

بررسی فیتوشیمیایی و پالینولوژی خزهای *Forsstroemia remotifolia*، *Homalia besseri* و  
*Pseudoleskeella catenulata* در شمال ایران

سیده سپیده سیدموسوی<sup>۱</sup>، آرمان محمودی اطاقوری<sup>۲\*</sup>، حبیب زارع<sup>۳</sup>، طاهره السادات آقاجانزاده<sup>۴</sup>

- ۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد سیستماتیک - اکولوژی گیاهی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران. (Sepid.sm17@gmail.com)
- ۲- دانشیار، گروه علوم گیاهی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران. (Botany1347@gmail.com)
- ۳- استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. (hh.zare@gmail.com)
- ۴- دانشیار، گروه علوم گیاهی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران. (t.aghajanzadeh@umz.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۴/۲۹ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۷/۱۹

### چکیده

گونه *Forsstroemia remotifolia* قبلاً متعلق به تیره Leskeaceae بوده و نام قدیمی آن *Pseudoleskeella laxiramea* (Schiffn.) Broth است که بر اساس تحقیقات ریخت‌شناسی، در تیره Neckeraceae قرار داده شده است. در این پژوهش، برای برطرف کردن ابهاماتی که در رده‌بندی این گونه وجود دارد، بررسی فیتوشیمیایی و پالینولوژی در گونه‌های *F. remotifolia*، *Homalia besseri* و *Pseudoleskeella catenulata* ضروری است. نتایج حاصل از داده‌های کروماتوگرافی گازی نشان داد که گونه *F. remotifolia* دارای ۲۱ نوع اسید چرب، گونه *H. besseri* دارای ۲۳ نوع اسید چرب و گونه *P. catenulata* دارای ۱۸ نوع اسید چرب است. تجزیه و تحلیل داده‌های اسیدهای چرب بیان‌کننده ۶۱/۵۳ درصد تشابه در ترکیبات اسیدهای چرب در بین گونه‌های *F. remotifolia* و *P. catenulata* است. نتایج حاصل از داده‌های پالینولوژی نشان داد که شکل هاگ در جمعیت‌های مربوط به گونه *F. remotifolia* کروی بوده و شکل هاگ در جمعیت‌های *H. besseri* به صورت oblate است. شکل هاگ در جمعیت علی‌آباد متعلق به گونه *H. besseri* به صورت prolate بوده و در جمعیت دودانگه متعلق به گونه *P. catenulata* به صورت کروی است. نتایج کلی بیانگر این واقعیت است که این نتایج کاملاً با یکدیگر مطابقت داشته و نشان‌دهنده شباهت و نزدیکی گونه *F. remotifolia* به گونه *P. catenulata* است.

واژه‌های کلیدی: بیوسیستماتیک، تنوع اسیدهای چرب، خز، هاگ، هیرکانی.

## مقدمه

محققان خارجی این پژوهش‌ها را ادامه داده و ۹۱ گونه دیگر را به فلور خزهای ایران اضافه کردند (Frey and Kürschner, 2010, Ghahreman et al., 2007, Shirzadian, 2011, Zare et al., 2011, Sharifnia et al., 2011).

خزها برای سازگاری با محیط، از طریق رمزگذاری ژنتیکی توسط تولید مناسب و متنوع متابولیت‌های اولیه و ثانویه در حال تکامل هستند؛ بنابراین، حضور یا عدم حضور متابولیت‌های خاص می‌تواند به‌عنوان یک ابزار مفید و مؤثر در رده‌بندی مورد استفاده قرار گیرد (Buchanan et al., 2015). بررسی‌های بسیاری روی ترکیبات شیمیایی خزها انجام شده است (Croisier and Pohnert, Asakawa, 1995, Saritas et al., 2001, Kohn et al., 1987, 2010, Wyatt et al., 1991a, 1991b, Xie and Lou, 2009) که در این میان اسیدهای چرب متنوع‌ترین گروه نسبت به دیگر ترکیبات بوده است (Koskimies and Simola, 1980). خزها دارای یک سازگاری ذاتی در برابر تنش‌های مختلف زنده و غیرزنده هستند که اسیدهای چرب نقش اساسی در استراتژی دفاع شیمیایی خزها ایفا می‌کنند (Mitra, 2017).

علاوه بر ترکیبات شیمیایی، گیاه‌شناسان برای ایجاد روابط تکاملی ثابت در بین گیاهان از هاگ یا دانه گرده برای رده‌بندی آن‌ها استفاده می‌کنند. هاگ‌ها به دلیل داشتن هاگوپولنین در لایه خارجی دیواره خود (اگزین) در محیط برای مدت‌ها بدون تغییر باقی می‌مانند. همچنین ساختمان و تزئینات سطح دیواره هاگ دارای ارزش تشخیصی است؛ بنابراین، امکان بررسی ارتباط تکاملی موجود در بین جمعیت‌های گیاهی را فراهم می‌سازد (Rütten and Santarius, 1992, 1993). تحقیق روی خزها نشان داده است که هاگ‌ها می‌توانند بدون تزئینات سطحی و یا دارای تزئینات سطحی با

خزگیان در حال حاضر ابتدایی‌ترین گروه از گیاهان کورموفیت هستند. این گروه گیاهی فاقد اندام‌های حقیقی ساقه، ریشه و برگ هستند، اگرچه دارای ساختارهایی شبیه به آن هستند. خزها فاقد آوند بوده و جذب آب را از طریق رطوبت موجود در هوا انجام می‌دهند که از طریق پدیده اسمز، آب را در سلول‌ها منتقل می‌کنند (Zare et al., 2015). خزها برای رشد و نمو خود و گسترش در رویشگاه‌های مختلف نیاز به شرایطی دارند که رطوبت محیط، از مهم‌ترین آن‌ها به شمار می‌رود (Zare et al., 2017) و جنگل‌های هیرکانی یکی از زیستگاه‌های مناسب برای آن‌ها را فراهم می‌سازد که سبب تنوع بالایی از خزها در این منطقه شده است (Naqinezhad et al., 2007; Kürschner et al., 2012). با وجود تنوع خزها، سیستماتیک آن‌ها در مقایسه با گیاهان دیگر، کمتر مورد توجه قرار گرفته است (Kenrick and Crane, 1997). در رابطه با رده‌بندی خزها و در خصوص تعداد دقیق گونه‌های خزها اختلاف زیادی در منابع وجود دارد (Shaw and Goffinet, 2000). در جهان، حدود ۱۶ راسته، ۱۰۷ تیره و تقریباً ۸۸۰ جنس و ۱۲۰۰۰ گونه خز شناخته شده است (Goffinet and Buck, 2004). محققان بسیاری (Buhse and Akhane and Kürschner, 2004, Frey, Frey, 1981, Edw, 1920, Boissier, 1860, Frey and Kürschner, 1979, and Kürschner, 1977, Juratzka and Milde, Frey and Kürschner, 1983, Kürschner and Akhane, Kürschner, 1996, 1870, Schiffner, 1901, Schiffner, 1897, 2000, Schiffner, 1910, Schiffner, 1908) بر روی فلور خزهای ایران پژوهش‌هایی داشته و توانستند ۴۳۷ آرایه (دو گونه علف‌شاخی، ۶۸ گونه علف‌جگری و ۳۶۷ گونه خز) را به ثبت برسانند. محققان ایرانی به همراه

پالینولوژی در شمال ایران است. تاکنون هیچ گونه تحقیق بیوسیستماتیکی روی این خزها در ایران انجام نشده است. این پژوهش اولین بررسی اسید چرب و پالینولوژی خزهای گونه‌های *F. remotifolia*، *H. besseri* و *P. catenulata* در دنیا محسوب می‌شود.

#### مواد و روش‌ها

در این پژوهش سه جمعیت از گونه *F. remotifolia* و سه جمعیت از گونه *H. besseri* در سه استان گیلان، مازندران و گلستان (در هر استان یک جمعیت) و یک جمعیت از گونه *P. catenulata* در استان مازندران (جدول ۱) به‌طور هم‌زمان در پاییز ۱۳۹۶ جمع‌آوری شد. سپس گونه‌ها توسط کلیدهای شناسایی (Nyholm, 1975; Kürschner and Frey, 2011) در آزمایشگاه سیستماتیک گیاهی دانشگاه مازندران شناسایی شدند.

#### بررسی فیتوشیمیایی

ارزیابی اسیدهای چرب با استفاده از روش (Mongrand et al., 2005) و پس از متیل‌استرشدن انجام شد. ابتدا بخش‌های سبز و بدون ریشه خزها جدا شد و برای استخراج مورد استفاده قرار گرفت. برای متیل‌استر کردن اسیدهای چرب، ۱ گرم از نمونه‌های خشک (نمونه‌های خز در دمای بین ۲۵ تا ۳۰ درجه سلسیوس و در سایه خشک شده است) و پودر شده با ۲۰ میلی‌لیتر متانول اسیدی (۲/۵ درصد) به مدت ۱۰ دقیقه تحت امواج اولتراسونیک قرار گرفت و بعد از آن به مدت یک ساعت در دمای ۸۰ درجه سلسیوس در بن ماری حرارت داده شد. پس از سرد شدن، ۵ میلی‌لیتر هگزان و ۵ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه شد و به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۱۵۰۰ سانتریفیوژ شد. پس از فاز بالایی که شامل اسیدهای چرب متیل‌استر شده بود جدا شده و در ویال‌های جداگانه قرار گرفتند. برای بررسی

زواید ریز یا درشت زگیل‌مانند است. هاگ‌ها بر اساس تزینات سطح اگزین، به انواع زگیلکی (Verrucate)، جوانه‌ای-سمباده‌ای (Scabrate-gemmate)، جوانه‌ای (Gemmate)، چوگانی (Pilate)، چوگانی شبکه‌ای (Retipilate) و چین‌خورده‌ای (Rugulate) تقسیم می‌شوند (Safaiipour and Nazem Bokaei, 2005).  
بررسی ساختار هاگدان در پنج گونه خز (*Atichum crispum*، *Orthotrichum rupestre*، *Tortula norvegica*، *Schistidium martimum*، *Funaria hygrometrica*) نشان داده است که در یک گونه هماهنگی ساختاری بین سطح هاگ‌ها و شکل دندان‌های پرستوم و همچنین در گونه‌های مختلف همسانی مکانیکی بین زگیل‌ها و مژه‌ها وجود دارد.

#### *Homalia besseri*، *Forsstroemia remotifolia*

و *Pseudoleskeella catenulata* از گونه‌های بومی جنگل‌های هیرکانی هستند که گاهی از نظر ریخت‌شناختی دارای پلی‌مورفیسم بوده و تفاوت‌های ریخت‌شناختی بین این گونه‌ها اغلب مبهم است. گونه *F. remotifolia*، خزهای است که به‌تازگی برای فلور ایران شناسایی و با ترکیب جدید نام‌گذاری شده است (Zare et al., 2017). این گونه که قبلاً به تیره Leskeaceae تعلق داشته و نام قدیمی آن *Pseudoleskeella laxiramea* (Schiffn.) Broth. بوده است، بر اساس تحقیقات اخیر که بر پایه‌ی ریخت‌شناسی انجام شد، از این تیره حذف و به تیره Neckeraceae اضافه شد (Hedenas and Zare, 2010).

بنابراین هدف از انجام این پژوهش، بررسی جایگاه دقیق تاکسونومیکی *F. remotifolia* و نیز ارتباط بین جمعیت‌های گونه‌های *F. remotifolia*، *H. besseri* و *P. catenulata* بر اساس داده‌های اسید چرب و

و دمای آون ۵۰ درجه سلسیوس (زمان ذخیره‌سازی یک دقیقه) بوده است. افزایش به مقدار ۸ تا ۱۲۰ درجه سلسیوس (زمان ذخیره‌سازی یک دقیقه) و افزایش به مقدار ۶ تا ۲۵۰ درجه سلسیوس صورت پذیرفت. در پایان مدت ۱۵ دقیقه درجه حرارت ۲۵۰ درجه سلسیوس گزارش شد. بر اساس حضور و عدم حضور مشتقات اسیدهای چرب، نزدیکی و واگرایی در بین جمعیت‌ها با استفاده از تجزیه خوشه‌ای به روش Ward با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۵ انجام شد.

