E-ISSN: 2538-2187 | P-ISSN: 2251-7901

The Quarterly Scientific Journal of Applied Biology

https://jab.alzahra.ac.ir/
Vol. 37, No.3. (2024) Autumn, 23-35
https://doi.org/10.22051/jab.2024.43728.1569

Paper Type: Original Article

# The Study of Phenolic Compounds and Habitat Soil of *Leptadenia pyrotechnica*

**Fatemh Nejad-Alimoradi*[1], Farkhondeh Rezanejad[2]**

[1]*Department of Biology, Payame Noor University, Tehran, Iran;*(Assistant Professor: Corresponding author: Alimoradi@pnu.ac.ir).*

[2]*Department of Biology, Shahid Bahonar University, Kerman, Iran.*

***Citation:***

Nejad-Alimoradi, F. & Rezanejad, F. (2024). The study of phenolic compounds and habitat soil of *Leptadenia pyrotechnica*. *The quarterly scientific journal of applied biology, Volume* 37 (Issue No. 3), PP. 23-35

Received: 2023.05.10 Accepted: 2024.09.30

## Abstract

**Introduction:** *Leptadenia pyrotechnica* is a medicinal, evergreen and drought-resistant plant that can grow in hot and dry areas in the south of Kerman province with high biomass production, so it plays an important role in preserving the soil and environment. It can be a potential source for secondary metabolites.

**Methods:** In this research, the soil ecological factors of plant distribution areas, plant morphology and some antioxidant compounds in different plant organs were investigated .

**Results:** The soil analysis of the distribution areas of the plant showed that sandy, non-saline to moderately saline soil with neutral to slightly alkaline acidity and containing sufficient amounts of necessary mineral elements is suitable for the growth of this plant. The presence of relatively thick perianth with a lot of trichomes is one of the adaptive features of the plant against environmental stress conditions. The remarkable features of the reproductive system of the plant, including the Gynostegium and Pollinarium system and their role in pollination, show the evolutionary and advanced features of the plant. The highest content of total phenol, total flavonoid and total anthocyanin was observed in flower, seed and shoot, respectively. The variety and amount of phenolic and flavonoid compounds detected in different parts of the plant were different, the main phenolic compound in the shoot, fruit and seed was gallic acid and in the flower, hesperidin.

**Conclusion:** Considering that different organs of this plant species are rich in phenolic compounds; therefore, this species is recommended for use in the pharmaceutical industry.

**Keywords:** Antioxidant compounds, *Apocyanaceae* (*Periplocoideae*), soil ecological factors

فصلنامه علمی زیست‌شناسی کاربردی دانشگاه الزهرا(س)
دوره ۳۷، شماره ۳، پیاپی ۸۱، پاییز ۱۴۰۳، صفحات ۳۵-۲۳
https://jab.alzahra.ac.ir
https://doi.org/10.22051/jab.2024.43728.1569

نوع مقاله: پژوهشی

# مطالعه ترکیبات فنلی و ویژگی‌های خاک رویشگاه گیاه پیچیلوک (*Leptadenia pyrotechnica*)

**فاطمه نژاد علیمرادی*[1]، فرخنده رضانژاد[2]**

[1]استادیار، گروه زیست شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.
(*نویسنده مسئول: *Alimoradi@pnu.ac.ir*)
[2]استاد، گروه زیست شناسی، ، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

تاریخ دریافت : ۱۴۰۲/۰۲/۲۰ تاریخ پذیرش : ۱۴۰۳/۰۷/۰۹

## چکیده

**مقدمه:** *Leptadenia pyrotechnica*، گیاه دارویی، همیشه سبز و مقاوم به تنش کم‌آبی است که در مناطق گرم و خشک جنوب استان کرمان با تولید زیست توده بالا قابلیت رشد دارد، بنابراین در حفظ محیط زیست و خاک نقش مهمی ایفا می‌کند و می‌تواند یک منبع بالقوه برای متابولیت‌های ثانویه باشد.

**روش‌ها:** در این پژوهش عوامل اکولوژیک خاک مناطق پراکنش گیاه، ریخت‌شناسی گیاه و برخی ترکیبات آنتی‌اکسیدانی در اندام‌های مختلف گیاه بررسی شد.

**یافته‌ها:** آنالیز خاک منطقه پراکنش گیاه نشان داد که خاک‌های شنی، غیر شور با اسیدیته خنثی تا کمی قلیایی و حاوی مقدار مناسبی از عناصر درشت و ریز مغذی مناسب برای رشد این گیاه می‌باشد. وجود گلپوش به‌نسبت ضخیم واجد کرک فراوان از ویژگی‌های سازشی در برابر شرایط سخت زیست‌محیطی است. ویژگی‌های قابل توجه دستگاه زایشی گیاه شامل ژینوستوژیوم و دستگاه پولینارویوم و نقش آن‌ها در گرده‌افشانی، ویژگی‌های تکاملی و پیشرفته گیاه را نشان می‌دهد. بیشترین محتوای فنل کل، فلاونوئید کل و آنتوسیانین کل به‌ترتیب در گل، دانه و شاخساره مشاهده شد. تعداد و میزان ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی شناسایی شده در بخش‌های مختلف گیاه متفاوت بود. ترکیب فنلی غالب در شاخساره، میوه و دانه، گالیک اسید و در گل، هسپردین می‌باشد.

**نتیجه‌گیری:** با توجه به اینکه اندام‌های مختلف این گونه گیاهی غنی از ترکیبات فنلی می‌باشد؛ بنابراین این گونه جهت استفاده در صنعت داروسازی پیشنهاد می‌شود.

**کلیدواژه‌ها:** ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، تیره *Apocyanaceae* (زیر تیره *Periplocoideae*)، عوامل اکولوژیک خاک

## مقدمه

گیاه پیچیلوک (*Leptadenia pyrotechnica* Forsk. Decne)، عضوی از تیره‌ی *Apocyanaceae* (زیر تیره *Periplocoideae*) می‌باشد [1]. زیر تیره *Periplocoideae* بسیار تکامل یافته است که از ویژگی‌های آن، به وجود لاتکس و به‌هم پیوستگی سازمان یافته (synorganization) در گیاهان این تیره اشاره شده است که همه اجزای گل با هم در ارتباط یا به هم متصل هستند، برای مثال، اتصال نافه و مادگی به هم موجب تشکیل ژینوستژیوم (gynostegium)، اتصال جام گل و نافه منجر به تشکیل تاج و اتصال گرده‌ها موجب تشکیل دستگاه پولینی می شود. پیوستگی اندام‌های گل که موجب تغییر همزمان و جفت و جور شدن همه اندام‌های گل می‌شود یک ویژگی مهم تکاملی و نموی است که در تیره خرزهره و به ویژه در زیره تیره *Asclepiadoideae*، *Periplocoideae* و تیره ارکیده به حداکثر رسیده است. ارتباط یا اتصال اجزای گل به یکدیگر برای تشکیل یک ساختار پیچیده، به‌هم پیوستگی سازمان یافته یا synorganization نامیده می‌شود که در تکامل یافته‌ترین حالت بصورت یک واحد پیچیده (کمپلکس) منفرد یا یک اندام مجزا عمل می‌کند [1]، [2]، [3]. پیچیلوک گیاهی درختچه‌ای بسیار منشعب با ساقه سبز، گلهای سبز مایل به زرد، دوجنسی، پنج‌تایی و منظم است که گلدهی و میوه‌دهی آن از بهمن ماه تا مرداد ماه ادامه دارد [4]. گیاهی خشکی‌زی (گزروفیت) که می‌تواند در شرایط نامساعد آب و هوایی منطقه خشک با بارندگی بسیار کم به خوبی رشد کند. وجود ریشه گسترده گیاه، سبب شده است که گیاه به عنوان گزینه اصلی در جنگل‌کاری و برنامه های تثبیت تپه‌های شنی معرفی شود [5]. در مناطق شمال آفریقا، شبه جزیره عربستان و غرب هند، سومالی، مصر، امارات متحده عربی، قطر، بحرین، عربستان سعودی، پاکستان و ایران می‌روید [6]. در نواحی جنوبی ایران، سواحل خلیج‌فارس، کازرون، بندرعباس، جنوب استان کرمان نیز پراکنش دارد [7].

