

# استفاده اکوگروه‌های اسپورومورفی (SEGs) و گیاهان والد میوسپورها در بازسازی اقلیم دیرینه عضو قدیر (سازند نایبند)، جنوب طبس

فیروزه هاشمی یزدی<sup>(۱)</sup>، فرشته سجادی هزاوه<sup>(۲)</sup>، نرگس سادات میرپور شاه‌ابوالقاسمی<sup>(۳)</sup>، زهرا محمدی منش<sup>(۴)</sup>  
و محسن علامه<sup>(۴)</sup>

۱. استادیار، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
۲. دانشیار، دانشکده زمین‌شناسی، پردیس علوم، دانشکده زمین‌شناسی، دانشگاه تهران، ایران
۳. دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده زمین‌شناسی، پردیس علوم، دانشکده زمین‌شناسی، دانشگاه تهران، ایران
۴. دانشیار گروه مهندسی نفت، معدن و زمین‌شناسی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۰۸

## چکیده

برای بازسازی اقلیم دیرینه محیط تشکیل رسوبات عضو قدیر (سازند نایبند) از اطلاعات اکوگروه‌های اسپورومورفی (SEGs) و جوامع گیاهی مربوط به آن و همچنین فراوانی و تنوع میوسپورهای موجود استفاده شد. با توجه به طبقه‌بندی اسپور و پولن‌ها (اسپورومورف‌ها) در اکوگروه‌های اسپورومورفی (SEGs)، در چاه اکتشافی شماره ۹۵۴ (گستره اکتشافی پروده ۴)، جنوب طبس، ایران مرکزی، هر شش اکوگروه گیاهی (شامل گیاهان سازگار با ارتفاعات، دشت‌ها، رودخانه‌ها، پیشگام، ساحلی، و تحت تأثیر جزر و مد) در پالینوفلورای مورد مطالعه شناسایی شدند. نسبت بالای اسپورومورف‌های گرمادوست به سردادوست<sup>۱</sup> و نسبت پایین اسپورومورف‌های خشکی‌دوست به رطوبت‌دوست<sup>۲</sup>، حکایت از آب و هوای گرم و مرطوب دارد. با شناسایی گیاهان والد میوسپورها مشخص شد و به ترتیب فراوانی، سرخس‌ها (۴۴٪)، سیکادوفیتا (۳۴٪)، مخروطیان (۹٪)، لیکوفیتا (۸٪)، پتریدواسپرموفیتا (۲٪)، ژینکوفیتا (۲٪) و بریوفیتا (۱٪) پوشش گیاهی اطراف محیط تشکیل نهشته‌های مورد مطالعه را تشکیل می‌دادند. فراوانی چشمگیر اسپورهای منتسب به سرخس‌ها (*Foveogleicheniidites* و *Kyrtomisporis*) و پولن‌های منتسب به سیکادال‌ها (*Ovalipollis*) و *Ricciisporites* در مجموعه پالینوفلورای مورد مطالعه، حکایت از غلبه آب و هوای گرم تا نیمه گرم با رطوبت بالا دارد. موقعیت جغرافیای دیرینه ایران در حاشیه فعال جنوبی اوراسیا (پلیت توران) در زمان تریاس پسین، نیز این نتیجه‌گیری را تایید می‌کند.

**واژه‌های کلیدی:** اقلیم دیرینه، اکوگروه‌های اسپورومورفی، تریاس پسین، عضو قدیر (سازند نایبند)، طبس.

1. Warmer/cooler  
2. Drier/wetter

\* نویسنده مرتبط: ghorbani@du.ac.ir

## مقدمه

دولومیت شتری قرار گرفته‌است. در پهنه زغال‌دار طبس، افقی از کنگلومرا مابین سازندهای نایبند (تریاس پسین) و آب‌حاجی (لیاس) وجود دارد. در عضوهای سازند نایبند سنگواره‌های گوناگونی نظیر آمونیت، مرجان، براکیوپد، اسفنج، دوکفه‌ای، گاستروپد، فسیل‌های گیاهی، اسپور، پولن و سیست داینوفلاژله فراوانند. عضو قدیر نیز حاوی فسیل‌های فراوان گیاهی (در لایه‌های زغالی) و جانوری (در لایه‌های کربناتی) می‌باشد (آقاناتی، ۱۳۸۸، ۱۳۸۳، ۱۳۹۲ و علوی نائینی ۱۳۸۸). اسدی و قاسمی‌نژاد (۱۳۸۹) با مطالعه پالینومورف‌های سازند نایبند (تریاس پسین) در ۴۵ کیلومتری جنوب غربی کاشان، به علت وجود اسپور و پولن‌های متعلق به سرخس‌ها و بازدانگان و همچنین وجود داینوفلاژله‌های شاخص آب‌های گرم، آب و هوای گرم و مرطوب در زمان نهشته‌شدن این سازند را پیشنهاد کردند. جلالی فرد و همکاران (۱۳۹۰) و واعظ‌جوادی (۱۳۹۱) با مطالعه ماکروفسیل‌های گیاهی عضو قدیر (رتین) در گستره معادن پروده طبس، آب و هوای گرم و مرطوب را برای این عضو پیشنهاد کردند. اشتري (۱۳۹۲) با شناسایی اسفنج‌ها و فرامینیفرهای موجود در سازند نایبند (عضو حوض‌خان)، در جنوب غربی یزد (نصرآباد)، محیط رسوبی را یک محیط گرم و کم‌عمق می‌داند. قویدل سیوکی و همکاران (۱۳۹۳)، پالئوآکولوژی سازند نایبند (عضو حوض‌خان) را یک محیط دلتای ساحلی با آب و هوای گرم و مرطوب در زمان نهشته شدن این رسوبات پیشنهاد کردند.