کمی و کیفی اسیدهای چرب موجود در خزّه از روش کروماتوگرافی گازی توسط دستگاه GC/MS (مدل Agilent technology, 7890B-5977B MSD) استفاده شد. برای انجام کروماتوگرافی، ۰/۵ میکرولیتر از نمونه‌ها برداشته شده و با مشخصات ستون از قبیل ستون کاپیلاری DB-5 MS در ابعاد ۳۰ متر، قطر ۰/۲۵ میلی‌متر و طول هر لایه داخلی ۰/۲۵ میکرومتر به دستگاه GC/MS تزریق شد. گاز حامل هلیوم (۹۹/۹۹ درصد)، مقدار جریان ۱ مول بر دقیقه، تزریق حجم نمونه ۱ میکرو لیتر، دمای انژکتور ۲۵۰ درجه سلسیوس

جدول ۱- مکان‌های نمونه‌برداری، اختصار جمعیت‌ها، طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی و ارتفاع (متر) جمعیت‌های مورد بررسی در شمال ایران

Table 1. Plant sampling locations, population's abbreviation, latitude, longitude and altitude (m) of *F. remotifolia*, *H. besseri* and *P. catenulata* in North of Iran

ارتفاع (متر) Altitude (m)	طول جغرافیایی Longitude	عرض جغرافیایی Latitude	اختصار جمعیت‌ها Population's abbreviation	شهر (استان) City (Province)	آرایه Taxon
709	49° 00' 7.46"E	37°18'26.48"N	F. r. M	ماسال (گیلان) Masal (Guilan)	<i>Forsstroemia remotifolia</i>
720	53°15' 53.6" E	36°13'40.70"N	F. r. Do	دودانگه (مازندران) Dodangeh (Mazandaran)	
704	54°57'4.42" E	36°50'42.74"N	F. r. A	علی‌آباد (گلستان) Aliabad (Golestan)	
663	48°59'36.50"E	37°19'0.10"N	H. b. M	ماسال (گیلان) Masal (Guilan)	<i>Homalia besseri</i>
730	53°15'54.00"E	36°13'39.10"N	H. b. Do	دودانگه (مازندران) Dodangeh (Mazandaran)	
620	55° 0'3.80"E	36°49'21.20"N	H. b. A	علی‌آباد (گلستان) Aliabad (Golestan)	
720	53°15' 53.6" E	36°13'40.70"N	P. c. Do	دودانگه (مازندران) Dodangeh (Mazandaran)	<i>Pseudoleskeella catenulata</i>



شکل ۱- مناطق نمونه‌برداری جمعیت‌های گونه‌های *P. catenulata* و *H. besseri*, *F. remotifolia* در شمال ایران.  
Figure 1. The collection site of *F. remotifolia*, *H. besseri*, and *P. catenulata* populations in north of Iran.

### بررسی پالینولوژی

بررسی پالینولوژی با استفاده از روش ( Khoshravesh and Osaloo, 2007) از سه جمعیت از گونه *F. remotifolia*، سه جمعیت از گونه *H. besseri* و یک جمعیت از گونه *P. catenulata* و سه تکرار در هر جمعیت انجام شد. هاگدان‌های هر جمعیت جدا شد و به صورت جداگانه داخل محلول اتانول ۹۶ درصد قرار داده شدند. پس از سه هفته هاگدان‌ها از اتانول خارج شده و عکس‌برداری از هاگ جمعیت‌های مختلف توسط میکروسکوپ KYKY مدل EM3 200 صورت پذیرفت. سپس ۱۰ صفت کمی و هفت صفت کیفی با استفاده از نرم‌افزار Digimizer مورد بررسی قرار گرفتند. به تمام صفات کد اختصاصی تعلق گرفت و با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۵، نمودارهای دندروگرام و اسکری پلات ترسیم شد تا روابط بین جمعیت‌های گونه‌های موردنظر به وضوح مشخص شود.

### نتایج

#### نتایج حاصل از بررسی فیتوشیمیایی

نتایج حاصل از تفکیک ترکیبات اسید چرب نشان‌دهنده وجود تنوع در بین گونه‌های مورد بررسی است. در عصاره مربوط به جمعیت *F. r. M*، ۲۱ ترکیب اسید چرب شناسایی شد که جمعاً ۸۷/۵ درصد از کل ترکیبات عصاره را تشکیل می‌دهند. Hexadecanoic acid بیشترین مقدار را در بین ترکیبات اندازه‌گیری شده به خود اختصاص داده است. در عصاره مربوط به جمعیت *F. r. Do* نیز ۲۱ ترکیب اسید چرب که 9,12,15-Octadecatrienoic acid بیشترین مقدار را در بین ترکیبات شناسایی شده دارا بوده و جمعاً ۲۴/۴۲ درصد از کل عصاره را در ترکیبات اسید چرب تشکیل می‌دهند. همچنین در عصاره مربوط به جمعیت *F. r. A*، ۲۱ ترکیب اسید چرب موجود است که ترکیب 9-Octadecenoic acid به‌عنوان بیشترین ترکیب

چرب مقدار ۹۶/۸۵ درصد از کل عصاره را شامل می‌شود. در عصاره جمعیت H. b. A، ۲۳ نوع اسید چرب شناسایی شد که یک ترکیب به نام Heptadecanoic acid به‌تنهایی مقدار ۵۳/۴۰ درصد از حجم کلی عصاره را شامل می‌شود. در جمعیت P. c. Do، ۱۸ نوع اسید چرب شناسایی شد که Hexadecanoic acid به‌عنوان بیشترین ترکیب معرفی شد و جمعاً ۹۵/۰۹ درصد از کل ترکیبات عصاره را به خود اختصاص می‌دهند.

شناسایی شده، در مجموع ۹۲/۳۸ درصد از کل عصاره را در ترکیبات اسید چرب تشکیل می‌دهند. در عصاره جمعیت H. b. M، ۲۳ نوع اسید چرب شناسایی شد که 9,12,15-Octadecatrienoic acid به‌عنوان بیشترین ترکیب شناسایی شده، در مجموع ۹۴/۶۹ درصد از حجم عصاره را ترکیبات اسید چرب به خود اختصاص می‌دهند. در عصاره جمعیت H. b. Do، نیز ۲۳ نوع اسید چرب شناسایی شد که Hexadecanoic acid به‌عنوان بیشترین ترکیب معرفی شده و مجموع انواع اسیدهای

جدول ۲- صفات استفاده‌شده در روش پالینولوژی

Table 2. Characteristics used in palynology method

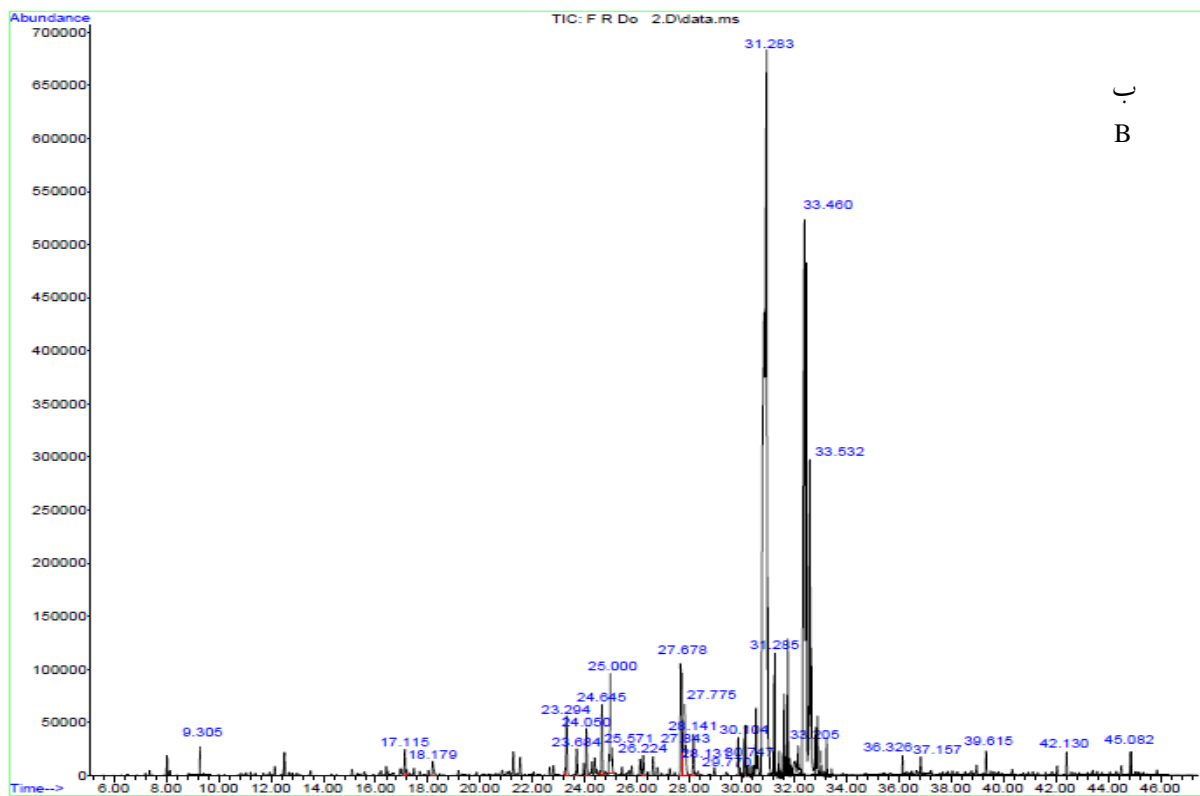
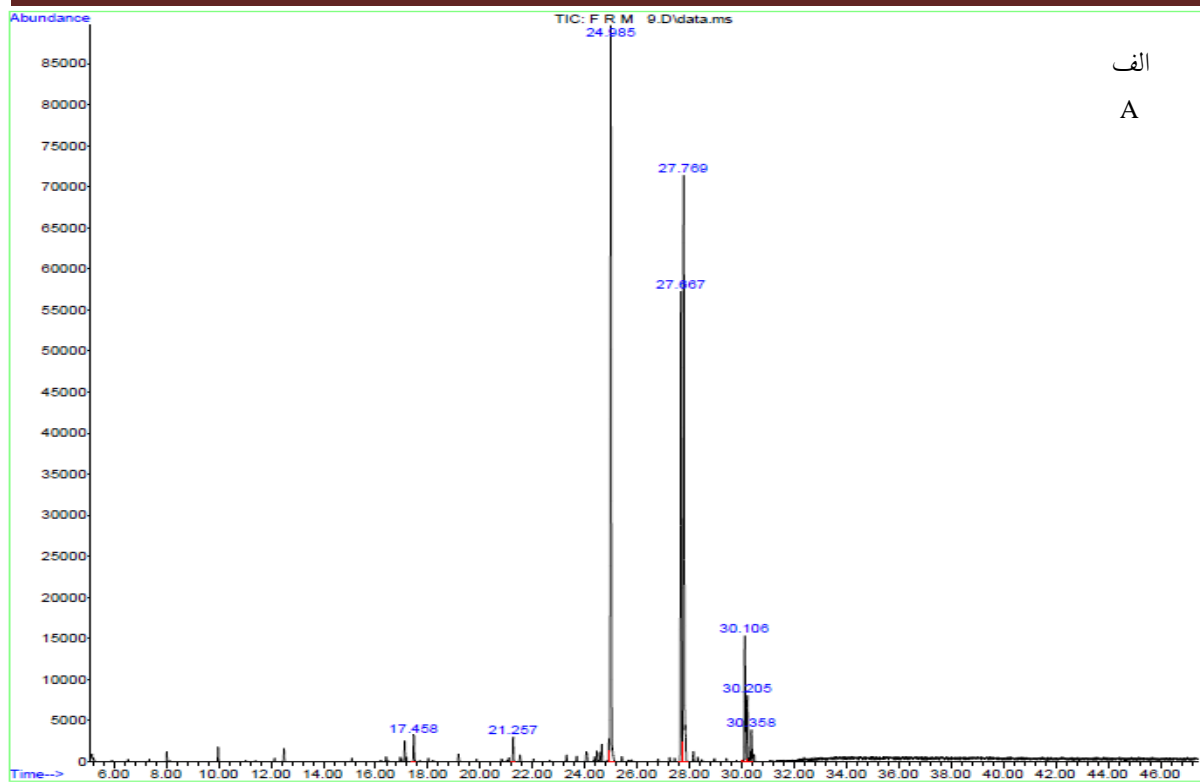
صفات کیفی	شماره	صفات کمی	شماره
Qualitative traits	No.	Quantitative traits	No.
واحد دانه هاگ	11	طول محور قطبی	1
Spore unit		Polar axis	
کلاس دانه هاگ	12	عرض محور استوایی	2
Spore class		Equatorial diameter	
شکل دانه هاگ	13	نسبت طول محور قطبی / محور استوایی	3
Spore shape		P/E ratio	
منفذ	14	فاصله بین منافذها	4
Aperture		Distance between pores	
نوع منفذ	15	طول منفذ	5
Aperture type		Pore length	
وضعیت منفذ	16	عرض منفذ	6
Aperture position		Pore width	
ترئینات سطح اگزین	17	طول شاخک	7
Exin surface sculptures		Echinus length	
-		فاصله بین شاخک‌ها	8
		Distance between echinuses	
-		تعداد منفذ	9
		Pore number	
-		اندازه دانه هاگ	10
		Spore size	