فرآورده‌های طبیعی که از منابع مختلف مانند گیاهان، قارچها و موجودات دریایی بدست می‌آیند از دوران باستان در درمان بیماری‌های متفاوت استفاده می‌شده‌اند و امروزه نیز، حدود ۳۵ درصد از داروهای موجود در بازار بطور مستقیم از آنها تهیه می‌شوند. گزارشاتی در مورد استفاده از بخش‌های مختلف گیاه مورد مطالعه در طب سنتی وجود دارد. همچنین، اهمیت تغذیه‌ای، اقتصادی و دارویی آن نیز گزارش شده است [4]، [8]. بررسی ترکیبات فعال زیستی در گیاهان، علاوه بر اهمیت آنها بعنوان مواد دارویی در ساخت مواد شیمیایی جدید دارویی نیز اهیمت دارد. ترکیبات بیوشیمیایی متعددی مانند فلاونوئیدها، اسیدهای فنولیک، آلکالوئیدها، اسیدهای چرب، ترپن‌ها، استرول ها، هیدروکربن‌ها، آمینواسید، و گلیکوزیدها در *L. pyrotechnica*، شناسایی شدند که دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی بوده و در درمان بیماری‌های متفاوت استفاده می‌شوند [6].

بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ضد التهابی عصاره اتانولی *Leptadenia pyrotechnica* در موش نشان داد تیمار خوراکی آن در درمان زخم روده موثر است [9]. فعالیت ضد باکتریایی ریشه و عصاره متانولی میوه آن در مهار رشد باکتری استافیلوکوکوس اپیدرمیدیس و استافیلوکوکوس اورئوس گزارش شده است [10]. بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدان، آنتی‌لیپواکسیژناز و سیتوتوکسیک عصاره اتانولی آبی بخش هوایی گونه نشان داد عصاره خام آن حاوی پنج ترکیب پلی‌فنلی (اسید گالیک، اسید وانیلیک، اسید کافئیک، اپی‌کاتچین و کوئرستین-گلوکوزید) بود که در آن اپی‌کاتچین، کوئرستین-گلوکوزید و اسید وانیلیک بیشترین غلظت را داشتند [11]. گزارش شده است که فعالیت ضد توموری گیاه عمدتاً به دلیل فلاونوئیدهای (کامفرول و کورستین) موجود در آن است [12].

گونه مورد مطالعه در مناطق گرم و خشک که دما در تابستان اغلب بین ۵۰-۴۰ درجه سانتی‌گراد است بصورت خودرو پراکنش وسیعی دارد. سیستم ریشه‌ای گسترده‌ای که گیاه دارد در جذب آب و بقای آن و نیز تثبیت خاک و حفظ محیط زیست نقش مؤثری دارد [13]. اکوسیستم‌های خاک و ریزوسفر توسط چندین عامل محیطی تحت تأثیر قرار می‌گیرند. ازآنجایی‌که یک اکوسیستم از برهم‌کنش عوامل زیستی و عناصر غیر زیستی متعدد تشکیل شده است، طبقه‌بندی آن‌ها و مطالعه آن‌ها به عنوان قطعات جداگانه دشوار است. از جمله این عوامل می‌توان به ساختار و نوع خاک، pH خاک، مواد مغذی خاک، عوامل جغرافیایی (ارتفاع، طول و عرض)، تغییرات آب و هوایی جهانی، اثرات افزایش تشعشع UV، $CO_2$ و دما و رطوبت اشاره کرد [14]. عوامل ادافیک، که شامل شیمی خاک، بافت خاک و توپوگرافی است، ممکن است اثرات قوی و قطعی بر ترکیب جامعه داشته باشد. حاصلخیزی خاک اثر معنی‌داری بر تجمع زیست‌توده درخت و نیز اثر حاشیه‌ای بر پراکنش نهال‌ها دارد. مواد مغذی خاک در توزیع گونه‌ها و رشد دانه‌رست و گیاهان بالغ نقش مؤثری دارند [15].

با توجه به افزایش تصاعدی جمعیت انسانی و افزایش تقاضا برای مواد خام، امروزه جستجو برای منابع طبیعی سازگار با محیط زیست پایدار ضروری است. پیچیلوک (*L. pyrotechnica*) یکی از گونه‌های گیاهی ارزشمند در عرصه‌های منابع طبیعی و بیابانی است. با توجه به مواردی چون شرایط اقلیمی گرم و خشک مناطق رویش گیاه، استقرار این گیاه در اراضی شنی و ماسه‌بادی، نیازهای اکولوژیکی پایین گیاه، کاربرد شیرابه یا لاتکس آن در درمان بیماری‌ها و خواص دارویی ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی، اهمیت ویژه این گیاه را نشان می‌دهد. ویژگی‌های بوم‌شناختی و پتانسیل آنتی‌اکسیدانی گونه دارویی *L. pyrotechnica* هنوز به خوبی در ایران مورد مطالعه قرار نگرفته است. بنابراین، در این پژوهش برخی فاکتورهای خاک از جمله بافت خاک، هدایت الکتریکی، pH و مقدار عناصر معدنی ضروری خاک جهت رشد و پراکنش گیاه مطالعه شدند. همچنین به دلیل اهمیت دارویی این گیاه، سنجش متابولیت‌های ثانویه از جمله ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی اندام‌های مختلف گیاه مورد مطالعه و مقایسه قرار گرفت. با توجه به ویژگی‌های سازشی و نیز ساختار منحصر به‌فرد گل و اجزای آن در تیره خرزهره، در این مطالعه ویژگی‌های ساختار کلی گیاه و نیز ویژگی‌های تکاملی ساختارهای زایشی بررسی شدند.

## مواد و روش‌ها

### آماده‌سازی نمونه‌های خاک

برای بررسی خاک، از همه مناطق پراکنش گیاه در جنوب استان کرمان (جیرفت، کهنوج، قلعه گنج و منوجان) نمونه‌برداری انجام شد. برای این منظور، نمونه‌برداری بر اساس طرح بطور کامل تصادفی و با ۳ تکرار، از عمق ۱۵ سانتیمتری جمع‌آوری گردید. نمونه‌ها در هوای آزاد خشک و پس از عبور از الک ۲ میلی‌متری، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آنها شامل مطالعه بافت خاک، هدایت الکتریکی (EC)، pH، کربن آلی خاک و عناصر معدنی با دستگاه ICP-OES (مدل ۷۳۵ ES6، Varian، استرالیا) مورد تجزیه و بررسی قرار گرفت [16]. مختصات جغرافیایی مناطق مورد مطالعه در **جدول ۱** نشان داده شده است.

**جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه‌ی مناطق پراکنش گیاه پیچیلوک (*L. pyrotechnica*)**

**Table 1- Characteristics of the studied locations in the distribution areas of *L. pyrotechnica***

| location | Longitude | Latitude | Altitude |
|---|---|---|---|
| Jiroft | 57° 44′ 26″ | 28° 40′ 41″ | 720 m |
| Kohnuj | 57° 69′ 96″ | 27° 94′ 49″ | 505 m |
| Ghaleganj | 57° 88′ 04″ | 27° 52′ 50″ | 409 m |
| Manojan | 57° 49′ 68″ | 27° 39′ 92″ | 347 m |

### جمع‌آوری نمونه‌های گیاهی

نمونه‌های شاخساره (Shoot) و گل گیاه پیچیلوک (*L. pyrotechnica*) در اسفند و میوه و دانه گیاه در خرداد از مناطق مختلف پراکنش گیاه در جنوب استان کرمان(جیرفت، کهنوج، قلعه گنج و منوجان) جمع‌آوری شدند. جهت سنجش انواع متابولیت‌های ثانویه نیز ابتدا بخش‌های رویشی و زایشی جدا و در سایه و دمای محیط خشک شدند. پس از آسیاب کردن نمونه‌های خشک شده، از هر کدام به طور جداگانه جهت سنجش متابولیت‌های ثانویه گیاه استفاده شد.

**مطالعه ساختارهای رویشی و زایشی:** در آزمایشگاه مطالعات ریخت‌شناختی با استریومیکروسکوپ (مدل TL2، شرکت Olympus، آلمان) و در مواردی (تصویر کلی گیاه در رویشگاه و نیز تصویر میوه و اجزای آن) نیز بدون میکروسکوپ و بصورت چشمی انجام شد.

### سنجش متابولیت‌های ثانویه

**عصاره‌گیری ترکیبات فنولی:** میزان فنل کل و فلاونوئید کل به روش Al-Farsi و همکاران (۲۰۰۵) [17] اندازه‌گیری شد. بدین منظور، ۰/۲ گرم بافت خشک گیاه با ۴ میلی لیتر متانول ۸۰ درصد سائیده و به مدت ۲ ساعت شیکر و سپس ۱۵ دقیقه در 1000 ×g سانتریفیوژ شد. روشناور مورد تجزیه و بررسی قرار گرفت.