منانی و یزدی (Mannani I and Yazdi 2009) سرخس *Clathropteris* sp. را از عضو قدیر (رتین) در شمال و شمال‌شرق اصفهان گزارش کردند که خود دلیلی بر آب و هوای گرم و مرطوب است. ولی‌پوری‌گودرزی و همکاران (۱۳۹۴) با شناسایی مرجان‌های تریاس پسین سازند نایبند، در پهنه فردوس (شرق ایران) در دو برش چینه‌شناسی حسن‌آباد و آب‌گرم، اجتماع مرجان‌ها را به محیط آب‌های گرم و کم‌عمق در محیط تروپیکال و ساب‌تروپیکال نسبت دادند.

پس از رویداد سیمیرین بیشین، با پیشروی دوباره دریا روی پیش‌بوم‌های تریاس میانی، ردیفی به نسبت سستبر از سنگ‌های شیلی و ماسه‌سنگی و گاهی کربناته بر جای گذاشته شد، تغییرات سن آن‌ها از تریاس پسین تا ژوراسیک میانی می‌باشد. سازند نایبند (تریاس پسین) قدیمی‌ترین واحد سنگ چینه‌ای گروه شمشک است و به‌صورت ناهمساز و ناگهانی روی سازند شتری (دولومیت‌های تریاس میانی) به‌صورت یک کارست کهن و آغشته به اکسید آهن قرار گرفته است. اولین کوشش در مورد شناخت چینه‌شناسی نهشته‌های تریاس فوقانی ناحیه طبس، توسط داگلاس (Douglas, 1929) صورت گرفت. او با شناسایی نمونه‌های مربوط به هیدروزوا، کورال‌ها، براکیوپودها و دوکفه‌ای‌ها، رسوبات تریاس بالایی را به ترتیب از پایین به بالا به سه سری حوض‌شیخ (لادینین)، نایبند (نورین-رتین) و سری حوض‌خان (رتین) تفکیک کرد. اشتوکلین و ستوده‌نیا (Stöcklin and Setudehnia, 1977) پس از بازنگری سری‌های یاد شده در حوالی ده نایبند نشان دادند، سری نایبند (نورین) در زیر، سری حوض‌شیخ در وسط و سری حوض‌خان (رتین) در بالا قرار دارد و سن پیشنهادی داگلاس برای سری حوض‌شیخ (لادینین) را رد کردند. برونیمن و همکاران (Bronnimann et al., 1971) سازند نایبند را از پایین به بالا، به چهار عضو گلکان (TrN1)، بیدستان (TrN2)، حوض‌شیخ (TrN3) و حوض‌خان (TrN4) تقسیم کردند، سپس کلایور و همکاران (Kluyver et al., 1983) ردیف‌های نهشته‌شده روی عضو رسمی حوض‌خان را به سه عضو غیررسمی و جدید از پایین به بالا شامل شیل زغال‌دار و ماسه‌سنگ (TrN5)، سنگ‌آهک مرجانی (TrN6) و ماسه‌سنگ سرخ (TrN7) تقسیم کردند. بدین ترتیب سازند نایبند به هفت عضو تقسیم شد. کارشناسان شرکت فولاد، ارتباط عضو TrN7 را با عضو زیرین آن، ناپیوسته دانستند و به مجموع دو عضو TrN5 و TrN6، عضو "قدیر" نام دادند. بدین سان، سازند نایبند دارای پنج عضو گلکان، بیدستان، حوض‌شیخ، حوض‌خان و قدیر می‌باشد. سازند نایبند شاید در همه جا به‌صورت ناگهانی و با دگرشیبی خفیف، روی

شباهت دارند. همچنین همراهی عناصر دریایی (سیست داینوفلاژله‌ها، دوکفه‌ای، مرجان‌ها و گاستروپدها) با عناصر خشکی (اسپور و پولن) حکایت از یک محیط رسوبی کم‌عمق در برش چینه‌شناسی مورد مطالعه دارد.

در این مطالعه به‌منظور بازسازی اقلیم دیرینه عضو قدیر (سازند نایبند)، در چاه اکتشافی شماره ۹۵۴ واقع در جنوب طبس، از مدل اکوگروه‌های اسپورومورفی (SEGs) و گیاهان والد میوسپورها استفاده شده‌است.

### موقعیت جغرافیایی و راه‌های ارتباطی چاه اکتشافی شماره ۹۵۴

طبس در شرق ایران مرکزی، در استان خراسان جنوبی (۳۰° ۳۳' تا ۳۴° ۰۰' عرض شمالی و ۵۶° ۳۰' تا ۵۷° ۰۰' طول خاوری) قرار گرفته است (Karimi-Bavandpur, 2002). چاه اکتشافی شماره ۹۵۴ در پهنه معادن زغال‌سنگ پروده ۴ در جنوب طبس در عرض جغرافیایی ۲۳° ۵۶' ۳۲" و طول جغرافیایی ۲۰° ۵۳' ۵۶" واقع شده است.

موقعیت چاه اکتشافی مورد مطالعه، با استفاده از جاده اختصاصی مجموعه معدنی و زغال‌شویی پروده، در کیلومتر ۱۸ جاده آسفالت‌ته طبس-یزد میسر می‌باشد. تقریباً در ۴۶ کیلومتری جاده ذکرشده، به یک فرعی خاکی رسیده که پس از طی حدود سه کیلومتر، چاه اکتشافی شماره ۹۵۴ قرار دارد (شکل ۱).

### روش مطالعه

تعداد ۷۵ نمونه از مغزه‌های چاه اکتشافی شماره ۹۵۴، برای مطالعات پالینولوژی برداشت شد (شکل ۲). اسلایدهای پالینولوژی به روش معمول (Phipps and Playford, 1984, Traverse, 2007) آماده‌سازی شدند. در این روش از هر نمونه در حدود ۱۰۰ گرم شستشو، خشک و خرد شدند. اسیدشویی نمونه‌ها با اسیدکلریدریک ۵۰٪ به‌منظور انحلال ترکیبات کربناته و اکسیدهای آهن انجام پذیرفت. پس از آبشویی نمونه‌ها، برای از بین بردن ترکیبات سیلیکاته، اسید فلئوئوریدریک<sup>۱</sup> استفاده شد و در ادامه آبشویی و خنثی‌سازی نمونه‌ها