جدول ۴- نوع و مقدار اسیدهای چرب موجود در جمعیت‌های *P. catenulata* و *H. besseri*, *F. remotifolia* با استفاده از

دستگاه GC/MS

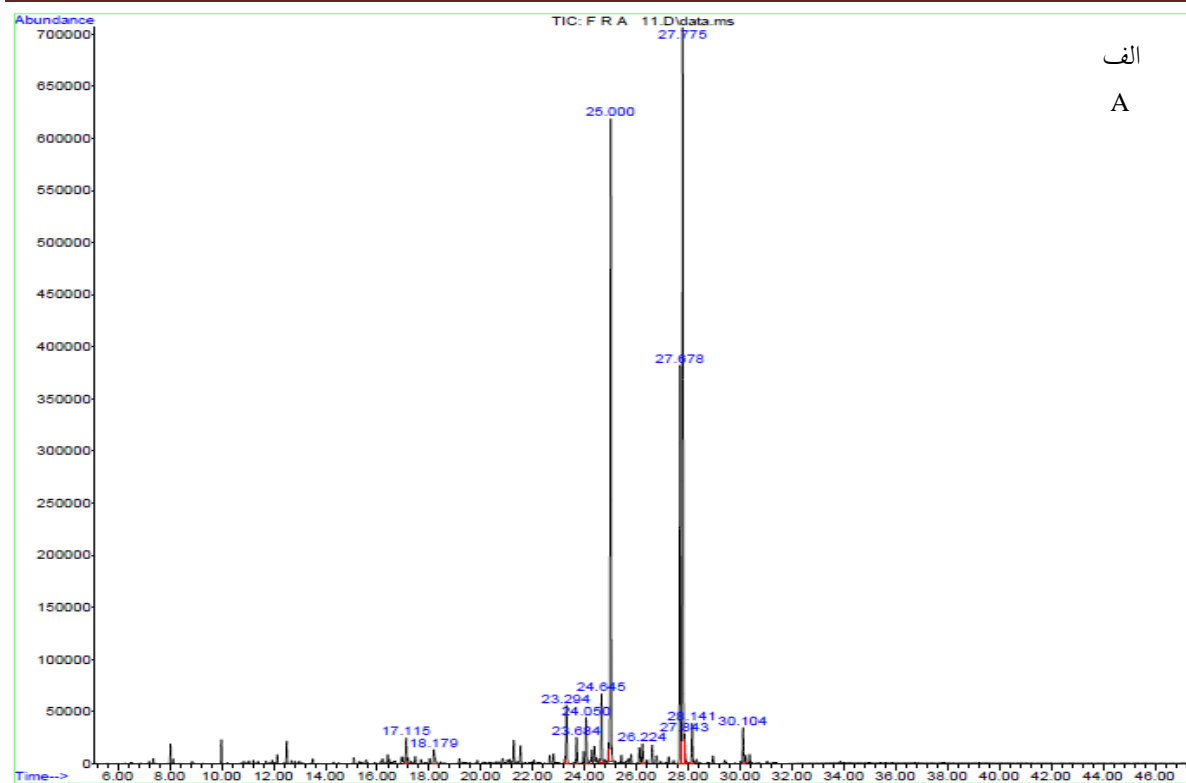
Table 4. Type and amount of fatty acids in populations of *F. remotifolia*, *H. besseri*, and *P. catenulata* by using GC/MS

جمعیت‌ها Populations							ترکیبات Compound	شماره No.
P. c. Do	H. b. M	H. b. Do	H. b. A	F. r. M	F. r. Do	F. r. A		
% 1.44	% 0.95	% 1.82	> 0.1	> 0.1	% 0.49	% 1.04	Nonanedioic acid	1
% 4.88	% 1.94	% 0.87	> 0.1	> 0.1	% 0.45	% 3.00	Pentadecanoic acid	2
% 32.93	% 26.13	% 31.51	> 0.1	% 34.14	% 3.79	% 28.58	Hexadecanoic acid	3
% 4.19	% 0.27	% 1.27	> 0.1	> 0.1	% 0.57	% 1.23	7-Hexadecenoic acid	4
% 2.65	-	-	-	> 0.1	> 0.1	% 36.22	9-Octadecenoic acid	5
% 1.69	% 0.88	% 0.75	> 0.1	> 0.1	% 0.37	% 1.92	Octadecanoic acid	6
% 3.73	% 9.65	% 8.56	> 0.1	> 0.1	% 3.42	% 1.63	5,8,11,14-Eicosatetraenoic acid	7
% 10.86	% 13.25	% 17.51	> 0.1	% 20.90	% 3.76	% 18.76	9,12-Octadecadienoic acid	8
% 20.68	% 27.8	% 27.25	> 0.1	% 32.46	% 4.99	> 0.1	9,12,15-Octadecatrienoic acid	9
% 0.51	% 0.32	> 0.1	% 53.40	> 0.1	% 0.3	> 0.1	Heptadecanoic acid	10
% 2.32	% 0.47	% 0.63	> 0.1	> 0.1	% 0.25	> 0.1	Tetradecanoic acid	11
-	% 0.88	% 0.73	> 0.1	> 0.1	% 0.66	> 0.1	7,10-Hexadecadienoic acid	12
-	% 0.42	> 0.1	> 0.1	> 0.1	% 0.3	> 0.1	Hexadecanoic acid, 2-hydroxy	13
-	% 1.00	% 0.62	> 0.1	> 0.1	% 0.18	> 0.1	Hexadecanedioic acid	14
% 3.38	% 4.13	% 3.70	> 0.1	> 0.1	% 1.64	> 0.1	5,8,11,14,17-Eicosapentaenoic acid	15
-	% 2.27	> 0.1	> 0.1	> 0.1	% 1.28	> 0.1	7,10,13-Eicosatrienoic acid	16
-	% 0.41	> 0.1	> 0.1	> 0.1	% 0.18	> 0.1	11,13-Eicosadienoic acid	17
% 0.55	% 0.28	> 0.1	> 0.1	> 0.1	% 0.15	> 0.1	Eicosanoic acid	18
-	% 0.30	> 0.1	> 0.1	-	-	-	Linoleic acid ethyl ester	19
% 2.25	% 0.87	% 0.83	> 0.1	> 0.1	% 1.30	> 0.1	Tetracosanoic acid	20
% 0.64	% 0.54	> 0.1	> 0.1	-	-	-	Hexacosanoic acid	21
-	% 1.20	> 0.1	> 0.1	-	-	-	9,12,15-Octadecatrien-1-ol	22
% 0.48	-	-	-	-	-	-	Heneicosanoic acid	23
% 0.65	-	-	-	> 0.1	% 0.11	> 0.1	Cyclopropaneoctanoic acid, 2-hexyl	24
% 1.26	% 0.26	> 0.1	> 0.1	> 0.1	% 0.23	> 0.1	Docosanoic acid	25
-	% 0.47	% 0.80	> 0.1	-	-	-	Pentanoic acid, 4-oxo	26

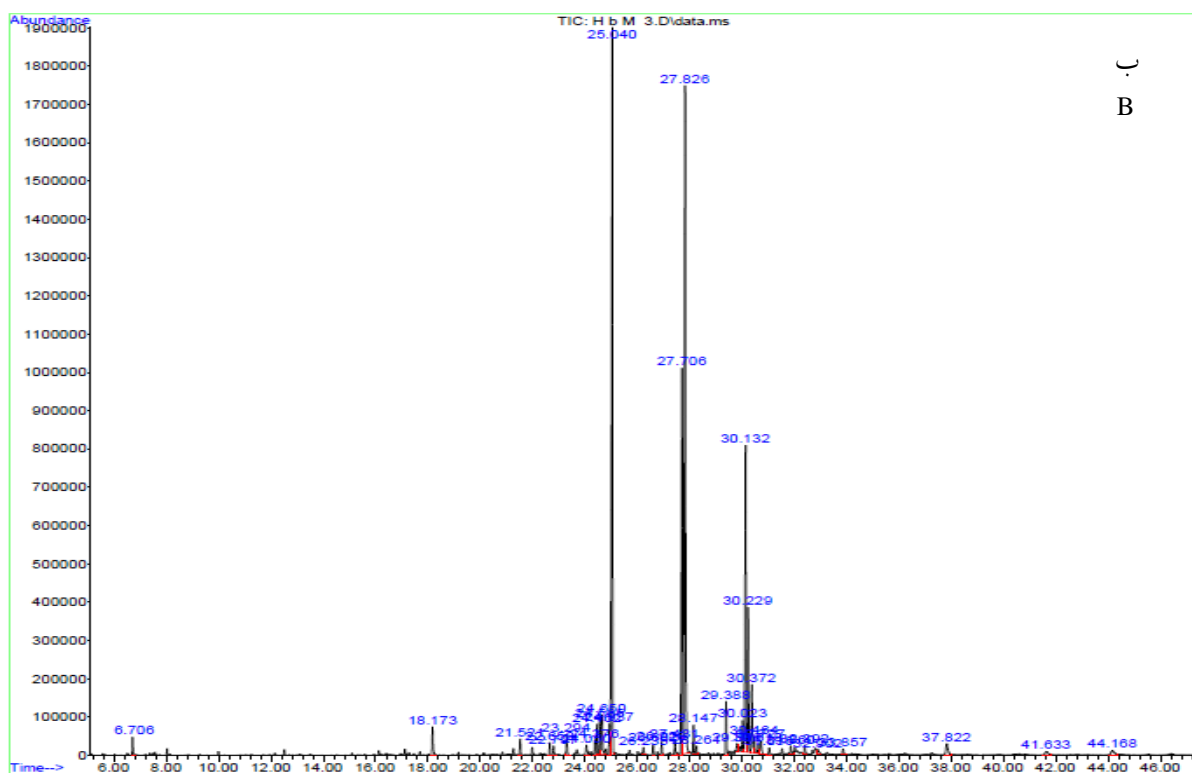


شکل ۲- کروماتوگرام به دست آمده از دستگاه GC/MS متعلق به جمعیت F. r. M (الف) و جمعیت F. r. Do (ب)  
 Figure 2. The chromatogram obtained from GC/MS belonging to the population F. r. M (A) and F. r. Do (B)