**سنجش ترکیبات فنلی کل:** محتوای فنلی با استفاده از معرف فولین- سیوکالتو بررسی شد. بر اساس این روش، ۲۰۰ میکرولیتر عصاره با ۱/۵ میلی‌لیتر معرف فولین مخلوط و پس از ۵ دقیقه در شرایط آزمایشگاه، ۱/۵ میلی لیتر محلول بی‌کربنات سدیم (۶۰ گرم بر لیتر) به آن اضافه شد. محلول حاصل ۹۰ دقیقه در دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد نگهداری و سپس جذب در طول‌موج ۷۶۰ نانومتر با اسپکتوفتومتر خوانده شد. با استفاده از منحنی استاندارد گالیک اسید، غلظت ترکیبات فنلی بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن خشک محاسبه گردید [17].

**سنجش محتوای فلاونوئید کل:** با روش رنگ‌سنجی آلومینیوم‌کلراید انجام شد. ۲۵۰ میکرولیتر از عصاره‌های متانولی گیاه ۵ درصد (متانول ۸۰ درصد) با ۱/۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر و ۷۵ میکرولیتر از نیتریت سدیم 5% ($NaNO_2$) مخلوط و پس از ۶ دقیقه، ۱۵۰ میکرولیتر کلرید آلومینیوم (۱۰٪ متانولی) به آن اضافه شد. پس از ۵ دقیقه، ۰/۵ میلی‌لیتر سدیم هیدروکسید یک مولار به آن اضافه و با آب مقطر به حجم ۲/۵ میلی لیتر رسانده شد. پس از ۳۰ دقیقه در شرایط آزمایشگاه، جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۱۰ نانومتر اندازه‌گیری و مقدار فلاونوئید با منحنی استاندارد کوئرستین بر اساس میلی‌گرم بر گرم وزن خشک محاسبه شد [18].

**سنجش محتوای آنتوسیانین کل:** در این روش، ۰/۲۵ گرم از بافت خشک نمونه‌ها با ۵ میلی‌لیتر محلول متانول اسیدی (HCl 1%) ساییده و ۲۴ ساعت در تاریکی قرار داده شد. سانتریفیوژ نمونه‌ها در 4000 ×g به مدت ده دقیقه انجام و جذب روشناور در طول موج ۵۳۰ نانومتر خوانده شد. با استفاده از نمودار استاندارد آنتوسیانین سیانیدین-۳-گلوکوزید غلظت نمونه‌ها برحسب میلی‌گرم در گرم ماده خشک نمونه اندازه‌گیری شد [19].

**شناسایی و کمی سازی ترکیبات فنلی:** عصاره متانولی نمونه پودر شده با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر میلی لیتر آماده شد. بعد از سانتریفیوژ، محلول رویی از فیلترهای غشایی ۰/۴۵ میکرومتری، عبور داده شده و توسط دستگاه HPLC (Agilent 1200، آلمان) مورد آنالیز قرار گرفت. ستون مورد استفاده، C18 (Zorbax Eclipse XDB-C18; 150 × 4.6 mm, 5 µm) و حجم تزریق ۲۰ میکرولیتر بود. شستشو با نرخ جریان یک میلی لیتر بر دقیقه انجام شد. فاز متحرک شامل متانول به عنوان حلال A و اسیدفرمیک یک درصد در آب به عنوان حلال B بود. برنامه تعیین‌شده برای عبور فاز متحرک به صورت مراحلی بود که در ادامه ذکر می‌شود: ۱۰٪ حلال A و ۹۰٪ حلال B از زمان ۰ تا ۱۰ دقیقه، ۲۵٪ حلال A و ۷۵٪ حلال B از زمان ۱۰ تا ۲۰ دقیقه، ۶۰٪ حلال A و ۴۰٪ حلال B از زمان ۲۰ تا ۳۰ دقیقه، ۷۰٪ حلال A و ۳۰٪ حلال B از زمان ۳۰ تا ۴۰ دقیقه. پیک ها در دو طول‌موج ۲۸۰ و ۳۲۰ نانومتر مشاهده شدند. ۱۷ استاندارد شامل سیناپیک اسید، گالیک اسید، الاژیک اسید، رزمارینیک اسید، کلروژنیک اسید، کافئیک اسید، پی کوماریک اسید، ترانس فرولیک اسید، کاتچین، کوئرستین، کومارین، کارواکرول، وانیلین، هسپریدین، ائوژنول، هسپرتین و تیمول، مورد استفاده قرار گرفتند [20].

**تجزیه و تحلیل آماری:** تجزیه و تحلیل‌های آماری در این مطالعه طبق طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار صورت گرفته و داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1.3 تحت آنالیز واریانس قرار گرفته و اختلاف میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ٪۹۵ مقایسه شدند.

## نتایج و بحث

### پراکنش *L. pyrotechnica* و ویژگی‌های خاک مناطق مختلف

پراکنش گیاه پیچیلوک در استان کرمان، از جیرفت که پراکنش به نسبت کمی دارد شروع می‌شود اما به سمت مناطق جنوبی پراکنش گسترده‌تری داشته اما بیشترین پراکنش در مسیر کهنوج- منوجان دیده شد به‌طوری که اغلب در کنار گیاه مادر، پایه‌های جوان‌تر این گیاه با تراکم بالایی دیده می‌شوند و پراکنش آن تا استان هرمزگان ادامه دارد. ارتفاع گیاه به حدود ۳ متر می‌رسد که به زیستگاه آن بستگی دارد. ساقه گیاه بسیار منشعب است و اغلب در کنار گیاه شیر بادام (*Periploca aphylla*) و استبرق (*Calotropis* procera) رویش می‌کند. زمان گل‌دهی بهمن تا فروردین‌ماه و زمان میوه‌دهی اردیبهشت تا مرداد ماه است. نتایج ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و عناصر خاک مناطق مختلف پراکنش گیاه در جنوب استان کرمان در **جدول ۲** ارائه شده است. نوع بافت خاک مناطق، شنی و شنی- لومی است. بالاترین مقدار pH (۷/۹) در منطقه منوجان و کمترین مقدار آن (۷/۲) در منطقه جیرفت دیده شد. دامنه تغییرات اسیدیته خاک جوامع گیاهی بین خنثی تا قلیایی ضعیف ثبت شد. Ec خاک غیر شور و یا با شوری متوسط تا کم بود.

کمترین میزان Ec خاک مربوط به منطقه کهنوج و منوجان (غیر شور) و بیشترین آن مربوط به منطقه جیرفت (شوری متوسط) مشاهده شد. مقایسه آنالیز عناصر درشت مغذی در مناطق مورد بررسی رشد گیاه نشان داد که مناطق با پراکنش گسترده‌تر گونه، مقدار عناصر درشت مغذی پایین تری دارند. به‌طوری که در جیرفت که تمام عناصر درشت مغذی بیشترین مقدار را دارند کمترین پراکنش را نشان داد. بررسی عناصر ریز مغذی تفاوت معنی داری را بین مناطق مختلف پراکنش گیاه نشان نداد (**جدول ۲**).

**جدول ۲- خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و عناصر خاک مناطق پراکنش گیاه پیچیلوک (*L. pyrotechnica*)**

**Table 2- Physical, chemical and soil elements properties of L. *pyrotechnica***

| Physical and chemical parameters of soil | Jiroft | Kohnuj | Ghaleganj | Manojan |
|---|---|---|---|---|
| Texture | Sandy loam | Sand | Sandy loam | Sand |
| pH | 7.2±0.06c | 7.4±0.01bc | 7.6±0.06b | 7.9±0.05a |
| Ec (ds/m) | 5.6±0.2a | 1.3±0.1b | 3.9±0.2ab | 1.5±0.15b |
| organic Carbon | 0.7±0.06a | 0.44±0.05b | 0.3±0.04bc | 0.16±0.03cd |
| Ca (p.p.m) | 619±26a | 160± 12.5c | 360±18b | 113±24.7cd |
| Mg (p.p.m) | 233±16a | 26±1.4 cd | 48.5±14.6bc | 102±19 b |
| K (p.p.m) | 368±14 a | 140±1.15c | 295±16.7ab | 59±4.7d |
| P (p.p.m) | 18±0.2 a | 17±0.1 a | 7.3±0.8b | 6±0.3bc |
| Na(p.p.m) | 163±40.7b | 72±22c | 395±18.7a | 94±4.5bc |
| Fe(p.p.m) | 0.83±0.16ab | 1.3±0.2ab | 1.5±0.2a | 1±0.15ab |
| Mn(p.p.m) | 0.82±0.07b | 0.7±0.05b | 2.2±0.1a | 0.6±0.02b |
| Cu(p.p.m) | 0.16±0.03b | 0.2±0.02b | 0.3±0.01ab | 0.15±0.03b |
| Zn(p.p.m) | 0.1 ±0.01b | 0.22±0.03ab | 0.15±0.03b | 0.2±0.01ab |

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵درصد، اختلاف معنی‌داری ندارند.