موسوی (Mousavi, 2002) با معرفی نه پالینوزون، سن چهار عضو رسمی سازند نایبند را کارنین پسین تا رتین پیشین تعیین کرد. وی به علت فراوانی و تنوع پالینومورف‌های دریایی (آکریتارک-داینوفلاژله) نسبت به انواع خشکی (پولن و اسپور)، محیط رسوبی را یک دریای کم‌عمق دانست که در ساحل آن گیاهان متنوعی می‌زیستند. موسوی به علت شباهت اجتماع پالینولوژیکی سازند نایبند با افغانستان، آلمان، شمال آمریکا و شمال اروپا، نتیجه می‌گیرد که ایران مرکزی در زمان تریاس پسین، در حاشیه جنوبی خشکی اوراسیا واقع بود. سیریلی و همکاران (Cirilli et al., 2005) با مطالعه پالینومورف‌های سازند نایبند در شمال غرب نایبند، سن چهار عضو رسمی این سازند را نورین-رتین دانستند و گیاهان والد میوسپورها را، از نوع گیاهان نواحی گرمسیر تعیین کردند. صباغیان و همکاران (Sabbaghiyan et al., 2015) براساس داینوسیست‌های موجود در سازند نایبند در بلوک طبس، یک پالینوزون به سن رتین را شناسایی کردند که با سن حاصل از فسیل‌های گیاهی نظیر *Equisetites arenaceus*, *Scytophyllum persicum*, *Pterophyllum bavieri*, *Pterophyllum aequale* and *Nilssoniopteris musafolia* به‌طور کامل مطابقت دارد. همچنین همراهی پالینومورف‌های خشکی (اسپور و پولن) با پالینومورف‌های دریایی (داینوفلاژله) را نشانگر محیط رسوبی نزدیک به ساحل می‌دانند. سجادی و همکاران (Sajjadi et al., 2015) با مطالعه میوسپورهای سازند نایبند (نورین-رتین) در کمرماچه کوه، جنوب شرق طبس، به علت فراوانی میوسپورهای منتسب به مخروطیان و سرخس‌ها، نتیجه گرفتند که آب و هوای گرم و مرطوب همراه با کاهش تدریجی دما در اواخر تریاس حاکم بود. صباغیان و همکاران (Sabbaghiyan et al., 2020) با مطالعه پالینومورف‌های عضوهای بیدستان و حوض شیخ از سازند نایبند در برش چینه‌شناسی چاه تلخ، جنوب شرق شهر طبس، با معرفی دو پالینوزون بر اساس سیست داینوفلاژله‌ها (به سن نورین میانی-رتین) معتقدند، پالینومورف‌های موجود در این دو عضو، ترکیبی از عناصر اوراسیا و گندوانا می‌باشند، اما عناصر نورین میانی تا ابتدای رتین بیشتر به فلورای گندوانا

1. HCL

2. HF



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به برش چینه شناسی زیرسطحی، عضو قدیر، سازند نایبند چاه اکتشافی شماره ۹۵۴، گستره اکتشافی پرونده، جنوب طبس، ایران مرکزی

رسم شد. در پایان با بررسی داده‌های موجود، بازسازی آب و هوای دیرینه در گستره زمانی تریاس پسین انجام شد.

