تجزیه به مولفه های اصلی بر اساس صفات تشریحی برگ در گونه سرخس عقابی.



شکل ۱۰ - برش عرضی برگ گونه سرخس عقابی، a: نمونه ۱۵، b: نمونه ۲، c: نمونه ۶، d: نمونه ۱۲. (علائم اختصاری: m مزوفیل، x آوند چوب، ph آوند آبکش). بزرگنمایی ۴۰.