In each column, the means with at least one common letter are not significantly different based on Duncan's test at the 5 % probability level.

## ریخت‌شناسی ساختارهای رویشی و زایشی *L. pyrotechnica*

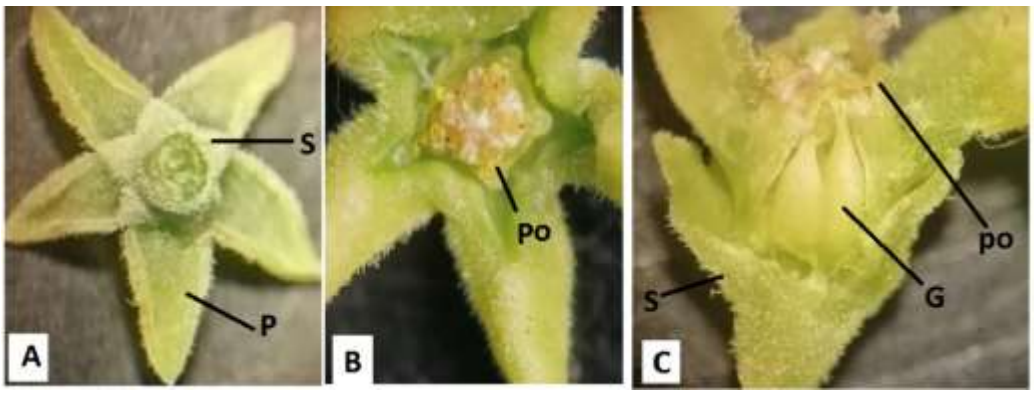
گیاهان این گونه درختچه‌هایی افراشته با انشعابات زیاد و ساقه‌های همیشه سبز فتوسنتز کننده هستند (**شکل A– C ۱**). بطور معمول، این گونه فاقد برگ می‌باشد اما در برخی مزارع که آبیاری می‌شوند برخی گیاهان دارای تعداد محدودی برگ نواری کوچک و زودافت می‌باشند. گل‌ها در گل‌آذین‌های گرزن مرکب آرایش یافته‌اند که در نمای بیرونی سرمانند دیده می‌شوند (**شکل A ۱**).

**شکل ۱- ساختار گیاه و بخش زایشی آن در پیچیلوک (*L. pyrotechnica*) A: نمای درختچه‌ای گیاه با ساقه سبز، گل‌آذین گرزن چندتایی سر مانند، B و C: نمو گل‌آذین و تشکیل میوه مجتمع (B) که طی بلوغ به میوه برگه دوتایی (C) تبدیل می‌شود**

**Figure 1- The structure of the plant and its reproductive part in *L. pyrotechnica*. A- Shrub View of plant with green stem, multiple Cyme inflorescences (head-like), B and C-Inflorescence development and multiple fruit formation that turns into a double follicle fruit during maturity**

گلپوش ۵ تایی و دارای کاسبرگ‌ها و گلبرگ‌های ضخیم و کرک‌دار (کرک حفاظتی یا پوششی) است ( شکل .(A-C2جام گل سبز رنگ، گوشتی، پیوسته‌گلبرگ با کرک‌های فراوان در سطح پشتی می‌باشد که طی نمو به رنگ زرد روشن در می‌آید. لبه گلبرگ‌ها به سمت درون متمایل و بهم متصل شده که حالت مهمیز مانند ایجاد می‌کند (**شکل A–C ۲**) ویژگی دیگر گل تشکیل ژینوستژیوم

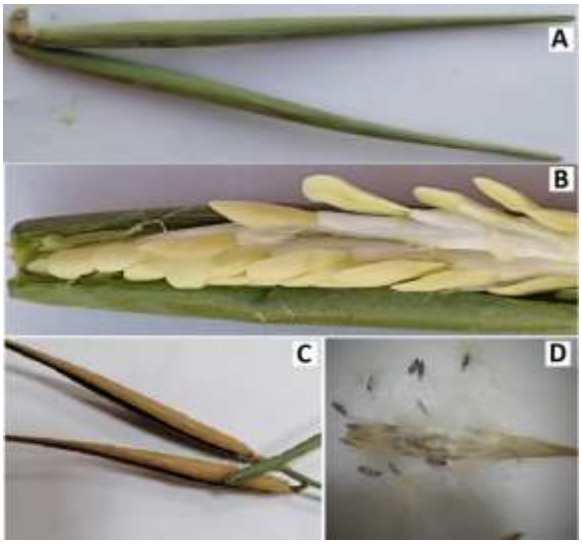
است که یک ساختار ویژه در این گیاهان است و از اتصال مادگی و نافه حاصل می‌شود (**شکل ۲ A–C**). ویژگی سازمان یافته دیگر این گونه، تشکیل پولیناریوم است که از اجتماع دانه‌های گرده با هم تشکل شده است بدین صورت که دانه‌های گرده هر نیمه بساک بهم متصل شده و یک توده گرده‌ای بنام پولینی را تشکیل می‌دهند که با پولینی نیمه بساک مجاور که توسط رابط به هم متصل هستند دستگاه پولیناریوم را تشکیل می‌دهند (**شکل ۲ B, C**).




**شکل ۲- ساختار گل در پیچیلوک (*L. pyrotechnica*). نمای بیرونی (A) و درونی (B) گل (ساختار ضخیم و کرک مانند گلپوش دیده می‌شود. در بخش میانی شکل B، ژینوستژیوم و دستگاه پولیناریوم دیده می‌شود. در C، نمای طولی گل، گلپوش ضخیم و کرک‌دار، مادگی، ژینوستوژیوم و دستگاه پولیناریوم دیده می‌شود. S: کاسبرگ‌ها، P: گلبرگ‌ها، Po: دستگاه پولیناریوم، G: مادگی**

**Figure 2- Flower structure in *L. pyrotechnica*. External (A) and internal (B) views of the flower (the thick and hairy structure the perianth can be seen. In the middle part of figure B, the gynostegium and the pollinarium apparatus can be seen. In C, the longitudinal view of the flower, the thick and hairy perianth, pistil, gynostogium and the pollinarium apparatus can be seen, S: Sepals, P: Petals, Po: Pollinarium apparatus, G: Gynoecium**

طی نمو گل، در هر گل‌آذین که دارای حدود ۲۱-۱۵ گل است فقط یک گل مادگی زایا تولید می‌کند که دو برچه‌ای با تخمدان فوقانی می‌باشد (**شکل C، B ۱**). مادگی دو برچه‌ای با تخمدان فوقانی است که در بخش‌های پایینی آزاد اما کلاله آنها بهم متصل است (**شکل ۲C**). دو برچه طی نمو میوه برگه یا فولیکل را تشکیل می‌دهند که بطور غالب هر دو برگه بصورت آویزان مجاور هم قرار می‌گیرند اما گاهی نیز فقط یک برچه به بلوغ نهایی می‌رسد و میوه بصورت برگه منفرد دیده می‌شود (**شکل های ۱C و C، A ۳**). فرابر میوه‌ها ابتدا سبز رنگ و نرم می‌باشد که طی نمو سخت، چوبی و قهوه‌ای رنگ می‌شود. میوه دارای دانه‌های زیادی است که دانه‌ها نیز ابتدا سبز و نرم هستند و طی نمو زرد و در نهایت سخت و قهوه ای می‌شود. درون میوه، دانه‌ها با نظم بسیار قابل‌توجهی روی هم چیده شده‌اند که هر دانه یک توده از تارهای ابریشمی سفید را در یک انتهای خود ایجاد می‌کند (**شکل ۳A–D**).