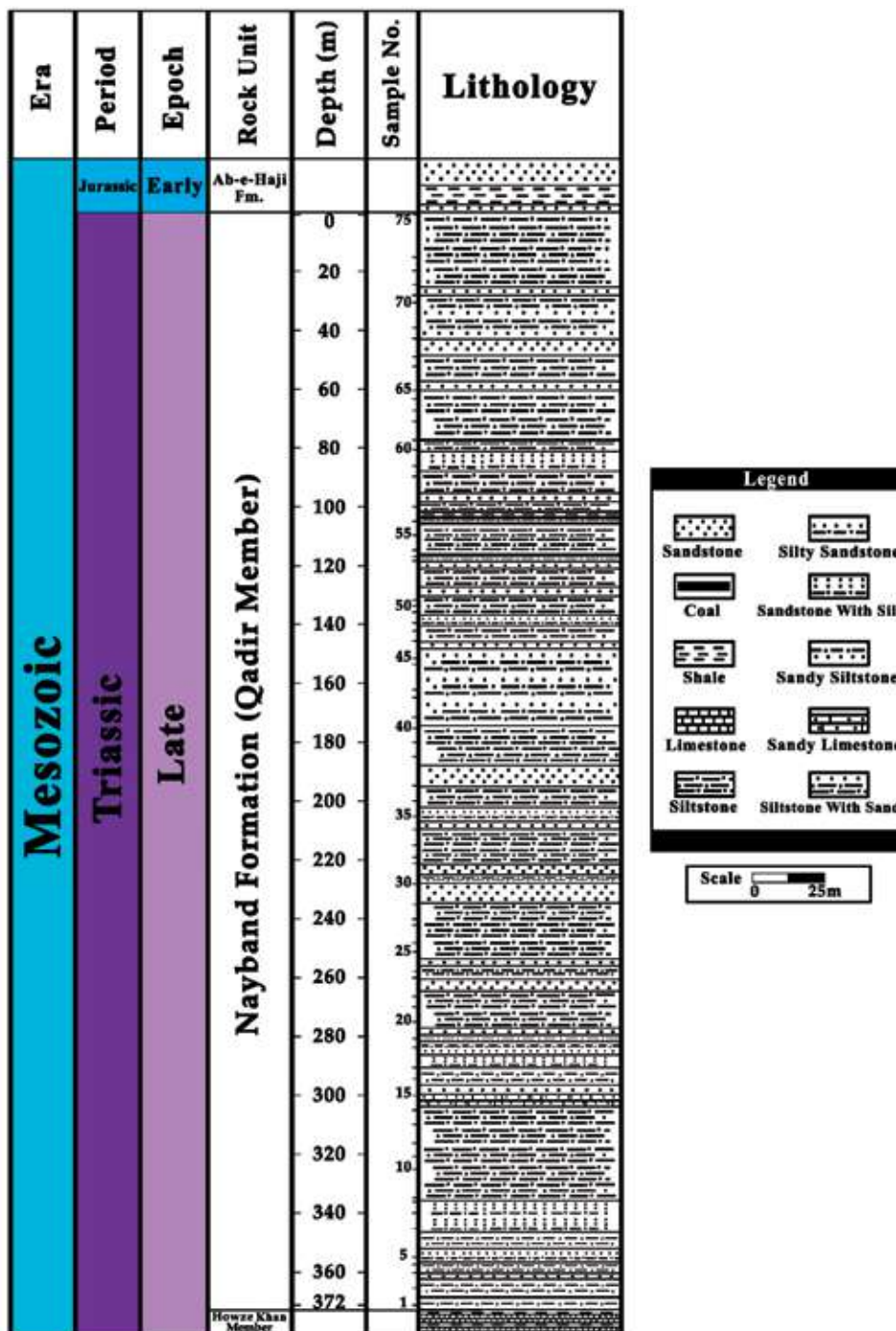
### اقلیم دیرینه

اقلیم‌شناسی یا آب و هواشناسی، به مطالعه مشخصات متوسط آب و هوایی در یک دوره بلند مدت در یک ناحیه، گفته می‌شود. از زمان ظهور گیاهان تاکنون تنوع و پراکندگی جغرافیایی آن‌ها تحت کنترل فاکتورهای مختلف از جمله عرض جغرافیایی، شرایط آب و هوایی، ارتفاع، و میزان بارش منطقه بوده است. با توجه به حساسیت گیاهان خشکی نسبت به تغییرات شرایط اقلیمی، میکروفسیل‌های گیاهی (میوسپورها)، که عامل تولید مثل گیاهان می‌باشند، شاخص‌های بسیار خوبی برای بازسازی آب و هوای دیرینه قاره‌ها می‌باشند (Traverse, 2007). میوسپورها به علت قابلیت حفظ‌شدگی، فراوانی قابل ملاحظه و قدرت پراکندگی وسیع جغرافیایی به‌وسیله آب و یا باد، در بازسازی شرایط محیط تشکیل سنگ میزبان دارای اهمیت خاصی می‌باشند (Wikström et al., 2002). با شناسایی گیاهان والد اسپورها و پولن‌ها، می‌توان اقلیم دیرینه را مورد مطالعه قرار داد (Dodd and Stanton, 1990). در مطالعه حاضر از گیاهان مولد اسپورها و پولن‌ها، برای تعیین جغرافیای قدیمی، اکولوژی دیرینه، و آب و هوای گذشته استفاده شده‌است.

انجام شد. نمونه‌ها از الک پارچه‌ای ۲۰ میکرون عبور داده شدند و به‌منظور جداسازی پالینومورف‌ها از عناصر سنگین و سایر مواد زاید، ۲۰ cc از هر نمونه با ۳۰ cc محلول کلرور روی<sup>۲</sup> (با وزن مخصوص ۱/۹ gr/cm<sup>۳</sup>) مخلوط شد و در دستگاه سانتریفیوژ قرار گرفت. نتیجه نهایی این فرآیند جداشدن و قرار گرفتن پالینومورف‌ها در بخش میانی محلول می‌باشد. برای تهیه اسلایدها، محلول حاوی پالینومورف‌ها آبشویی و اسلایدهای پالینولوژی تهیه گردید. از هر نمونه، سه اسلاید و در مجموع ۲۲۵ اسلاید مطالعه شد.

اسلایدهای آماده شده دارای پالینومورف‌های بسیار متنوعی شامل اسپورها و پولن‌های گیاهان خشکی، سیست داینوفلاژله‌ها، آستر داخلی فرامینیفرها، اسپور قارچ و اسپور آلگ با حفظ‌شدگی خوب تا متوسط می‌باشند که با استفاده از میکروسکوپ نوری زایس<sup>۳</sup> و با بزرگنمایی ۴۰ و ۱۰۰ مورد مطالعه قرار گرفته و با دوربین موبایل iPhone 6s تصویربرداری انجام شد (Plates 1, 2). برای بازسازی پارامترهای محیطی در زمان تریاس پسین، براساس مدل آبینک (Abbink, 1998) و آبینک و همکاران (Abbink et al., 2004) طبقه‌بندی میوسپورها در اکوگروه‌های اسپورومورفی انجام شد و نمودارهای تغییرات فراوانی و اقلیمی به کمک اکوگروه‌های اسپورومورفی رسم شد. گیاهان والد میوسپورها شناسایی و نمودار فراوانی آن‌ها

1. Sieve  
2. ZnCl<sub>2</sub>  
3. Zeiss



شکل ۲. ستون چینه‌شناسی عضو قدیر (سازند نایبند) چاه اکتشافی شماره ۹۵۴، گستره اکتشافی پروده، جنوب طبس، ایران مرکزی

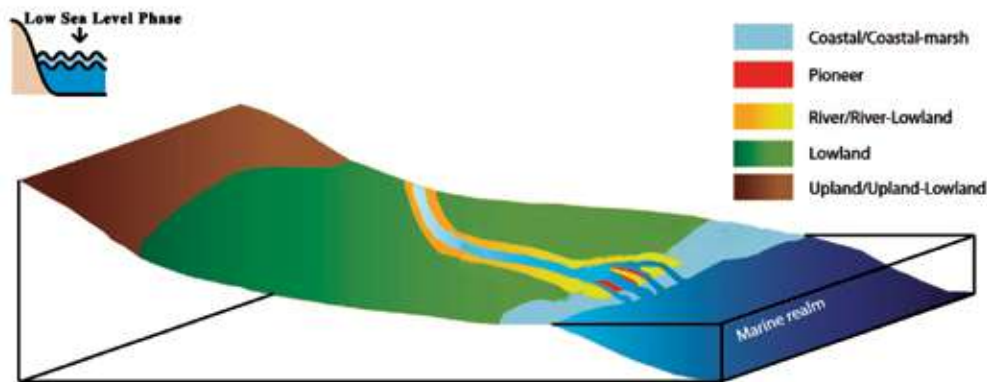
کردند. در مدل اکوگروه‌های اسپورومورفی (Abbink et al., 1998; 2004; Abbink, 1998) اسپور و پولن‌ها<sup>۴</sup> در گروه‌هایی به نام اکوگروه‌های اسپورومورفی طبقه‌بندی شدند که هر یک