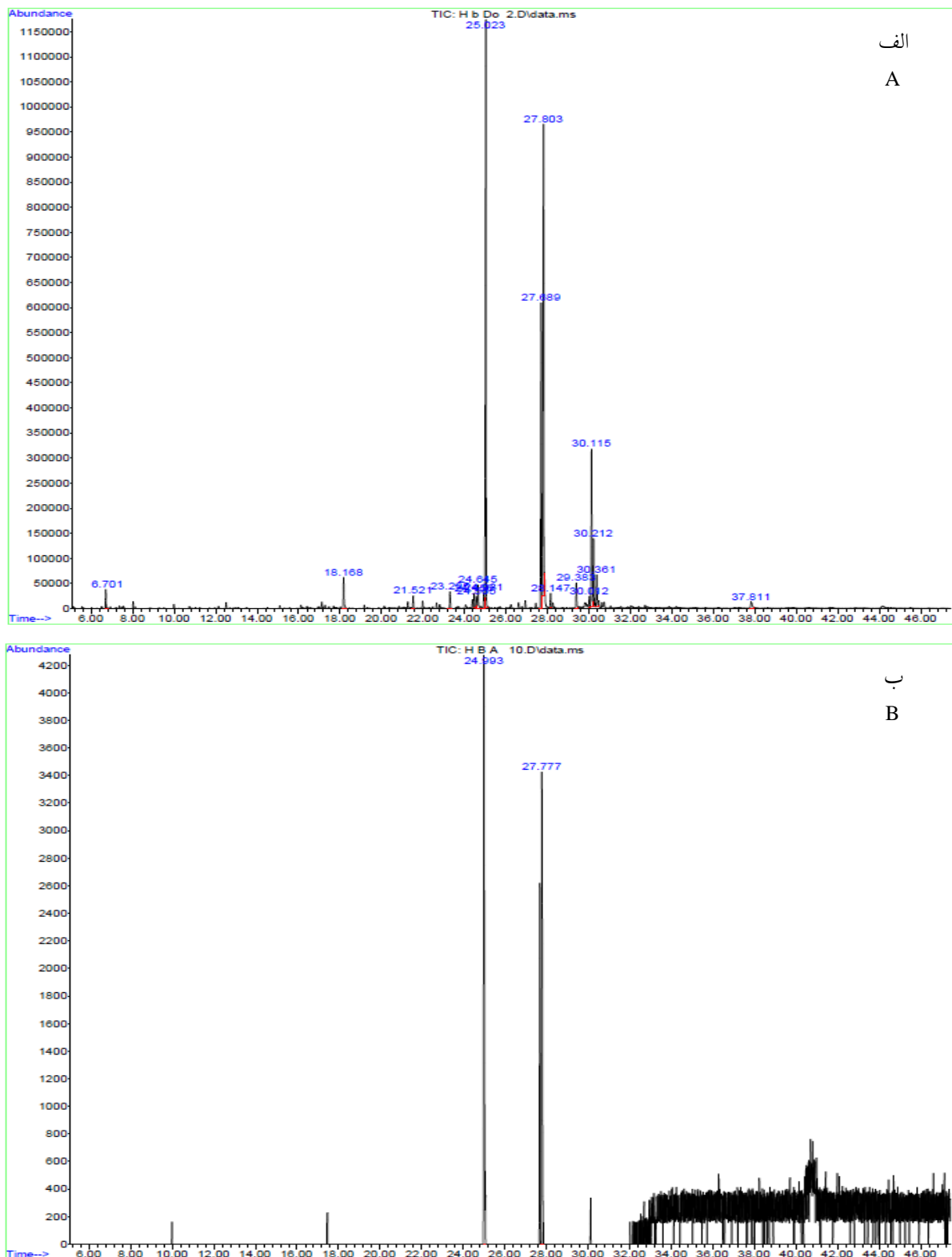
الف  
A



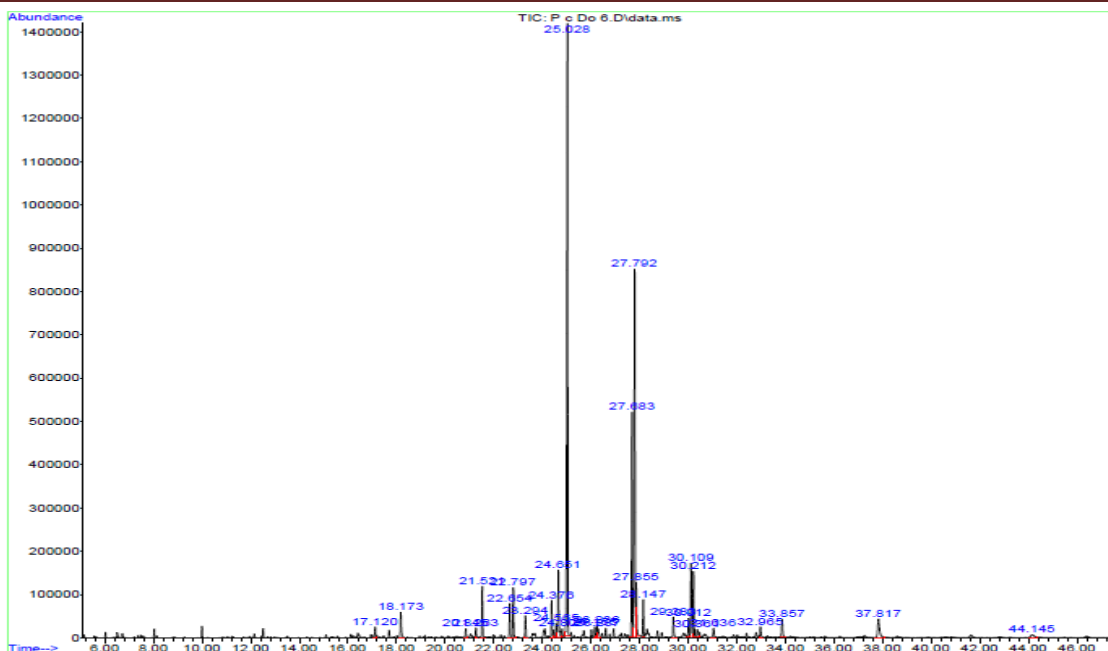
ب  
B

شکل ۳- کروماتوگرام به دست آمده از دستگاه GC/MS متعلق به جمعیت (الف) F. r. A و جمعیت (ب) H. b. M

Figure 3. The chromatogram obtained from GC/MS belonging to the population F. r. A (A) and H. b. M (B)



شکل ۴- کروماتوگرام به دست آمده از دستگاه GC/MS متعلق به جمعیت H. b. Do (الف) و جمعیت H. b. A (ب)  
Figure 4. The chromatogram obtained from GC/MS belonging to the population H. b. Do (A) and H. b. A (B)

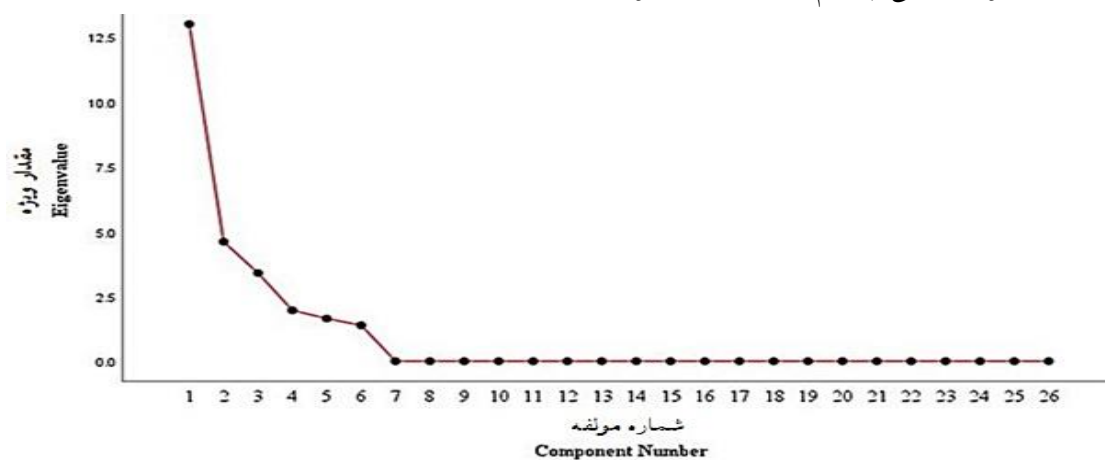


شکل ۵- کروماتوگرام به دست آمده از دستگاه GC/MS متعلق به جمعیت P. c. Do

Figure 5. The chromatogram obtained from GC/MS belonging to the population P. c. Do.

اصلی پنجم ۶/۳۲۲ درصد و مؤلفه اصلی ششم مقدار اصلی ۵/۳۲۶ درصد را به خود اختصاص داده‌اند. مؤلفه اصلی اول با ۵۰ درصد و مؤلفه اصلی دوم با ۱۷/۷۲ درصد از واریانس کل، مؤثرترین مؤلفه‌ها شناخته شدند. با توجه به این نمودار، دیگر مؤلفه‌ها در تفکیک جمعیت‌ها از هم تأثیر زیادی نداشته و در مجموع مقدار ۳۲/۲۸ درصد از واریانس کل را به خود شامل می‌شوند.

با توجه به اطلاعات نمودار اسکری پلات ترسیم شده و جدول شرح واریانس‌های صفات اسیدهای چرب در می‌یابیم که شش مؤلفه اصلی در تفکیک این هفت جمعیت مؤثر بوده‌اند. شش مؤلفه اصلی اول حدود ۱۰۰ درصد از واریانس کل را به خود اختصاص داده‌اند، به طوری که سهم مؤلفه اصلی اول، ۵۰ درصد، مؤلفه اصلی دوم ۱۷/۷۲ درصد، مؤلفه اصلی سوم ۱۳/۰۸ درصد، مؤلفه اصلی چهارم ۷/۵۴ درصد، مؤلفه

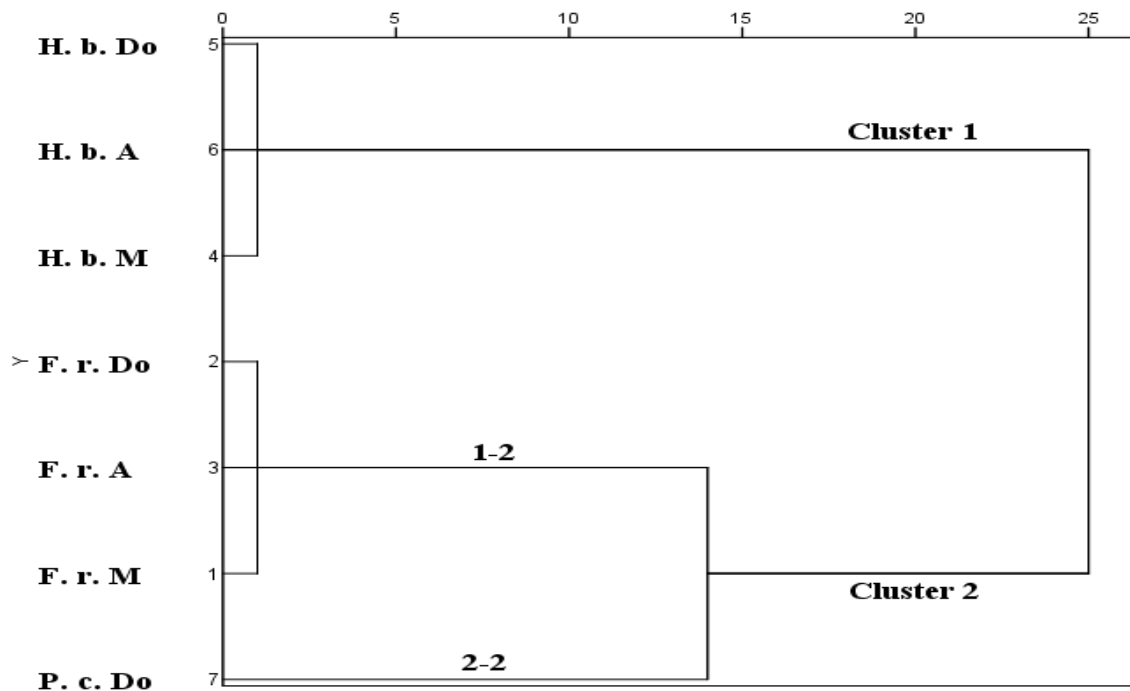


شکل ۶- نمودار اسکری پلات به دست آمده از داده‌ها اسیدهای چرب

Figure 6. Curve scree plot obtained from fatty acids data

می‌گیرد. شاخه فرعی ۱ شامل جمعیت‌های H. b. M، H. b. A و H. b. Do است. شاخه فرعی ۲ شامل دو زیرشاخه فرعی ۱-۲ و ۲-۲ است که زیرشاخه فرعی ۱-۲ شامل جمعیت‌های F. r. A و F. r. M، F. r. Do بوده و زیرشاخه فرعی ۲-۲ جمعیت P. c. Do است.