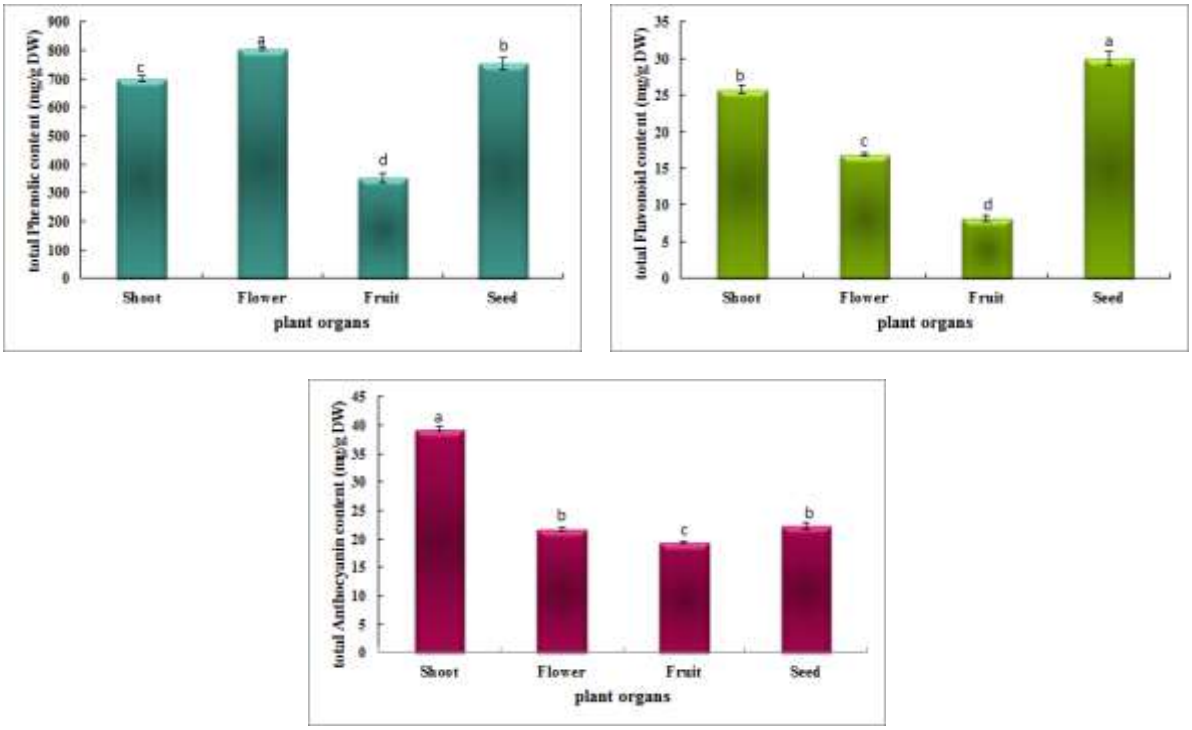



**شکل ۳- ساختار میوه و دانه پیچیلوک (*L. pyrotechnica*). B و A- میوه و دانه نابالغ، C و D- میوه و دانه بالغ و تارهای آن**

**Figure 3- Fruit and seed structure of *L. pyrotechnica*. A, B- immature fruit and seed, C and D, mature fruit, seed and its hairs**

## میزان ترکیبات آنتی‌اکسیدانی (سنجش با اسپکتروفتومتری)

محتوای فنل کل، فلاونوئید کل و آنتوسیانین کل: نتایج حاصل از آنالیز آماری داده‌ها نشان داد که بیشترین محتوای فنل کل در گل و کمترین آن در میوه مشاهده شد. فلاونوئید کل در دانه بیشترین و در میوه کمترین مقدار را داشته است. بیشترین محتوای آنتوسیانین کل در شاخساره و کمترین آن در میوه مشاهده شد (**شکل ۴**).




**شکل ۴- محتوای فنل، فلاونوئید و آنتوسیانین کل بخش‌های مختلف گیاه *L. pyrotechnica*. داده‌ها میانگین ۳ تکرار± SE است. بر اساس آزمون دانکن حروف متفاوت، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار (P≤0.05) می‌باشند**

**Figure 4- Total Phenol, flavonoid and anthocyanin content of different parts of *L. pyrotechnica*. Data are mean of 3 replicates ± SE. According to Duncan's test, different letters indicate a significant difference (P≤0.05)**

## نیمرخ ترکیبات فنلی بخش‌های مختلف گیاه *L. pyrotechnica* با HPLC

همانگونه که در **جدول ۳** نشان داده شده‌است، از بین ۱۱ ترکیب شناسایی شده در *L. pyrotechnica*، ترکیب کاتکین در گل و دانه، کافئیک اسید فقط در دانه، کوئرسیتین در شاخساره، ائوژنول نیز در شاخساره و دانه و هسپرتین در شاخساره و میوه شناسایی شدند. مقایسه محتوای ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی شاخساره گیاه، نشان داد که ۹ ترکیب شناسایی شده، به‌ترتیب مقدار شامل گالیک اسید، فرولیک اسید، هسپردین، ائوژنول، کوئرسیتین، هسپرتین، کلروژنیک اسید، وانیلین و p-کوماریک اسید می‌باشد (**جدول ۳**).

نتایج شناسایی ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی گل گیاه *L. pyrotechnica*، نشان داد که از ۵ ترکیب شناسایی شده، بالاترین میزان مربوط به هسپردین و پس از آن کاتکین و فرولیک اسید بوده است، در حالی که وانیلین کمترین میزان را در گل داشته است (**جدول ۳**). بررسی ترکیبات فنلی در میوه گیاه *L. pyrotechnica*، نشان داد که ۷ ترکیب شناسایی شده، به‌ترتیب مقدار شامل گالیک اسید، هسپردین، فرولیک اسید، -pکوماریک اسید، وانیلین، هسپرتین و کلروژنیک اسید می‌باشد (**جدول ۳**). مطابق داده‌های **جدول ۳**، ترکیب فنلی کافئیک اسید، فقط در دانه شناسایی شد. مقایسه محتوای ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی شناسایی شده در دانه نشان داد که میزان ۸ ترکیب شناسایی شده، به‌ترتیب شامل گالیک اسید، هسپردین، کاتکین، کلروژنیک اسید، فرولیک اسید، ائوژنول، کافئیک اسید و وانیلین می‌باشد.

نتایج حاصل از مقایسه ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی در اندام‌های مختلف گیاه *L. pyrotechnica* نشان داد که بیشترین میزان ترکیب فنلی گالیک اسید در میوه و کمترین آن مربوط به شاخساره است. میزان ترکیب فنلی کاتکین در گل و دانه تفاوت معنی‌داری نشان نداد. کافئیک اسید فقط در دانه شناسایی شد. بیشترین و کمترین میزان کلروژنیک اسید به ترتیب در دانه و میوه مشاهده شد. بیشترین میزان ترکیب فنلی وانیلین و کوماریک اسید در میوه شناسایی شد. ترکیب فنلی فرولیک اسید، بیشترین میزان را در شاخساره و کمترین آن را در دانه نشان داد. ائوژنول فقط در شاخساره و دانه شناسایی و تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. بیشترین میزان ترکیب فنلی هسپردین در دانه و کمترین آن در شاخساره مشاهده شد. هسپرتین نیز در شاخساره و میوه مشاهده و میزان آن در شاخساره بیشتر بود. ترکیب فلاونوئیدی کوئرسیتین فقط در شاخساره شناسایی شد. نتایج کلی ترکیبات فنلی و فلاوئوئیدی نشان داد که ترکیب فنلی غالب در شاخساره، میوه و دانه، گالیک اسید و در گل، هسپردین می‌باشد (**جدول ۳**).

**جدول ۳- مقادیر کمی ترکیبات فنلی استخراج شده از اندام‌های مختلف *L. pyrotechnica* (میلی گرم بر صد گرم وزن خشک± خطای استاندارد)**

**Table 3- Quantities of phenolic compounds extracted from different organs of *L. pyrotechnica* (mg/100g dry weight ± standard error)**

| Phenolic compounds (mg/100g DW) | Shoot | Flower | Fruit | Seed |
|---|---|---|---|---|
| Gallic acid | 321.6±2.8 | - | 516±2.8 | 365±5.7 |
| Catechin | - | 39.6±0.2 | - | 39±0.5 |
| Caffeic acid | - | - | - | 7.8±0.1 |
| Chlorogenic acid | 1.27±15 | 5.2±0.1 | 0.9±0.05 | 25.2±0.1 |
| Vanillin | 1.16±0.09 | 1.4±0.08 | 7±0.04 | 0.25±0.1 |
| Ferulic acid | 49.35±0.2 | 25.4±0.2 | 28.5±0.27 | 23.8±0.1 |
| p-Coumaric acid | 041±0.01 | rare | ۱۶/۵±۰/۲۸ | rare |
| Eugenol | 15.03±0. 3 | - | - | 14.7±0.1 |
| Hesperdin | 20.86±0.08 | 59.8±.09 | 50.8±0.11 | 143.5±0.2 |
| Hespertin | 8.23±0.13 | - | 5.7±0.13 | - |
| Quercetin | 12.42±0.3 | - | - | - |
| Sinapic acid | - | - | - | - |
| Coumarin | - | - | - | - |
| Carvacrol | - | - | - | - |
| Ellagic acid | - | - | - | - |
| Rosmaric acid | - | - | - | - |
| Thymol | - | - | - | - |

*Leptadenia* جنس مهمی از تیره Apocynaceae (زیرتیره *Periplocoideae*) است که گونه پیچیلوک (*L. pyrotechnica* Decne) در مناطق جنوبی ایران پراکنش دارد. اگرچه گزارشاتی وجود دارد که گیاه فاقد برگ است [21] اما در منطقه مورد مطالعه، گیاهان رشد یافته در مزرعه که شرایط آبی بهتری دارند برگ‌ها در شاخه‌های انتهایی بصورت مشخص آشکار هستند اما این برگ‌ها نیز خیلی زود می‌ریزند.