1. Paleoclimatology
2. Sporomorph EcoGroups: SEGs
3. palaeocommunity
4. Sporomorphs

بازسازی اقلیم دیرینه<sup>۱</sup> عضو قدیر (سازند نایبند) براساس الگوی اکوگروه‌های اسپورومورفی<sup>۲</sup> آبینک و همکاران (Abbink et al., 2004) بر اساس پراکندگی پوشش گیاهان عهد حاضر و تلفیق اطلاعات گیاهی و پالینولوژی، یک مدل اجتماع دیرینه<sup>۳</sup> را معرفی

بر اساس مدل آبینک (Abbink, 1998) شش اکوگروه اسپورومورفی مطابق با جوامع گیاهی وجود دارند (شکل ۳). وی اعتقاد دارد گاهی نسبت دادن یک گروه از گیاهان تنها به یک جامعه گیاهی دشوار است. به همین دلیل بریوفیت‌ها و اسپوره‌های سرخس‌های منتسب به خانواده‌های اسمونداسه‌آ، شیزاسه‌آ، سیاتسه‌آ، دیکسونیاسه‌آ، دیپتیداسه‌آ و پتیداسه‌آ را متعلق به گروه‌های اسپورومورفی سازگار با پهنه‌های رودخانه‌ای و گروه‌های اسپورومورفی سازگار با پهنه‌های پست و دشت‌ها می‌داند.

معرف بوم‌شناسی<sup>۱</sup> خاصی هستند. هر نوع تغییر در تجمعات اسپورومورفی دیرینه، نشان‌دهنده تغییر در ترکیب جوامع گیاهان خشکی والد می‌باشد. گیاهان والد میوسپور توسط دو عامل جغرافیا و آب و هوا کنترل می‌شوند، پس به ترتیب تغییر در فراوانی نسبی اکوگروه‌های اسپورومورفی و تغییر در ترکیب کمی هر یک از اکوگروه‌های اسپورومورفی می‌تواند بیان‌کننده تغییر در شرایط جغرافیایی و یا آب و هوای آن پهنه باشد. بنابراین، از مدل اکوگروه‌های اسپورومورفی می‌توان برای تشخیص تغییرات سطح آب دریا و تغییرات آب و هوا استفاده کرد.



شکل ۳. پراکندگی جغرافیایی شش اکوگروه اسپورومورفی در شرایط بودن سطح آب دریا (برگرفته از Abbink et al., 2004)

در یک محیط رخ دهد نشان‌دهنده تغییرات جغرافیایی یا آب و هوایی آن محیط می‌باشد. برای بازسازی و شناسایی آب و هوای دیرینه می‌توان از تجزیه و تحلیل الگوهای فراوانی نسبی عناصر drier/wetter و warmer/cooler در مدل اکوگروه‌های اسپورومورفی استفاده کرد (Abbink et al., 2001).

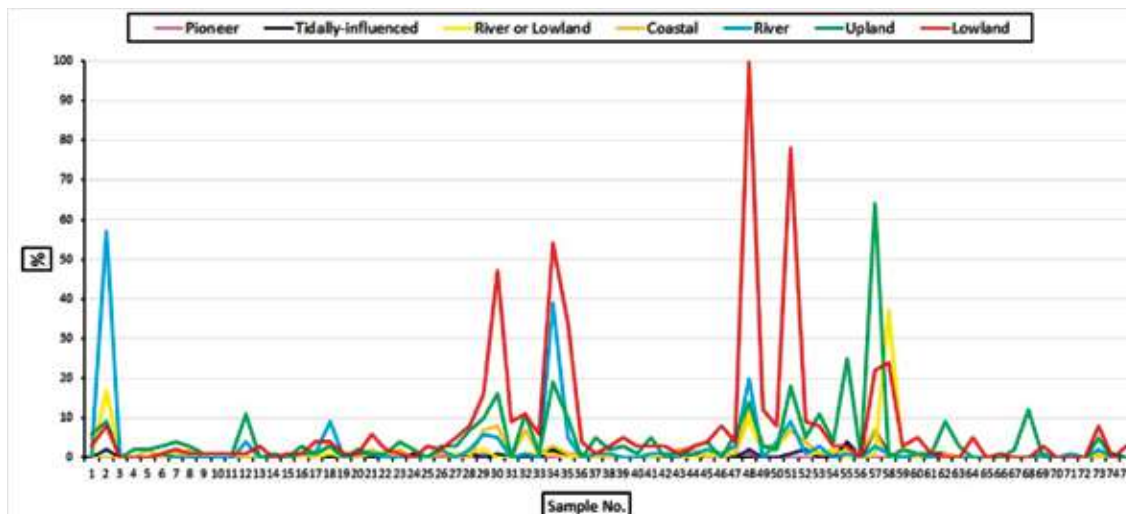
طبق این نظریه گیاهان والد میوسپورها در چهار گروه گیاهان رطوبت‌دوست<sup>۴</sup>، گیاهان خشکی دوست<sup>۵</sup>، گیاهان گرمادوست<sup>۶</sup> و گیاهان سردادوست<sup>۷</sup> طبقه‌بندی می‌شوند. از میان شش اکوگروه اسپورومورفی یاد شده، تنها از سه گروه گیاهی برای بازسازی آب و هوای گذشته استفاده

با توجه به مدل بالا و طبقه‌بندی اکوگروه‌های اسپورومورفی مشخص شد، میوسپوره‌های متعلق به هر شش اکوگروه گیاهی در عضو قدیر (سازند نایبند) در نمونه‌های مورد مطالعه وجود دارند. نمودار فراوانی انواع اکوگروه‌های اسپورومورفی نشان می‌دهد که حداکثر فراوانی میوسپوره‌های شناسایی شده، مربوط به جامعه گیاهی سازگار با پهنه‌های پست و دشت‌ها<sup>۴</sup>، و حداقل فراوانی منتسب به جامعه گیاهی سازگار با پهنه‌های پیشگام<sup>۲</sup> می‌باشد، تنها یک جنس از این جامعه گیاهی مشاهده شده است (شکل ۴).