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه خوشه‌ای، اسیدهای چرب هفت جمعیت مورد بررسی با استفاده از روش ward، جمعیت‌ها در دو شاخه فرعی مجزا قرار گرفتند. شاخه اصلی در سطح ۲۵ به دو شاخه فرعی ۱ و ۲ تقسیم شد که حدوداً ۷۵ درصد تشابه را در بر



شکل ۷- نمودار تجزیه خوشه‌ای WARD به‌دست‌آمده از داده‌های انواع اسیدهای چرب

Figure 7. Cluster WARD dendrogram obtained from fatty acids data

مورد بررسی، جمعیت‌ها در دو شاخه فرعی مجزا قرار گرفتند. شاخه اصلی در سطح ۲۵ به دو شاخه فرعی ۱ و ۲ تقسیم شد که حدود ۷۵ درصد تشابه صفات را در بر می‌گیرد. شاخه فرعی ۱ شامل دو زیرشاخه فرعی ۱-۱ و ۲-۱ است که زیرشاخه فرعی ۱-۱ شامل جمعیت‌های F. r. A، F. r. Do و P. c. Do و زیرشاخه فرعی ۲-۱ شامل جمعیت‌های F. r. M و H. b. M است. شاخه فرعی ۲، به دو زیرشاخه فرعی ۲-۱ و ۲-۲ تقسیم شد. زیرشاخه فرعی ۱-۲ شامل جمعیت H. b. Do بوده و زیرشاخه فرعی ۲-۲ جمعیت H. b. A شامل می‌شود.

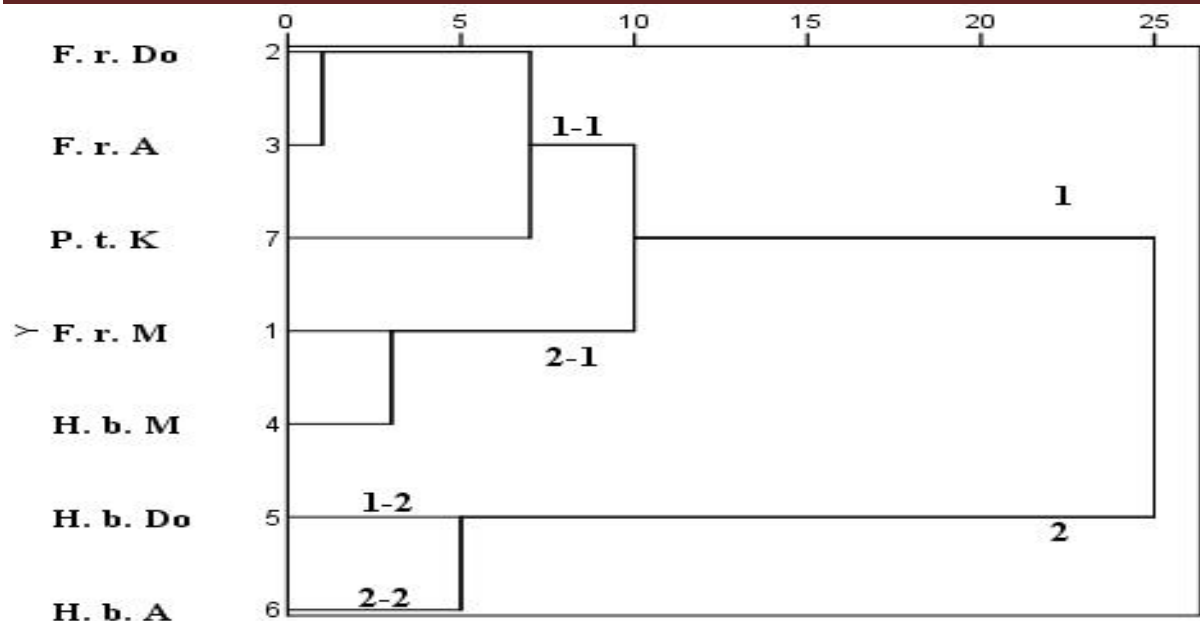
### نتایج حاصل از بررسی پالینولوژی

برای دریافتن مقدار شباهت‌ها و ارتباط بین جمعیت‌های مورد بررسی از هاگ‌های هفت جمعیت، به کمک میکروسکوپ الکترونی نگاره (SEM) عکس‌برداری به عمل آمد. برای هر جمعیت، از نمای قطبی، نمای استوایی و تزئینات سطحی دیواره دانه هاگ تصاویری تهیه شد. پس از استخراج ۱۷ صفت کمی و کیفی و انجام اندازه‌گیری‌های مربوطه (جدول ۵) توسط ریز نگاره‌های الکترونی، نمودار تجزیه خوشه‌ای با استفاده از روش WARD ترسیم شد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه خوشه‌ای صفات پالینولوژی

جدول ۵- صفات کمی و کیفی اندازه‌گیری شده در جمعیت‌های *P. catenulata* و *H. besseri*, *F. remotifolia*

Table 5. Quantitative and qualitative measured traits in populations of *F. remotifolia*, *H. besseri* and *P. catenulata*.

P. c. Do	H. b. A	H. b. Do	H. b. M	F. r. A	F. r. Do	F. r. M		
12.636	16.275	13.997	11.710	10.840	11.661	13.15	طول محور قطبی Polar axis	صفات کمی برحسب $\mu\text{m}$ Quantitative traits in $\mu\text{m}$
11.522	12.950	15.502	12.888	9.978	10.636	13.13	عرض محور استوایی Equatorial diameter	
1.09	1.2567	0.902	0.9085	1.0863	1.0963	1.0015	نسبت طول محور قطبی / محور استوایی P/E ratio	
0.846	2.192	1.404	-	-	-	-	فاصله بین شیارها Distance between culpi	
4.66	6.016	6.981	7.810	7.682	6.987	9.46	طول شیار Culpi length	
2.607	3.381	4.014	6.605	3.904	3.415	5.286	عرض شیار Culpi width	
0.339	0.517	0.583	0.545	0.347	0.373	0.371	طول شاخک Echinus length	
0.147	0.221	0.253	0.151	0.238	0.239	0.182	فاصله بین شاخک‌ها Distance between echinuses	
4	5	6	1	1	1	1	تعداد شیار Culpi number	
33.452	56.760	49.023	41.195	34.595	34.762	43.401	اندازه دانه هاگ Spore size	
موناد	موناد	موناد	موناد	موناد	موناد	موناد	واحد دانه گرده Spore unit	صفات کیفی Qualitative traits
Colpate	Colpate	Colpate	Colpate	1- Colpate	1- Colpate	1-Colpate	کلاس دانه گرده Spore class	
Prolate	Prolate	Oblate	Oblate	Spheroidal	Spheroidal	Spheroidal	شکل دانه گرده Spore shape	
دارد	دارد	دارد	دارد	دارد	دارد	دارد	منفذ Apearture	
Culpi	Culpi	Culpi	Culpi	Culpi	Culpi	Culpi	نوع منفذ Apearture type	
Colpus	Colpus	Colpus	Colpus	Colpus	Colpus	Colpus	وضعیت منفذ Apearture position	
Scabrate	Gemmate	Gemmate	Gemmate	Clavate	Clavate	Clavate	تزیینات سطح اگزین Exin surface sculptures	

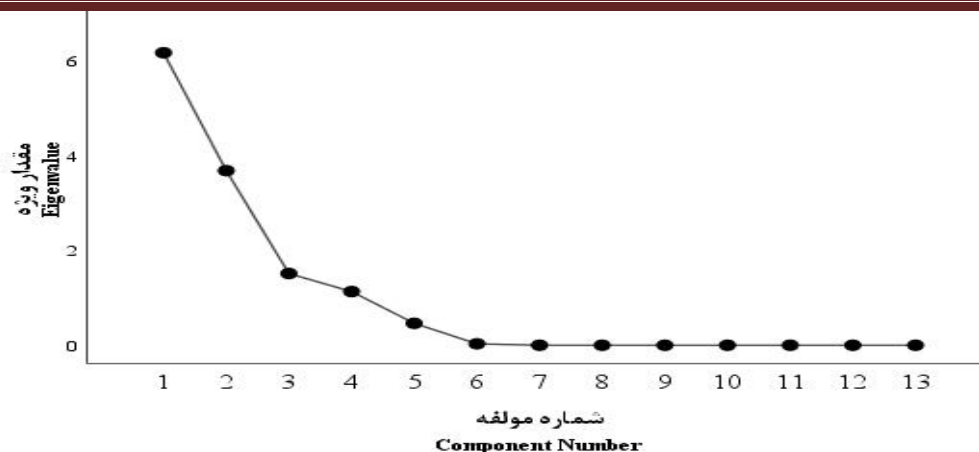


شکل ۸ - نمودار تجزیه خوشه ای WARD به دست آمده از داده های پالینولوژی  
Figure 8. Cluster WARD dendrogram obtained from Palynology

محور قطبی به محور استوایی، فاصله بین شیارها، فاصله بین شاخکها، تعداد شیارها، اندازه دانه هاگ، واحد دانه هاگ، شکل دانه هاگ و وضعیت منفذ، بیشترین سهم و تأثیر را در بین واریانس ها دارا هستند. در مؤلفه اصلی دوم، صفاتی مثل عرض محور استوایی، طول شیار، عرض شیار، طول شاخک، تعداد شیار، اندازه دانه هاگ، واحد دانه هاگ و شکل دانه هاگ بیشترین نقش و تأثیر را داشته اند. در مؤلفه اصلی سوم صفات طول محور قطبی، عرض محور استوایی، نسبت محور قطبی به محور استوایی، طول شیار، عرض شیار، طول شاخک، فاصله بین شاخکها، اندازه دانه هاگ و وضعیت منفذ بیشترین تأثیر و نقش را ایفا کرده اند. در مؤلفه اصلی چهارم طول محور قطبی، نسبت محور قطبی به محور استوایی، طول شیار، عرض شیار، طول شاخک، اندازه دانه هاگ، واحد دانه هاگ و وضعیت منفذ بیشترین سهم و نقش را داشته اند.

با توجه به اطلاعات نمودار اسکری پلات ترسیم شده و جدول شرح واریانس های (جدول ۵) صفات هاگ های مورد بررسی در می یابیم که چهار مؤلفه اصلی در تفکیک این هفت جمعیت مؤثر بوده اند. چهار مؤلفه اصلی اول حدود ۹۶/۲۱ درصد از واریانس کل را به خود اختصاص داده اند، به طوری که سهم مؤلفه اصلی اول، ۴۷/۵۰ درصد، مؤلفه اصلی دوم ۲۸/۳۴ درصد، مؤلفه اصلی سوم ۱۱/۶۶ درصد، مؤلفه اصلی چهارم ۸/۷۲ درصد بوده است. مؤلفه اصلی اول با مقدار ۴۷/۵۰ درصد از واریانس کل، مؤثرترین مؤلفه شناخته شد. با توجه به این نمودار مشخص شد که دیگر مؤلفه ها تأثیر چندانی در تفکیک جمعیت ها از هم نداشته و در مجموع حدود ۳/۷۹ درصد از واریانس کل را به خود اختصاص می دهند.