گیاهان تیره خرزهره سازش محیطی بالایی دارند و در شرایط سخت محیطی شامل دمای بالا و خشکی زیاد مقاومت می‌کنند و در تابستان‌های گرم که کمتر گیاهی در منطقه قابل رویش است این گونه مقاوم و پراکنش بالایی نشان می‌دهد [13]. برای سازش در این منطقه، گونه گیاهی ویژگی‌های سازشی مختلفی از جمله فقدان برگ‌ها یا زودافتی آنها را نشان می‌دهد اما ساقه به نسبت سخت، سبز و فتوسنتز کننده است. همچنین، دم‌گل و گلپوش کرک‌های فراوانی دارند و ضخامت کاسبرگ و گلبرگ زیاد و قابل توجه می‌باشد. این ویژگی‌های گلپوش، سبب کاهش سرعت تبخیر و نیز افزایش انعکاس اشعه‌های خورشیدی می‌شود و بدین طریق مقاومت ساختار گل را که ظریف و حساس بوده افزایش می‌دهد.

برهم‌کنش بین گیاهان و گرده‌افشان‌های آنها نقش اصلی در تنوع گیاهان دارد. تنوع گونه‌ای باعث ایجاد روش‌های تکاملی سازش با گرده‌افشان‌های ویژه می‌شود. تیره خرزهره که یکی از بزرگ‌ترین ۱۲-۱۰ تیره نهاندانگان (۵۳۵۰ گونه) است و پراکنش جغرافیایی گسترده‌ای دارد یک گروه خاص و جالب برای مطالعات گرده‌افشانی می‌باشد. گل در این تیره، سطوح مختلفی از سازمان‌یافتگی را نشان می‌دهد که به تسهیل گرده‌افشانی کمک می‌کند. از جمله این ویژگی‌ها اتصال نافه به مادگی و تشکیل ژینوستژیوم می‌باشد. نافه دارای ۵ پرچم است که بساک‌های آن به کلاله متصل بوده و این مجموعه ژینوستوژیوم را تشکیل می‌دهد. با توجه به اندازه به‌نسبت بزرگ کلاله، دسترسی حشرات به آن آسان شده و نزدیک بودن بساک‌ها به آن، شانس ملاقات حشرات به بساک را افزایش داده و گرده‌افشانی را تسهیل می‌کند. ویرگی قابل توجه دیگر دستگاه پولیناریوم است که در اتصال دانه‌های گرده به یکدیگر و نیز در اتصال دو نیمه بساک به هم نقش دارد. همانطور که در شکل C2 نشان داده شده است مجموعه گرده‌های هر نیمه بساک بهم متصل شده و یک ساختار گلابی شکل (بخش متمایل به زرد شفاف (ژله مانند)) را تشکیل می‌دهند. اتصال این ساختارهای گلابی شکل ژله مانند توسط رابط قهوه‌ای رنگ، اتصال گرده‌های دو نیمه بساک را فراهم کرده و دستگاه پولیناریوم را تشکیل می‌دهد که

سبب افزایش گرده‌افشانی می‌گردد. بنابراین، در این گونه، مشابه استبرق [3] و برخی گونه‌های دیگر این تیره [22]، [23] اتصال اجزای گل دیده می‌شود. در این مطالعات، گزارش شده است که در این تیره، سازمان‌یافتگی گلی ویژه‌ای دیده می‌شود که در گل‌های دیگر معمول نیستند [22]، [24]. پیوستگی اندام‌های گل که موجب تغییر هم‌زمان و جفت‌وجور شدن همه اندام‌های گل می‌شود یک ویژگی نموی و تکاملی مهم است که در تیره خرزهره قابل‌توجه است. این ارتباط یا اتصال اجزای گل به یکدیگر برای تشکیل یک ساختار ویژه و پیچیده، بهم پیوستگی سازمان یافته نامیده می‌شود که در حالت خیلی پیشرفته به‌صورت یک واحد پیچیده (کمپلکس) منفرد متشکل از اجزای گل و یا به‌صورت یک اندام جداگانه عمل می‌کند [۳]، [22]، [23]. گزارشاتی که در مورد اهمیت این ساختار تا کنون ذکر شده است به نقش آن در تسهیل گرده‌افشانی ذکر شده است و بعلاوه بعنوان یک ساختار تکاملی پیشرفته معرفی شده است.

میوه برگه و اغلب دو تایی و آویزان می‌باشد که هر برگه بطول حدود ۵ سانتی‌متر می‌رسد. دانه‌های فراوانی روی محور میانی هر میوه قرار دارند که طی بلوغ قهوه‌ای و سخت می‌شوند که به حفظ آب دانه کمک می‌کند. این یک نوع سازگاری برای گیاهان مناطق گرم و خشک محسوب می‌شود. یک دسته تار ابریشمی سفیدرنگ در انتهای دانه‌ها به صورت متراکم وجود دارد که ابتدای نمو دانه به وجود می‌آیند و در پراکندگی دانه توسط باد کمک می‌کنند. این تارها از ابتدا سفید و بدون تغییر رنگ باقی می‌مانند اتصال تارها به دانه‌ها بسیار سست بوده و با کوچک‌ترین ضربه از آنها جدا می‌شوند.

نتایج بدست آمده از سنجش متابولیت‌های ثانویه، نشان داد که میزان فنلیک‌های کل در اندام‌های مختلف متفاوت بود. بیشترین محتوای فنل کل، فلاونوئید کل و آنتوسیانین کل به‌ترتیب در گل، دانه و شاخساره مشاهده شد. همچنین، نیمرخ ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی نشان داد که میزان و تعداد آنها در بخش‌های مختلف گیاه متفاوت بود. در مجموع ۱۱ ترکیب شناسایی شد که در شاخساره ۹ ترکیب، در گل ۵، در میوه ۷ و در دانه ۸ ترکیب شناسایی شدند. برخی ترکیبات به میزان نادر، برخی در اندام ویژه‌ای و برخی استانداردهای بررسی شده در هیچ اندامی شناسایی نشدند. ترکیب فنلی غالب در شاخساره، میوه و دانه، گالیک اسید و در گل، هسپردین ثبت شد. کاتکین فقط در گل و دانه، کافئیک اسید در دانه، کوئرسیتین در شاخساره، ائوژنول در شاخساره و دانه و هسپرتین نیز فقط در شاخساره و میوه شناسایی شدند. با مقایسه تمام ترکیبات فنلی شناسایی شده گیاه، گالیک اسید بیشترین و p- کوماریک اسید کمترین مقدار را داشت. بنابراین یافته‌های این پژوهش بیانگر آن است که کمیت و کیفیت متابولیت‌های ثانویه در دو بخش رویشی و زایشی و اندام‌های مختلف گیاه پیچیلوک متفاوت است. Bystricka و همکاران گزارش کردند که غلظت و تنوع پلی‌فنل‌ها در اندام‌های گیاه، به گونه، نوع اندام و مراحل رشد گیاه بستگی دارد [25]. گزارش شده است که اندام‌های مختلف *L. pyrotechnica* به طور سنتی در درمان حدود ۵۳ بیماری‌های انسان و دام در کشورهای بومی گیاه از جمله در آفریقا و آسیا استفاده می‌شود. در استان هرمزگان مطالعه گیاه شناسی قومی (ethnobotanical) نشان داده است که از پودر بخش‌های هوایی گیاه به عنوان ضد نفخ و در درمان زگیل و بیماری قارچی پوستی استفاده می‌شود [4]، [6]، [26].