### آب و هوای دیرینه براساس نسبت تجمعات پوشش گیاهی و اسپورومورفی

الگوهای توزیع، فراوانی و پراکندگی پوشش گیاهی در یک محیط توسط دو فاکتور مهم عوامل جغرافیایی و اقلیمی، کنترل می‌شوند پس می‌توان بیان کرد، اگر تغییری در الگوی فراوانی نسبی اکوگروه‌های اسپورومورفی و ترکیب کمی آن‌ها

1. Ecology
2. Lowland
3. Pioneer
4. wetter
5. drier
6. warmer
7. cooler



شکل ۴. فراوانی جوامع گیاهی مختلف در عضو قدیر (سازند نابیند)، چاه اکتشافی شماره ۹۵۴

(Abbink et al., 2001; Barrón et al., 2006, 2010; Galfetti et al., 2007; Hochuli and Vigran, 2010; Galloway et al., 2013)

می شود، زیرا این سه گروه نسبت به تغییرات اقلیمی حساس تر هستند و شامل اکوگروه های گیاهی سازگار با پهنه های پست و دشت ها و اکوگروه های گیاهی سازگار با پهنه های ساحلی و اکوگروه های گیاهی سازگار با پهنه های مرتفع می باشند.

Spore/pollen genera	Ecological type
<i>Apiculatisporis</i>	wetter/warmer
<i>Converrucosisporites</i>	
<i>Dictyophyllidites</i>	
<i>Kyrtomispors</i>	
<i>Lophotriletes</i>	
<i>Podocarpidites</i>	
<i>Punctatisporites</i>	
<i>Quadraeculina</i>	
<i>Classopollis</i>	warmer/drier
<i>Cycadopites</i>	
<i>Deltoidospora</i>	
<i>Gleicheniidites</i>	
<i>Striatella</i>	warmer/wetter
<i>Cerebropollenites</i>	drier/warmer
<i>Ovalipollis</i>	
<i>Aratrisporites</i>	drier/cooler
<i>Chasmatosporites</i>	cooler/drier
<i>Araucariacites</i>	cooler
<i>Callialasporites</i>	
<i>Guttatisporites</i>	wetter
<i>Ricciisporites</i>	warmer

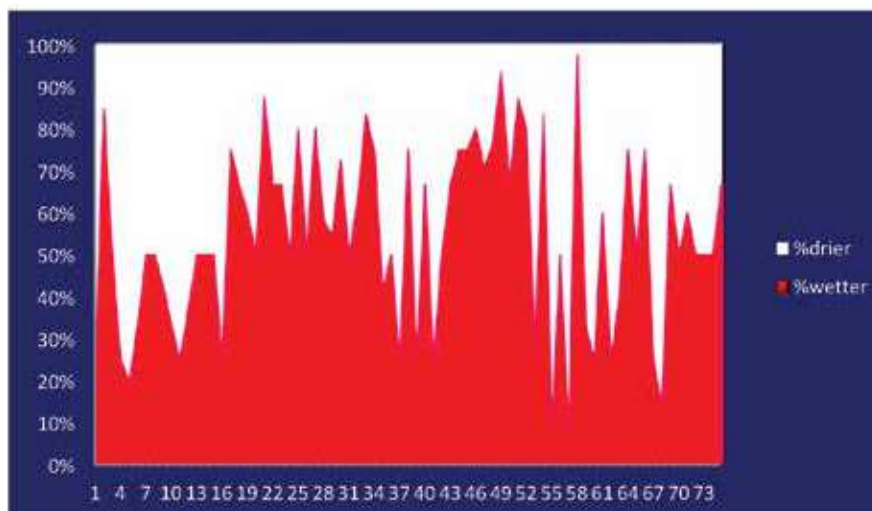
شکل ۵. اسپورومورف های شاخص اکوگروه های گیاهی سازگار با پهنه های پست و دشت ها، پهنه های ساحلی و پهنه های مرتفع و ارتباط آن ها با تغییرات اقلیمی

اکوگروه‌های اسپورومورفی برای بازسازی آب و هوای دیرینه محاسبه شد و نمودارهای اکولوژی مربوط به آن‌ها نیز رسم شد (شکل‌های ۶ و ۷). نسبت بالای اسپورومورف‌های گرمادوست به سرمادوست<sup>۱</sup> و نسبت پایین اسپورومورف‌های خشکی دوست به رطوبت دوست<sup>۲</sup>، آب و هوای گرم تا نیمه گرم و مرطوب در زمان نهشته شدن عضو قدیر را نشان می‌دهد.

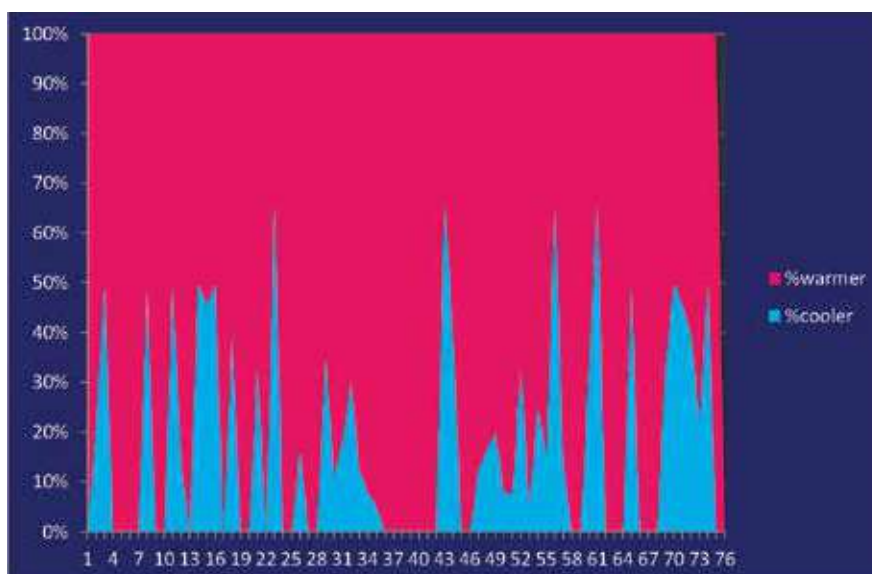
در این مطالعه میوسپورهای شاخص مربوط به این سه جامعه گیاهی در چهار گروه اقلیمی گرم، سرد، مرطوب و خشک طبقه‌بندی شدند (شکل ۵). برای تعیین اکولوژی دیرینه میوسپورها نیز از منابع زیر استفاده شد:

Abbink, 1998; Abbink et al., 2004; Kustatscher et al., 2010; Dixon, 2013; Krupnik et al., 2014; Li et al., 2016

فراوانی نسبی چهار گروه ذکر شده، با توجه به مدل



شکل ۶. چگونگی توزیع فراوانی گروه‌های مختلف گیاهی سازگار با شرایط مختلف آب و هوایی (خشکی دوست، رطوبت دوست) نسبت به هم در عضو قدیر، سازند ناپبند، چاه اکتشافی شماره ۹۵۴



شکل ۷. چگونگی توزیع فراوانی گروه‌های مختلف گیاهی سازگار با شرایط مختلف آب و هوایی (گرما دوست، سرما دوست) نسبت به هم در عضو قدیر، سازند ناپبند، چاه شماره ۹۵۴

1. Warmer/Cooler  
2. Drier/Wetter1.



Couper, 1960; Dettmann, 1963, 1986, 1994; Mädlar, 1964; Stanley et al., 1969; Pocock, 1970; Harris, 1974; Filatoff, 1975; Filatoff and Price, 1988; de Jersey and Raine, 1990; Vakhrameev, 1991; Dettmann and Clifford, 1992; Boulter and Windle, 1993; Balme, 1995; Batten and Dutta, 1997; Hubbard and Boulter, 1997; Abbink, 1998; McKellar, 1998; Sajjadi and Playford, 2002.; Roghi, 2004; Barrón et al., 2006; Larsson, 2009; Mander et al., 2012.

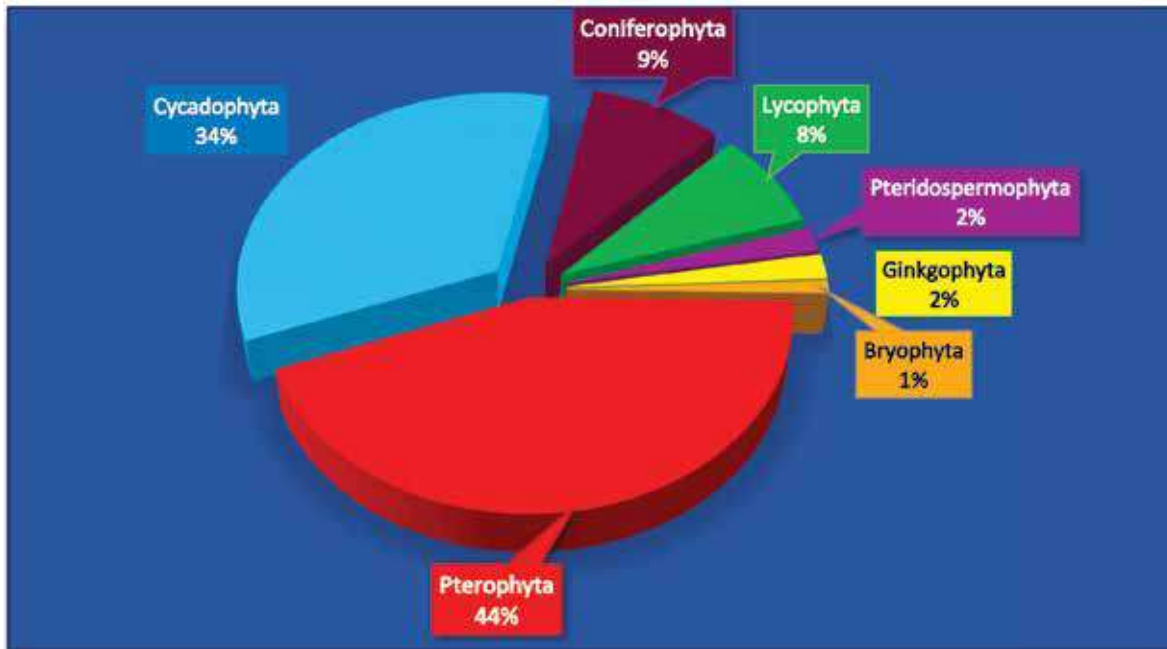
### بازسازی اقلیم دیرینه با استفاده از ترکیب گیاهان والد

به‌منظور مطالعه اقلیم دیرینه، گیاهان والد میوسپوره‌های موجود در نهشته‌های مورد مطالعه شناسایی (شکل ۸) و نمودار فراوانی آن‌ها رسم شد (شکل‌های ۹ و ۱۰). سپس با تجزیه و تحلیل داده‌های موجود، آب و هوای گستره زمانی تریاس پسین در عضو قدیر بازسازی گردید.