با توجه به اطلاعات جدول ماتریکس عوامل مشخص می شود که در تشکیل مؤلفه اصلی اول صفاتی از قبیل طول محور قطبی، عرض محور استوایی، نسبت



شکل ۹- نمودار اسکری پلات به دست آمده از داده‌های پالینولوژی

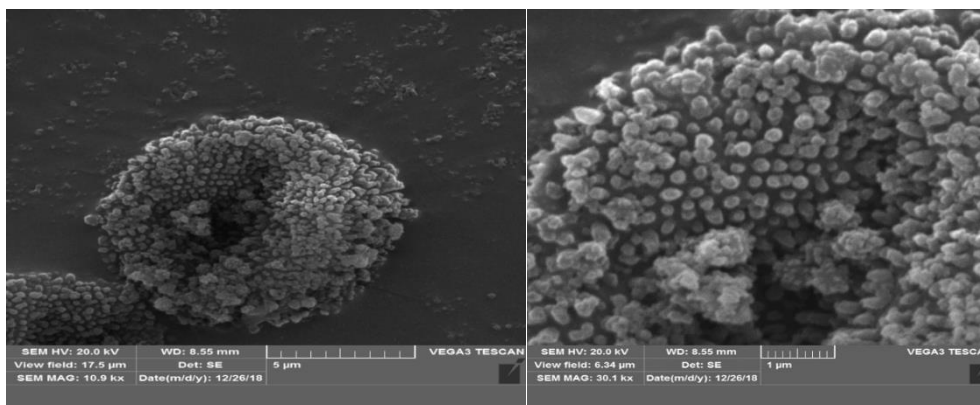
Figure 9. Curve scree plot obtained from fatty acids data

جدول ۶- توصیف واریانس‌های به دست آمده از داده‌های پالینولوژی

Table 6. Description of obtained variances from palynological data's

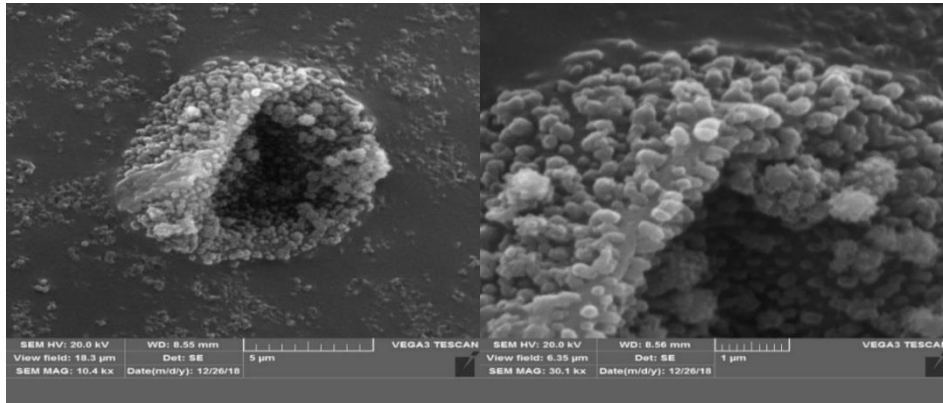
مجموع واریانس Total variance					
مؤلفه Component	مقادیر ویژه اولیه Initial eigenvalues		مقدار استخراج بارهای مربعی Extraction sums of squared loadings		
	مقدار ویژه Eigen value	درصد واریانس توجیحی Percentage of justification variance	درصد واریانس تجمعی Percentage of cumulative variance	مقدار ویژه Eigen value	درصد واریانس تجمعی Percentage of cumulative variance
1	6.175	47.500	47.500	6.175	47.500
2	3.684	28.339	75.839	3.684	75.839
3	1.515	11.655	87.494	1.515	87.494
4	1.133	8.716	96.210	1.133	96.210
5		3.559	99.769		
6		0.231	100.00		

روش استخراج: تجزیه و تحلیل مؤلفه اصلی



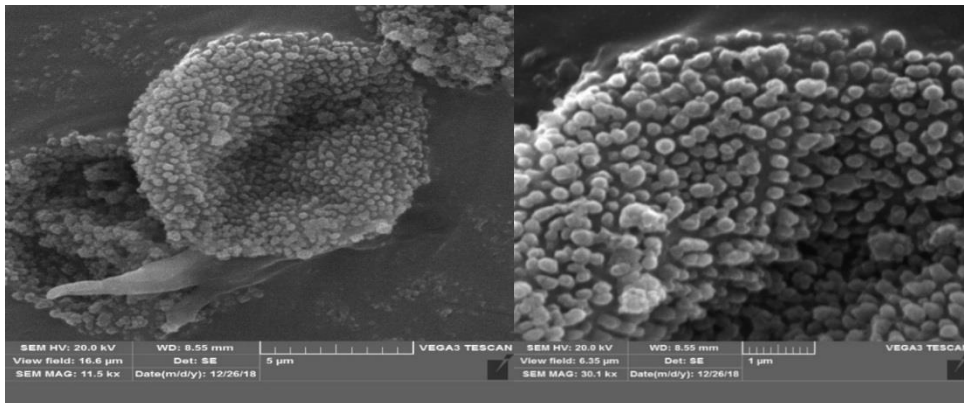
شکل ۱۰- هاگ جمعیت ماسال (گیلان) متعلق به گونه *F. remotifolia*

Figure 10. The spore of the population of Masal (Guilan) belongs to *F. remotifolia*



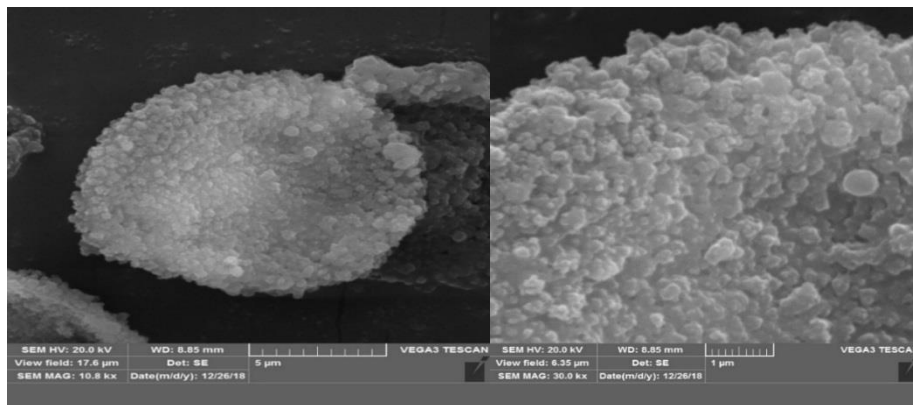
شکل ۱۱- هاگ جمعیت دودانگه (مازندران) متعلق به گونه *F. remotifolia*

Figure 11. The spore of the population of Dodangeh (Mazandaran) belongs to *F. remotifolia*



شکل ۱۲- هاگ جمعیت علی‌آباد (گلستان) متعلق به گونه *F. remotifolia*

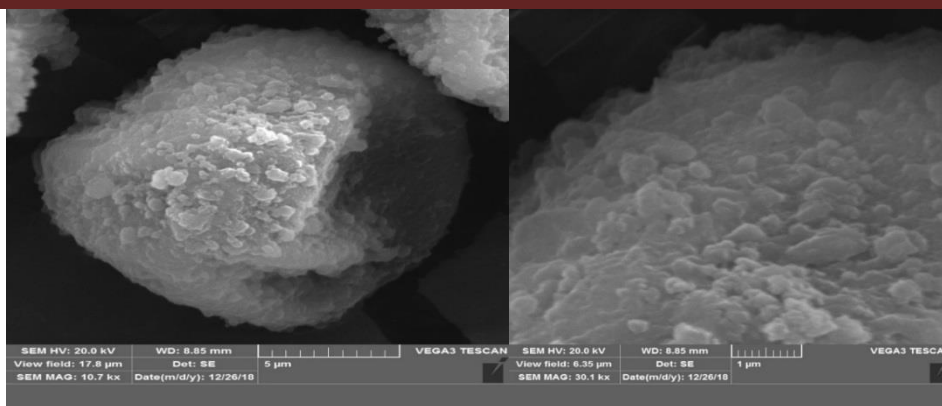
Figure 12. The spore of the population of Aliabad (Golestan) belongs to *F. remotifolia*



شکل ۱۳- هاگ جمعیت ماسال (گیلان) متعلق به گونه *H. besseri*

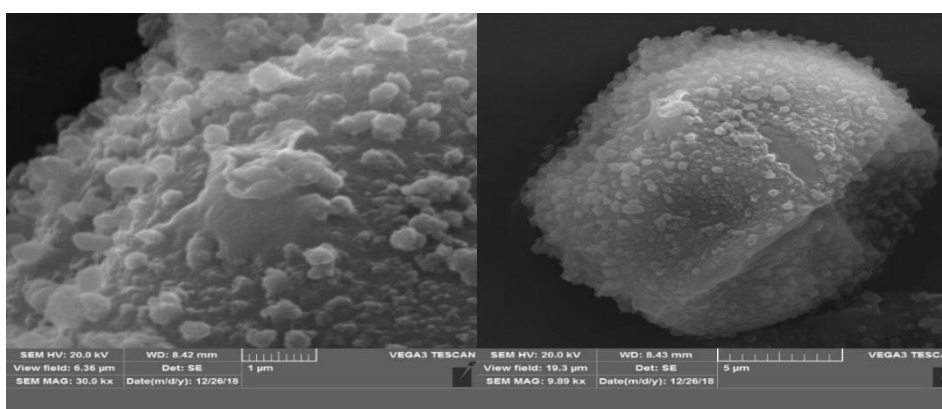
Figure 13. The spore of the population of Masal (Guilan) belongs to *H. besseri*





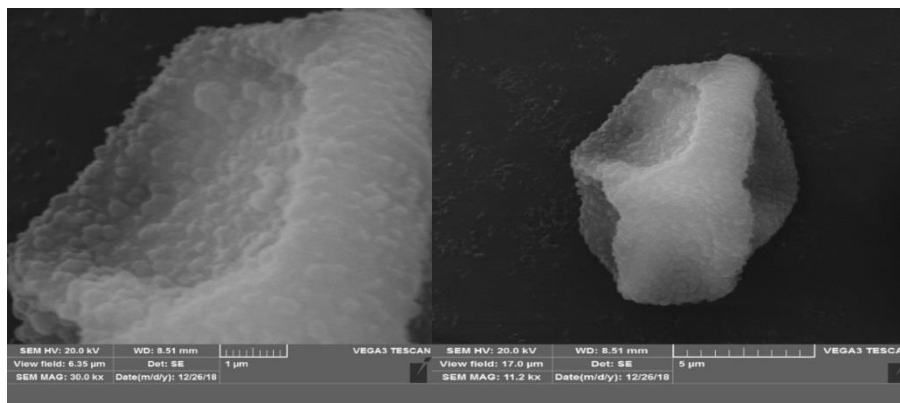
شکل ۱۴- هاگ جمعیت دودانگه (مازندران) متعلق به گونه *H. besseri*

Figure 14. The spore of the population of Dodangeh (Mazandaran) belongs to *H. besseri*



شکل ۱۵- هاگ جمعیت علی آباد (گلستان) متعلق به گونه *H. besseri*

Figure 15. The spore of the population of Aliabad (Golestan) belongs to *H. besseri*



شکل ۱۶- هاگ جمعیت دودانگه (مازندران) متعلق به گونه *P. catenulata*

Figure 16. The spore of the population of Dodangeh (Mazandaran) belongs to *P. catenulata*