بررسی عصاره اتانولی *Leptadenia pyrotechnica*، نقش آن را بعنوان آنتی‌اکسیدان، ضد اسپاسم، ضدالتهاب، آنتی‌هیستامین، ضد باکتری و ضد قارچی گزارش کرده است که این خواص به ترکیبات فلاونوئیدی، استروئیدی و آلکالوئیدی آن نسبت داده شده است [9]، [27]. همچنین، گزارش شده است که بخش‌های سبزرنگ لپتادنیا حاوی پروتئین، کلسیم، فسفر آهن و ویتامین C، ترپن، فلاونوئید و آلکالوئید می‌باشد. بطور مشابه با مطالعه حاضر، جاوید و همکاران نیز وجود وانیلیلیک اسید، کوئرستین، کافئیک اسید و گالیک اسید در این گیاه را گزارش کردند [27]. ریشه و اندام هوایی این گیاه در ترمیم زخم موش، روماتیسم و عصاره الکلی آن در درمان تومور عصاره ریشه در درمان آسم و بیماری‌های معده مؤثر بوده است. این گیاه با کاهش سطح گلیکوژن سطح گلوکز خون را در کبد کاهش می‌دهد و عصاره متانولی می‌تواند به کاهش سطح کلسترول، تری گلیسیرید و سموم می‌شود. در پاکستان این گیاه در درمان چاقی یا اختلالات ایجادشده در برخی هورمون‌ها و در یمن در درمان نارسایی کلیه مورد توجه است [27]. متابولیت‌های ثانویه دامنه وسیعی از ترکیبات را تشکیل می‌دهند که بعنوان ترکیبات دارویی، چاشنی‌های غذایی، حشره‌کش‌ها و رنگ‌های طبیعی استفاده می‌شوند. این ترکیبات در فرایندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی به‌ویژه در مقابله با تنش‌های زیستی و غیر زیستی نقش مهمی دارند. گروه مهمی از این ترکیبات، فنل‌ها و فلاونوئیدها هستند تقریباً در همه گیاهان به طور گسترده توزیع می‌شوند. خواص و عملکردهای مختلفی برای این گیاهان شامل موارد زیر گزارش شده است: آنتی‌اکسیدان، ضد سرطان، ضد دیابت، در درمان بیماری‌های قلبی عروقی، ضد التهاب، اثرات محافظتی در اختلالات عصبی، ضد میکروبی، ضد ویروسی، ضد زخم، ضد پوکی استخوان، محافظ کبد، شل‌کننده عروق، ضد آترواسکلروتیک، ضد ترومبوژنیک، ضد اضطراب و بسیاری از اثرات درمانی دیگر [28]، [29].

با توجه به اینکه گیاه در مناطق شنی بیابانی گرم و خشک جنوب استان کرمان با تولید زیست توده بالا قابلیت رشد دارد هم می‌تواند یک منبع بالقوه برای متابولیت‌های ثانویه باشد و هم می‌تواند یک گزینه مناسب برای تثبیت خاک و حفظ محیط زیست باشد. مطالعات به نقش مهم آن در تثبیت خاک در صحرای شنی عربستان و مصر اشاره کرده است که بعنوان یک گیاه پیشرو، تپه‌های ماسه‌ای را به دلیل سیستم ریشه‌ای طولانی و گسترده حفظ می‌کند [13]، [21]. تشکیل اجتماعات گیاهی همواره تحت تأثیر عوامل اقلیمی و خاکی قرار می‌گیرد. طبق استنباط‌های کلاسیک عامل خاک بعد از اقلیم دومین عامل مهم محیطی تأثیرگذار بر نحوه پراکنش گیاهان و ایجاد سیمای رویشی خاص جوامع گیاهی است [14]. خاک یک محیط بسیار پیچیده فیزیکی، شیمیایی و زیستی است و عوامل متعدد خاکی می‌توانند رابطه خاک و گیاه را تحت تأثیر قرار دهند. با توجه به موارد مذکور می‌توان بیان کرد که خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک هر کدام به نحوی در استقرار، رشد و پراکنش گیاه پیچیلوک نقش دارند و رشد، فتوسنتز و تولید متابولیت‌های ثانویه گیاه را تحت تأثیر قرار داده است. گزارش شده است فرآیندهایی که پراکنش و فراوانی گیاهان را محدود می‌کنند، مستقیماً با ویژگی‌های خاک در ارتباط هستند [13]، [30]. بررسی پراکنش و رشد درختچه استبرق (*Calotropis procera*) نشان داده است که خاک های با محتوای ماسه بالا، EC کم و pH زیاد را ترجیح می‌دهد [30]. بررسی خاک منطقه پراکنش گیاه مورد مطالعه، در پژوهش حاضر نیز نشان داد مشابه استبرق که هر دو گونه از تیره خرزهره هستند و اغلب در کنار یکدیگر رویش دارند در مناطقی که EC کم و pH زیاد بود بیشترین پراکنش مشاهده شد که مربوط به مسیر کهنوج-منوجان بود. همچنین خاک این دو منطقه شنی بود که با نتایج El-Keblawy و همکاران (۲۰۱۵) [30] همخوانی دارد. خاک سایر مناطق پراکنش گیاه شنی لومی، با EC بیشتر و pH کمتر بود. همانطور که نتایج محققان ذکر شده روی گونه‌های خشکی‌پسند و نیز نتایج این مطالعه نشان می‌دهد به نظر می رسد بافت، EC و pH خاک نقش مؤثری بر پراکنش گیاه دارند. همچنین در دو منطقه کهنوج و منوجان که پراکنش بالاتر گیاه را نشان دادند مقدار عناصر درشت مغذی پایین‌تر بود و در جیرفت با پراکنش پایین، بیشترین مقدار این عناصر ثبت شد که نشان می‌دهد گیاه نیاز غذایی خاصی ندارد یا به عبارتی در خاک‌های فقیر رشد بهتری دارد. مطالعه آنالیز خاک جمعیت‌های مختلف این گونه در کشور مصر نشان داده است که مقدار عناصر درشت مغذی خاک، پایین [13] و مشابه خاک مناطق مطالعه شده در این پژوهش است.

## نتیجه گیری

بررسی خاک منطقه پراکنش گیاه مورد مطالعه نشان داد که بیشترین پراکنش در خاک‌های شنی با EC پایین، pH بالا و در مسیر کهنوج - منوجان بود اما در سایر مناطق، که خاک شنی لومی، EC بیشتر و pH کمتر داشتند پراکنش گیاه کمتر بود. همچنین مقدار عناصر درشت مغذی در مسیر کهنوج - منوجان، کمتر و در جیرفت، بیشترین مقدار مشاهده شد که نشان می‌دهد گیاه نیاز غذایی خاصی ندارد و با حداقل عناصر تغذیه‌ای، قابلیت رشد و نمو و تولید زیست‌توده بالایی دارد. گونه مورد مطالعه و برخی گونه‌های دیگر این تیره، در تابستان‌های بسیار گرم و خشک منطقه که گاهی دما به حدود ۵۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد تنها پوشش گیاهی منطقه را در تابستان تشکیل می‌دهند. وجود گلپوش به‌نسبت ضخیم واجد کرک فراوان از ویژگی‌های سازشی در برابر شرایط سخت زیست‌محیطی است. ویژگی‌های قابل توجه دستگاه زایشی گیاه شامل ژینوستوژیوم و دستگاه پولینارویوم و نقش آن‌ها در گرده‌افشانی، ویژگی‌های تکاملی و پیشرفته گیاه را نشان می‌دهد. پوشش سخت دانه سبب حفاظت دانه و تارهای آن نقش مهمی در پراکنش گسترده گیاه داشته و به همین دلیل به پراکنش بذر و تشکیل گیاهان جدید کمک می‌کند. بیشترین محتوای فنل کل، فلاونوئید کل و آنتوسیانین کل به‌ترتیب در گل، دانه و شاخساره مشاهده شد. ترکیب فنلی غالب در شاخساره، میوه و دانه، گالیک اسید و در گل، هسپردین می‌باشد. وجود ترکیبات مهم از جمله کاتکین، کوئرستین، وانیلین و ... نشان می‌دهد که گیاه نقش مهمی در صنایع غذایی و دارویی و نیز در سازش گیاه در برابر شرایط تنشی سخت محیطی دارد. با توجه به مقاومت و پایداری گیاه *L. pyrotechnica* در زیستگاه‌های مربوط، نیاز غذایی پایین، نقش آن در ثبیت خاک و محیط زیست و نیز کاربردهای متعدد دارویی، پیشنهاد می‌شود که مطالعات دقیق‌تری در زمینه نیمرخ متابولومیکی گونه، و نیز اثرات ضد میکروبی، ضد حشره‌ای، علف کشی و سایر اثرات دارویی آن انجام شود. همچنین، مطالعات سیتوشیمیایی و بررسی ریزساختارهای حفاظتی و استحکامی آن به منظور بررسی ویژگی‌های سازشی گیاه دارای اهمیت است.

## اعلام تعارض منافع

نویسندگان اعلام می کنند که هیچ تضاد منافعی ندارند.

## سپاسگزاری

نگارندگان بر خود لازم می دانند از کلیه همکاران مرتبط با این پژوهش در دانشگاه پیام نور و دانشگاه شهید باهنر کرمان که تجیهزات لازم را فراهم نمودند تشکر و قدردانی نمایند.

## منابع

[1] Endress, M.E., Liede-Schumann, S. & Meve, U. (2014). An updated classification for *Apocynaceae*. *Phytotaxa, 159*, 175–194

[2] El-Taher, A. M., Gendy, A. E. N. G. E., Alkahtani, J., Elshamy, A. I., & Abd-ElGawad, A. M. (2020). Taxonomic implication of integrated chemical, morphological, and anatomical attributes of leaves of eight *Apocynaceae* taxa. *Diversity*, *12* (9), 334.

[3] Nejad Alimoradi, F. & Rezanejad, F. (2018). The Survey of synorganization of floral parts And pollinium and pollen germination and tube growth in *Calotropis procera* (*Asclepiadoideae*). *Journal of Developmental Biology, 10* (1), 21-32.

[4] Verma, N., Jha, K. K., Chaudhary, S., Singh, O., & Kumar, A. (2014). Phytochemistry, pharmacology and traditional uses of *Leptadenia pyrotechnica*- An important medicinal plant. *Indian Journal of Pharmaceutical and Biological Research, 2* (1), 128-134.

[5] Qureshi, R., Munazir, M., Abul-Soad, A.A., Jatoi, M.A. & Shabbir, G. (2012). In vitro callus induction protocol for *Leptadenia pyrotechnica* using various explants. *Journal of Medicinal Plants Research, 6*, 379–382.

[6] El-Fitiany, R. A., & Khasawneh, M. A. (2023). *Leptadenia Pyrotechnica* (Forsk.) Decne: from edibility to drug discovery (a comprehensive review). *Food Reviews International, 39* (9), 6834-6886.

[7] Zaeifi, M. (1999). Flora of Iran, No. 28: *Asclepiadaceae*. Tehran: Publication of Research Institute of Forests and Rangelands.

[8] Atanasov, A. G., Zotchev, S. B., Dirsch, V. M., & Supuran, C. T. (2021). Natural products in drug discovery: advances and opportunities. *Nature reviews Drug discovery*, *20* (3), 200-216.

[9] Alqasoumi, S. I., Soliman, G. A. E. H., Awaad, A. S., & Donia, A. E. R. M. (2012). Anti-inflammatory activity, safety and protective effects of *Leptadenia pyrotechnica*, *Haloxylon salicornicum* and *Ochradenus baccatus* in ulcerative colitis. *Phytopharmacology*, *2* (1), 58-71.

[10] Munazir, M., Qureshi, R., Arshad, M., & Gulfraz, M. (2012). Antibacterial activity of root and fruit extracts of *Leptadenia pyrotechnica* (*Asclepiadaceae*) from Pakistan. *Pakistan Journal of Botany*, *44* (4), 1209-1213.

[11] Khasawneh, M. A., Elwy, H. M., Hamza, A. A., Fawzi, N. M., & Hassan, A. H. (2011). Antioxidant, anti-lipoxygenase and cytotoxic activity of *Leptadenia pyrotechnica* (Forssk.) decne polyphenolic constituents. *Molecules*, *16* (9), 7510-7521.

[12] Youssef Moustafa, A. M., Khodair, A. I., & Saleh, M. A. (2009). Isolation, structural elucidation of flavonoid constituents from Leptadenia pyrotechnica and evaluation of their toxicity and antitumor activity. *Pharmaceutical Biology*, *47* (6), 539-552.

[13] Abd-ElGawad, A. M., Assaeed, A. M., Bonanomi, G., & El-Amier, Y. A. (2022). Ecological insight, anatomical features, and fiber characterization of *Leptadenia pyrotechnica* (Forrsk.) Decne. as a Promising Resource. *Sustainability*, *14* (24), 16895.

[14] Santoyo, G., Pacheco, C. H., Salmeron, J. H. & Leon, R. H. (2017) The role of abiotic factors modulating the plantmicrobe-soil interactions: Toward sustainable agriculture. A review. *Spanish Journal of Agricultural Research 15* (1): 13-28.

[15] Estrada-Villegas, S., Bailón, M., Hall, J. S., Schnitzer, S. A., Turner, B. L., Caughlin, T., & van Breugel, M. (2020). Edaphic factors and initial conditions influence successional trajectories of early regenerating tropical dry forests. *Journal of Ecology*, *108* (1), 160-174.

[16] Ali-Ehyaee, M. & Behbahanizadeh, A. (1994) Description of soil chemical decomposition methods. *Soil and Water Research Institutes*, *893*, 14-16.

[17] Al-Farsi, M., Alasalvar, C., Morris, A., Baron, M. & Shahidi, F. (2005) Comparison of antioxidant activity, anthocyanins, carotenoids, and phenolics of three native fresh and sun-dried date (*Phoenix dactylifera* L.) varieties grown in Oman. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *53*, 7592-7599.

[18] Amira, E.A., Behija, S.E., Beligh, M., Lamia, L., Manel, I., Mohamed, H. & Lotfi, A. (2012) Effects of the ripening stage on phenolic profile, phytochemical composition and antioxidant activity of date palm fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *60*, 10896-10902.

[19] Nogués, S. & Baker, N.R. (2000). Effects of drought on photosynthesis in Mediterranean plants grown under enhanced UV-B radiation. *Journal of Experimental Botany*, *51*, 1309-1317.

[20] Justesen, U., Knuthsen, P. & Leth, T. (1998) Quantitative analysis of flavonols, flavones, and flavanones in fruits, vegetables and beverages by high-performance liquid chromatography with photo-diode array and mass spectrometric detection. *Journal of Chromatography A, 799*, 101-110.

[21] Mohanty, S. K., Swamy, M. K., Sinniah, U. R., & Anuradha, M. (2017). *Leptadenia reticulata* (Retz.) Wight & Arn.(Jivanti): botanical, agronomical, phytochemical, pharmacological, and biotechnological aspects. *Molecules*, *22* (6), 1019.

[22] Endress, P. K. (2016). Development and evolution of extreme synorganization in angiosperm flowers and diversity: a comparison of Apocynaceae and Orchidaceae. *Annals of Botany*, *117* (5), 749-767.

[23] Ollerton, J., Liede-Schumann, S., Endress, M. E., Meve, U., Rech, A. R., Shuttleworth, A., ... & Quirino, Z. (2019). The diversity and evolution of pollination systems in large plant clades: *Apocynaceae* as a case study. *Annals of Botany*, *123* (2), 311-325.

[24] Rapini, A., Chase, M. W., Goyder, D. J., & Griffiths, J. (2003). *Asclepiadeae* classification: evaluating the phylogenetic relationships of New World *Asclepiadoideae* (*Apocynaceae*). *Taxon*, *52* (1), 33-50.

[25] Bystrická, J., Vollmannová, A., Margitanová, E., & Čičová, I. (2010). Dynamics of polyphenolics formation in different plant parts and different growth phases of selected buckwheat cultivars. *Acta Agriculturae Slovenica*, *95* (3), 225-229.

[26] Safa, O., Soltanipoor, M. A., Rastegar, S., Kazemi, M., Dehkordi, K. N., & Ghannadi, A. (2013). An ethnobotanical survey on hormozgan province, Iran. *Avicenna journal of phytomedicine*, *3* (1), 64.

[27] Javid, S., Chaudhari, S. K., Munir, I., Amjad, M. S., Akbar, K. F., Yasmeen, F., & Akhtar, M. S. (2019). Plant Metabolites and Pharmacological Activities of Leptadenia Pyrotechnica (Forssk.) Decne. *Natural Bio-active Compounds: Volume 1: Production and Applications*, 551-560.

[28] Al-Snafi, A. E. (2020). Phenolics and flavonoids contents of medicinal plants, as natural ingredients for many therapeutic purposes-A review. *IOSR J. Pharm*, *10* (7), 42-81.

[29] Yeshi, K., Crayn, D., Ritmejerytė, E., & Wangchuk, P. (2022). Plant secondary metabolites produced in response to abiotic stresses has potential application in pharmaceutical product development. *Molecules*, *27* (1), 313.

[30] El-Keblawy, A., Abdelfattah, M. A., & Khedr, A. H. A. (2015). Relationships between landforms, soil characteristics and dominant xerophytes in the hyper-arid northern United Arab Emirates. *Journal of Arid Environments*, *117*, 28-36.