مدت طولانی مورد بحث قرار گرفته است (Akiyama, 1994, Buck, 1980). جنس *Forsstroemia* در سال ۱۸۶۳ از جنس *Leptodon* جدا شد البته به جز یک گونه به نام *F. trichomitra* سپس در سال ۱۹۷۴ این جنس

بحث

در رابطه با جایگاه دقیق تاکسونومی *Forsstroemia* در بین تیره های تیره *Leptodontaceae* و *Leucodontaceae*، اختلافات زیادی وجود دارد و

بهترین نتیجه را ارائه می‌دهد. تعیین اسیدهای چرب توسط کروماتوگرافی گازی جنس *Kindbergia* بیان‌کننده مفید بودن اسیدهای چرب در جداسازی گونه‌های این جنس از خزه بوده است (Pejin, 2010). از اسیدهای چربی که معمولاً در بیشتر خزها بررسی شده می‌توان به *Pentadecanoic acid*، *Hexadecanoic acid*، *Octadecanoic acid*، *Heptadecanoic acid*، *Tetradecanoic acid*، *Eicosanoic acid* و *Docosanoic acid* اشاره کرد (Mitra, 2017). در این پژوهش نیز ترکیبات فوق مشاهده شد. (Marsili et al., 1972) بیان کردند که اسید چرب *Lauric acid* معمولاً وجود نداشته یا به مقدار اندکی در خزها یافت می‌شود. نتایج این پژوهش با نتایج (Marsili et al., 1972) همسو بوده و یافته‌های آن‌ها را تأیید می‌کند. طبق دندروگرام حاصل از GC/MS تمام جمعیت‌های گونه *F. remotifolia* به گونه *P. catenulata* نزدیک‌تر از گونه *H. besseri* است که با نتایج حاصل از بررسی پالینولوژی در یک راستا قرار گرفته است. نتایج پژوهش حاضر ثابت کرد که از نظر نوع ترکیبات، هر سه گونه مورد بررسی متفاوت بوده اما در جمعیت‌های هرگونه یکنواختی و همگونی مشاهده می‌شود.

نتایج تحقیق ریخت‌شناسی هاگ روی رده *Bryidae* نشان داد که بیشتر هاگ‌ها دارای منافذی از نوع یک شکاف طولی منفرد یا یک منفذ سه شعاعی هستند (Brubaker et al., 1998). در پژوهش حاضر جمعیت‌های *H. b. A* و *H. b. Do*، *F. r. Do*، *F. r. M* دارای منافذی با یک شکاف طولی منفرد هستند و جمعیت‌های *H. b. M*، *F. r. A* و *P. c. Do* دارای یک تا چند منفذ سه شعاعی هستند. الگوی تزئینات هاگ‌ها از اهمیت تاکسونومیکی برخوردار است (Luizi-Ponzo and Barth, 1998 and 1999). همان‌طور که از

در تیره *Leucodontaceae* قرار گرفت و در نهایت در سال ۱۹۸۰ به *Leptodontaceae* منتقل شد و این جایگاه در سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۰۴ تأیید شد (Buck, Stark, Manuel, 1974, Lindberg, 1863, 1980). در گذشته، Ireland (1974) شباهت‌های ریخت‌شناختی را در بین جنس‌های *Forsstroemia* و *Neckera* بیان کرد و پس از آن (Buck et al., 2000) با تجزیه و تحلیل‌های مولکولی، رابطه نزدیک *Leptodontaceae* و *Neckeraceae* را نشان داد (Buck Olson et al., 2009). Ireland, 1974, et al., 2000 رابطه نزدیکی بین جنس‌های *Forsstroemia* و *Leptodon* یافتند و همچنین نشان دادند که تیره *Leptodontaceae* حقیقی نیست و همه گونه‌های آن متعلق به تیره *Neckeraceae* است (Olsson et al., 2009). همچنین جایگاه دقیق تاکسونومی *F. remotifolia* به‌عنوان *Leskea catenulata* subsp. *remotifolia* یا *Pseudoleskeella laxiramea* (1908) مدت‌هاست که مورد بحث قرار گرفته است. Townsend and Schiffner (1966 and Schiffner, 1908) و *P. catenulata* Kindb. و *F. remotifolia* (Schiffner, 1908) شباهت ریخت‌شناختی بسیار زیادی دارند (Townsend, 1966). بر اساس داده‌های ریخت‌شناختی مشخص شد که *Pseudoleskeella laxiramea* با دیگر گونه‌های *Pseudoleskeella* متفاوت بوده و بیشتر به جنس *Forsstroemia* شبیه است، بنابراین *Pseudoleskeella laxiramea* به *F. remotifolia* تغییر نام یافت (Hedenas and Zare, 2010)؛ اما تجزیه خوشه‌ای داده‌های اسید چرب در این پژوهش نشان داد که گونه *F. remotifolia* در شاخه نزدیک‌تری به گونه *P. catenulata* قرار گرفته است.

در میان تمام روش‌های کروماتوگرافی، تعیین و تشخیص اسیدهای چرب توسط کروماتوگرافی گازی

توزیع انواع تزینات مختلف هاگ در بین گونه‌های مورد بررسی کاملاً مشخص و مشهود بود. تزینات سطحی اگزین در جمعیت‌های گونه *F. remotifolia* به فرم Clavate، در جمعیت‌های *H. besseri* تزینات سطحی به فرم Gemmate و در جمعیت‌های *P. catenulata* به فرم Scabrate است که نشان‌دهنده تفاوت کامل در ۳ گونه مورد بررسی است؛ بنابراین، نتایج این پژوهش یافته‌های Luiz-Ponzo and Barth (1998, 1999) را تأیید می‌کند. بر اساس تحقیق‌های هاگ‌شناسی اندازه هاگ‌ها در محدوده ۲۵-۰ میکرومتر به اندازه کوچک، ۵۰-۲۵ میکرومتر متوسط و بیشتر از ۵۰ میکرومتر بزرگ محسوب می‌شود (Potoglu and Savaroglu, 2007). در پژوهش حاضر جمعیت‌های ماسال، دودانگه و علی‌آباد در گونه *F. remotifolia* به ترتیب در اندازه‌های ۴۳/۴۰۱، ۳۴/۷۶۲ و ۳۴/۵۹۵ میکرومتر، در جمعیت‌های ماسال، دودانگه و علی‌آباد گونه *H. besseri*، به ترتیب در اندازه‌های ۴۱/۱۹۵، ۴۹/۰۲۳ و ۵۶/۷۶۰ میکرومتر و نیز در جمعیت دودانگه متعلق به گونه *P. catenulata*، ۳۳/۴۵۲ میکرومتر است. نتایج حاصل از بررسی پالینولوژی در هفت جمعیت از سه گونه *F. remotifolia*، *H. besseri* و *P. catenulata* بیانگر این موضوع است که اندازه هاگ در تمام جمعیت‌های این سه گونه به جز جمعیت *H. b. A*، متوسط بوده و اندازه هاگ در جمعیت *H. b. A* متعلق به گونه *H. besseri* بزرگ است. طبق تحقیق‌های Alfayate, C.; Ron, E.; Estébanez, B.; Pérez-Batista, M. Á., Mature spores of four pleurocarpous mosses in the Canary Islands: ultrastructure and early germination stages. *The Bryologist* **2013**, *116* (2), 97-112. Asakawa, Y., Chemical constituents of the bryophytes. In *Progress in the chemistry of organic natural products*, Springer: 1995; pp 1-562. Boissier, E.; Buhse, F. A., *Aufzaehlung der auf einer Reise durch Transkaukasien und Persien gesammelten Pflanzen in*

Alfayate et al. (2013)، اندازه هاگ در گونه *Homalia trichomanoides* کوچک گزارش شده است، اما نتایج پژوهش حاضر نشان داد که اندازه هاگ در گونه *H. besseri*، متوسط و بزرگ است. مشخص شد که اندازه بزرگ هاگ می‌تواند به دلیل سازگاری با استراتژی پراکندگی از طریق حشرات باشد (Clarke, 1973; Proctor and Yeo, 1979). نتایج بررسی ریخت‌شناسی هاگ روی جنس *Forsstroemia* نشان داد که شکل هاگ‌ها در گونه‌های *F. cryphaeoides*، *F. stricta*، *F. japonica* و *F. trichomitra* کروی است (Ignatov and Cherdantseva, 1995). در پژوهش حاضر، نسبت طول محور قطبی به محور استوایی در جمعیت‌های ماسال، دودانگه و علی‌آباد متعلق به گونه *F. remotifolia* (به ترتیب ۱/۰۰۱، ۱/۰۹۶ و ۱/۰۸۶)، نشان‌دهنده کروی (spheroidal) بودن هاگ این گونه است که نتایج (Ignatov and Cherdantseva, 1995) را تأیید نمی‌کند. علاوه بر این، نسبت طول محور قطبی به محور استوایی نشان‌دهنده شکل oblate در هاگ جمعیت‌های ماسال و دودانگه متعلق به گونه *H. besseri* (به ترتیب ۰/۹۰۸ و ۰/۹۰۲) است، ولی نسبت طول محور قطبی به محور استوایی نشان‌دهنده شکل prolate در هاگ جمعیت علی‌آباد متعلق به گونه *H. besseri* (۱/۲۵۶) بوده و همچنین در هاگ جمعیت دودانگه متعلق به گونه *P. catenulata* (۱/۰۹) گزارش شد.

## References

- Akhani, H.; Kürschner, H., An annotated and updated checklist of the Iranian bryoflora. *Cryptogamie, Bryologie* **2004**, *25* (4), 315-347.
- Akiyama, H., Suggestions for the delimitation of the Leucodontaceae and the infrageneric classification of the genus Leucodon. *The Journal of the Hattori Botanical Laboratory* **1994**, *76*, 1-12.

- Gemeinschaft*. Impr. W. Gautier: 1860; Vol. 18.
- Brubaker, L.; Anderson, P.; Murray, B.; Koon, D., A palynological investigation of true-moss (Bryidae) spores: Morphology and occurrence in modern and late Quaternary lake sediments of Alaska. *Canadian Journal of Botany* **1998**, 76 (12), 2145-2157.
- Buchanan, B. B.; Gruissem, W.; Jones, R. L., *Biochemistry and molecular biology of plants*. John Wiley & sons: 2015.
- Buck, W. R., Animadversions on Pterigynandrum with special commentary on Forstroemia and Leptopterigynandrum. *Bryologist* **1980**, 451-465.
- Buck, W. R.; Akiyama, H.; Arikawa, T.; Tsubota, H.; GonzÁlez, D.; Newton, A. E.; Shaw, A. J., Ordinal phylogeny within the hypnobryalean pleurocarpous mosses inferred from cladistic analyses of three chloroplast DNA sequence data sets: trnL-F, rps4, and rbcL. *The Bryologist* **2000**, 103 (2), 242-256.
- Clarke, G., *Spore morphology and bryophyte systematics*. Academic Press London/New York: 1979; Vol. 14.
- Croisier, E.; Rempt, M.; Pohnert, G., Survey of volatile oxylipins and their biosynthetic precursors in bryophytes. *Phytochemistry* **2010**, 71 (5-6), 574-580.
- Edw, W., Mosses from the Caspian and Black Sea regions. *The Bryologist* **1920**, 90-91.
- Frey, W., The bryological literature of southwest Asia. **1981**.
- Frey, W.; Kürschner, H.; Kürschner, H., Die epiphytische Moosvegetation im hyrkanischen Waldgebiet (Nordiran): Beihefte zum Tübinger Atlas des Vorderen Orients: Reihe A, Naturwissenschaften. **1979**.
- Frey, W.; Kürschner, H., Contributions towards a bryophyte flora of Iran, new records from Iran. *Iranian Journal of botany* **1983**, 2 (1), 13-19.
- Frey, W.; Kürschner, H., New and noteworthy records to the bryophyte flora of Iran. *Nova Hedwigia* **2010**, 503-512.
- Frey, W.; Kürschner, H., Studies on the bryophyte flora and vegetation of the Golestan National Park. *Iranian Journal of botany* **1977**, 1 (2), 137-153.
- Ghahreman, A.; Faridi, M.; Shirzadian, S.; Attar, F., New and interesting moss records for Iran. *Turkish Journal of Botany* **2007**, 31 (1), 41-48.
- Goffinet, B., Systematics of the Bryophyta (mosses): from molecules to a revised classification. *Molecular systematics of bryophytes. Monographs in Systematic Botany* **2004**, 98, 205-239.
- Hedenas, L.; Zare, H., The Euxinian-Hyrcanian endemic species *Forstroemia remotifolia* (Lindb. ex Broth) Hedenas & Zare, comb nov (Neckeraceae, Bryophyta). *Nova Hedwigia* **2010**, 61-67.
- Ignatov, M.; Cherdantseva, V. Y., The families Cryphaeaceae, Leucodontaceae and Leptodontaceae (Musci) in Russia. *Arctoa* **1995**, 4, 65-104.
- Ireland, R. R., Neomacounia, a new genus in the Neckeraceae (Musci) from Canada. *Bryologist* **1974**, 453-459.
- Juratzka, J.; Milde, J., Beitrag zur Moosflora des Orientes. *Verhandlungen der zoologisch-botanischen Gesellschaft in Wien* **1870**, 20, 589-602.
- Kenrick, P.; Crane, P. R., The origin and early evolution of plants on land. *Nature* **1997**, 389 (6646), 33-39.
- Khoshravesh, R.; Osaloo, S. K., Spore morphology of certain mosses of northern Tehran-Iran: taxonomical and ecological implications. *The Iranian Journal of Botany* **2007**, 13 (2), 150-159.
- Kohn, G.; Demmerle, S.; Vandekerkhove, O.; Hartmann, E.; Beutelmann, P., Distribution and chemotaxonomic significance of acetylenic fatty acids in mosses of the Dicranales. *Phytochemistry* **1987**, 26 (8), 2271-2275.
- Koskimies, K.; Simola, L. K., The fatty acid composition of some Sphagnum species. *Canadian Journal of Botany* **1980**, 58 (2), 259-263.
- Kürschner, H., Towards a bryophyte flora of the Near and Middle East.--New records from Iran, Jordan, Kuwait, Lebanon, Oman, Saudi Arabia, Syria, and Turkey. *Nova Hedwigia* **1996**, 63 (1), 261-272.
- Kürschner, H.; Kirmacı, M.; Erdağ, A.; Batsatsashvili, K.; Parolly, G., Ecology and life strategies of epiphytic bryophyte communities from the Arcto-Tertiary relict forests of the Black and Caspian Sea areas. *Nova Hedwigia* **2012**, 94 (1), 31-65.
- Kürschner, H.; Frey, W., Liverworts, mosses and hornworts of southwest Asia (Marchantiophyta, Bryophyta, Anthocerotophyta). **2011**.

- Kürschner, H.; Papp, B., Akhiani, H., New records to the bryophyte flora of Iran. Studies on the flora and vegetation of the Golestan National Park, NE Iran IV, *Nova Hedwigia* **2000**, *71* (3-4), 509-518.
- Lindberg, S., Om ett nytt slagte, Epipterygium, *Oefversigt Svensk Vetenskapsakademiens Forhandlingar* **1863**, *19*, 599-609.
- Luizi-Ponzo, A. P.; Barth, O. M., Spore morphology of some Bruchiaceae species (Bryophyta) from Brazil. *Grana* **1998**, *37* (4), 222-227.
- Luizi-Ponzo, A. P.; Barth, O. M., Spore morphology of some Dicranaceae species (Bryophyta) from Brazil. *Grana* **1999**, *38* (1), 42-49.
- Manuel, M. G., A revised classification of the Leucodontaceae and a revision of the subfamily Alasioideae. *Bryologist* **1974**, 531-550.
- Marsili, A.; Morelli, I.; Bernardini, C.; Pacchiani, M., Constituents of some mosses. *Phytochemistry* **1972**, *11* (6), 2003-2005.
- Mitra, S., High content of Dicranin in *Anisothecium spirale* (Mitt.) Broth., a moss from Eastern Himalayas and its chemotaxonomic significance. *Lipids* **2017**, *52* (2), 173-178.
- Mongrand, S.; Badoc, A.; Patouille, B.; Lacomblez, C.; Chavent, M.; Bessoule, J.-J., Chemotaxonomy of the Rubiaceae family based on leaf fatty acid composition. *Phytochemistry* **2005**, *66* (5), 549-559.
- Naqinezhad, A.; Saeidi Mehrvarz, S.; Noroozi, M.; Faridi, M., Contribution to the vascular and bryophyte flora as well as habitat diversity of the Boujagh National Park, N. Iran. *Rostaniha* **2007**, *7* (2), 125-126.
- Nyholm, E., Illustrated moss flora of Fennoscandia. II. Musci. second edition. Swedish Natural Science Research Council. Swedish. 1975.
- Olsson, S.; Buchbender, V.; Enroth, J.; Huttunen, S.; Hedenäs, L.; Quandt, D., Evolution of the Neckeraceae (Bryophyta): resolving the backbone phylogeny. *Systematics and Biodiversity* **2009**, *7* (4), 419-432.
- Pejin, B.; Vujisić, L. V.; Sabovljevic, M.; Sabovljevic, A.; Tešević, V.; Vajs, V., Preliminary analysis of fatty acid chemistry of *Kindbergia praelonga* and *Kindbergia stokesii* (Brachytheciaceae). *Journal of the Serbian Chemical Society* **2010**, *75* (12), 1637-1640.
- Potoglu Erkara, I.; Savaroglu, F., Spore morphology of some *Brachytheciaceae Schimp.* species (Bryophyta) from Turkey. *Nordic Journal of Botany* **2007**, *25* (3-4), 194-198.
- Proctor, M.; Yeo, P., The pollination of flowers. British Ecological Society, Wiley, London. 1973; 418 p.
- Rütten, D.; Santarius, K. A., Age-related differences in frost sensitivity of the photosynthetic apparatus of two *Plagiomnium* species. *Planta* **1992**, *187* (2), 224-229.
- Rütten, D.; Santarius, K. A., Seasonal variation in frost tolerance and sugar content of two *Plagiomnium* species. *Bryologist* **1993**, 564-568.
- Safaiipour, Zh.; Nazem Bokaei, Z., Comparative study of capsule structure in five species of mosses in Northern Iran. *Journal of Research and construction* **2005**, *17* (4), 78-86. (In Persian)
- Saritas, Y.; Sonwa, M. M.; Iznaguen, H.; König, W. A.; Muhle, H.; Mues, R., Volatile constituents in mosses (Musci). *Phytochemistry* **2001**, *57* (3), 443-457.
- Schiffner, V., Beiträge zur Kenntnis der Bryophyten von Persien und Lydien. *Österreichische Botanische Zeitschrift* **1908**, *58* (6), 225-231.
- Schiffner, V., Bryologische Fragmente. *Österreichische Botanische Zeitschrift* **1910**, *60* (11), 431-436.
- Schiffner, V., Einige Materialien zur Moosflora des Orients. *Österreichische botanische Zeitschrift* **1901**, *51* (5), 156-161.
- Schiffner, V., Musci Bornmülleriani. Ein Beitrag zur Cryptogamenflora des Orients. *Österreichische Botanische Zeitschrift* **1897**, *47* (4), 125-132.
- Sharifnia, F.; Cheraghi Nav, S.; Salimpour, F.; Akhondi Darzikolayi S., Report two new records of the Hylocomiaceae family for the Iranian bryoflora. *Plant Environmental Physiology* **2011**, *6* (24), 46-52. (In Persian)
- Shaw, A. J.; Goffinet, B., *Bryophyte biology*. Cambridge University Press: 2000.
- Shirzadian, S., Five new records of mosses to the bryophyte flora of Iran. *Phytomorphology* **2011**, *61* (3-4), 68-71.
- Stark, L. R., A taxonomic monograph of *Forsstroemia* Lindb. (Bryopsida: Leptodontaceae). *Journal of the Hattori Botanical Laboratory* **1987**, *63*, 133-218.

- Townsend, C., Mosses from Iran and Afghanistan. *Transactions of the British Bryological Society* **1966**, 5 (1), 131-135.
- Wyatt, R.; Lane, D. M.; Stoneburner, A., Chemosystematics of the Mniaceae. II. Flavonoids of Plagiomnium Section Rosulata. *Bryologist* **1991**, 443-448.
- Wyatt, R.; Lane, D. M.; Stoneburner, A., Chemosystematics of the Mniaceae. III. Sources of intraspecific variation in flavonoids. *Bryologist* **1991**, 452-456.
- Xie, C.-F.; Lou, H.-X., Secondary metabolites in bryophytes: an ecological aspect. *Chemistry & biodiversity* **2009**, 6 (3), 303-312.
- Zare, H.; Akbarinia, M.; Hedenäs, L.; Maassumi, A. A., Eighteen mosses from the Hyrcanian forest region new to Iran. *Journal of Bryology* **2011**, 33 (1), 62-65.
- Zare, H.; Hedenäs, L., Akbarinia, M., Amini, T., The Importance of Moss Biodiversity Conservation in Iran, *Nature* **2017**, 4 (2), 56-59. (In Persian)
- Zare, M.; Akbarinia, M.; Zare, H., Identification of corticolous moss in Caucasian walnut (*Pterocarya fraxinifolia* (Poir.) Spach) and relation of species diversity of the Moss with some bark physic-chemical characterizations. *Journal of Forest Research and Development* **2015**, 1 (1), 43-53.

## Phytochemical and Palynological Study of *Forsstroemia remotifolia*, *Homalia besseri* and *Pseudoleskeella catenulata* in North of Iran

S. S. Seyed Mousavi<sup>1</sup>, A. Mahmoudi Otaghvari<sup>\*2</sup>, H. Zare<sup>3</sup>, T. A. Aghajanzadeh<sup>4</sup>

1- M.Sc. Student of Systematic and Ecology, Faculty of Basic Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, I. R. Iran. (Sepid.sm17@gmail.com)

2- Associate Professor, Department of Botany, Faculty of Basic Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, I. R. Iran. (Botany1347@gmail.com)

3- Assistant Professor, Nowshahr Botanical Garden, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, I. R. Iran. (hh.zare@gmail.com)

4- Associate Professor, Department of Botany, Faculty of Basic Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, I. R. Iran. (t.aghajanzadeh@umz.ac.ir)

Received: 19.07.2020      Accepted: 10.10.2020

### Abstract

Mosses are small, non-vascular and non-flowering plants. *Forsstroemia remotifolia* was previously belonging to Leskeaceae family and its old name is *Pseudoleskeella laxiramea* (Schiffn.) Broth. According to recent morphological researches, changed from Leskeaceae family to the Neckeraceae family. Therefore, in present study, to eliminate the ambiguities in classification of this species, phytochemical and palynological investigation in *F. remotifolia*, *Homalia besseri*, and *P. catenulata* seems necessary. The results of gas chromatography (GC/MS) are showed that, *F. remotifolia* has 21 different types of fatty acids, *H. besseri* contains 23 types and *P. catenulata* possesses 18 types. Analysis of fatty acids has been shown 61.53% similarity in fatty acid compounds between *F. remotifolia*, and *P. catenulata*. Results of palynology showed that spore shape in populations of *F. remotifolia* is spheroidal and spore shape in populations of *H. besseri* is oblate, but the spore shape in population of *H. b. A* belonging to *H. besseri* is prolate and also the spore shape in population of *P. c. Do.* belonging to *P. catenulata* is spheroidal. Overall results of chemotaxonomy and palynology indicate close relationship between *F. remotifolia*, and *P. catenulata*.

**Keywords:** Biosystematics, Diversity of Fatty acids, Moss, Spore, Hyrcanian.

---

\* Corresponding author

Tel: +989112332172