برای تعیین گیاهان والد میوسپورها نیز از منابع زیر استفاده شد:

Spores	Botanical affiliation
<i>Annulispora</i>	Bryophyta (Sphagnaceae)
<i>Apiculatisporis</i>	Pterophyta (Dipteridaceae)
<i>Aratrisporites</i>	Lycophyta
<i>Converrucosisporites</i>	Pterophyta (Dicksoniaceae)
<i>Deltoidospora</i>	Pterophyta (Cyatheaceae, Dipteridaceae, Dicksoniaceae)
<i>Densoisporites</i>	Lycophyta
<i>Dictyophyllidites</i>	Pterophyta (Dipteridaceae, Dicksoniaceae, Cyatheaceae, Matoniaceae)
<i>Foveogleicheniidites</i>	Pterophyta (Dipteridaceae, Dicksoniaceae, Cyatheaceae, Matoniaceae)
<i>Foveosporites</i>	Lycophyta (Lycopodium)
<i>Gleicheniidites</i>	Pterophyta (Gleicheniaceae)
<i>Guttatisporites</i>	Lycophyta (Lycopodiaceae)
<i>Kyrtomispors</i>	Pterophyta (Gleicheniaceae)
<i>Limbosporites</i>	Lycophyta
<i>Lophotriletes</i>	Pterophyta?
<i>Punctatisporites</i>	Pterophyta (Osmundaceae)
<i>Retitriletes</i>	Lycophyta
<i>Rugulatisporites</i>	Pterophyta (Osmundaceae)
<i>Stereisporites</i>	Bryophyta (Sphagnaceae)
<i>Striatella</i>	Pterophyta (Pteridaceae)
<i>Toripustulatisporites</i>	Pterophyta
<i>Verrucosisporites</i>	Pterophyta (Osmundaceae)
Pollen grains	Botanical affinity
<i>Alisporites</i>	Pteridospermophyta (Corystospermaceae)
<i>Araucariacites</i>	Coniferophyta (Araucariaceae)
<i>Callialasporites</i>	Coniferophyta (Araucariaceae)
<i>Cerebropollenites</i>	Coniferophyta
<i>Chasmatosporites</i>	Cycadophyta (Bennettitales)
<i>Chordasporites</i>	Coniferophyta
<i>Classopollis</i>	Coniferophyta (Cheirolepidiaceae)
<i>Cycadopites</i>	Cycadophyta / Pteridospermophyta (Peltaspermaeae)/Ginkgophyta
<i>Falcisporites</i>	Ginkgophyta
<i>Guthoerlisporites</i>	Lycophyta (Lycopodiaceae)
<i>Indusisporites</i>	Coniferophyta (Podocarpaceae, pinaceae?)
<i>Ovalipollis</i>	Cycadophyta /Coniferophyta?
<i>Podocarpidites</i>	Coniferophyta (Podocarpaceae)
<i>Quadraeculina</i>	Coniferophyta (Podocarpaceae)
<i>Ricciisporites</i>	Cycadophyta (Bennettitales)
<i>Striatissaccus</i>	Coniferophyta

شکل ۸. قرابت میوسپوره‌های موجود در چاه اکتشافی شماره ۹۵۴، عضو قدیر (سازند نایبند)



شکل ۹. فراوانی نسبی گیاه‌های والد میوسپورهای شناسایی شده در عضو قدیر (سازند نایبند)، چاه اکتشافی شماره ۹۵۴

پشته‌های مرطوب نیز وجود داشته باشند؛ (Fakhr, 1975; Vakhrameev, 1991; Tidwell and Nishida, 1993; Cantrill, 1995; Collinson, 1996; Deng, 2002). نمونه‌های امروزی برخی از این خانواده‌ها مانند سیاتسه‌آز نظر ریخت‌شناسی در مقایسه با نمونه‌های فسیل آن‌ها تغییر قابل ملاحظه‌ای نشان نمی‌دهند (Villar de Seoane, 1999)، امروزه فرم‌های مختلف این خانواده‌ها، بیشتر آب و هوای گرم و مرطوب و پهنه‌های استوایی تا نیمه استوایی را ترجیح می‌دهند و بیشتر در مجاورت جریان‌های آبی گسترش دارند. بر اساس اصل حال کلید گذشته است، می‌توان شرایط فعلی محیط زندگی نمونه‌های امروزی را به انواع فسیل نیز تعمیم داد (Van Konijnenburg-Van Cittert, 2002). حضور اسپور قارچ‌ها در مجموعه پالینومورفی نیز حاکمیت آب و هوای گرم تا نیمه‌گرم و مرطوب را تایید می‌کند.

1. Schizaeaceae
2. Osmundaceae
3. Dipteridaceae
4. Marattiaceae
5. Dicksoniaceae
6. Cyatheaceae
7. Gleicheniaceae
8. Matoniaceae

با توجه به گیاه‌های والد میوسپورها، به ترتیب فراوانی پتروفیت‌ها (۴۴٪)، سیکادوفیتا (۳۴٪)، مخروطیان (۹٪)، لیکوفیتا (۸٪)، پتریدواسپرموفیت‌ها (۲٪)، ژینکوفیت‌ها (۲٪) و بریوفیتا (۱٪) در ترکیب پوشش گیاهی مناطق اطراف محیط رسوب‌گذاری عضو قدیر (سازند نایبند) وجود داشتند.

همان‌طور که ملاحظه می‌شود، از میان گیاهان والد اسپورها و پولن‌ها بیشترین فراوانی و تنوع به سرخس‌ها (۴۴٪ و ۱۳ جنس) تعلق دارد و از اسپورهای منتسب به سرخس‌ها بیشترین فراوانی مربوط به *Kyrptomisporis* و *Foveogleicheniidites* می‌باشد.

به‌طور کلی سرخس‌ها شامل گروه‌های مختلفی مانند شیزاسه‌آ، اسمونداسه‌آ، دیپتیریداسه‌آ، ماراسیاسه‌آ، دیکسونیاسه‌آ، سیاتسه‌آ، گلیکنیاسه‌آ، و ماتونیاسه‌آ می‌باشند. سرخس‌های امروزی در پهنه‌های باز یا بوته‌زارهای کم‌بیش مرطوب و سایه‌دار و پهنه‌هایی مانند باتلاق‌ها، جلگه‌های مرطوب، حاشیه دریاچه‌ها، جنگل‌های کوهستانی مرطوب، محیط‌های ساحلی با رطوبت بالا و نواحی معتدل جنگل‌های بارانی دیده می‌شوند. این گیاهان ممکن است در پهنه‌های کم‌نور، در حاشیه رودخانه‌ها و روی

به سیکادوفیتا (سیکادال‌ها یا بنتیتال‌ها) و یا پیناتا<sup>۱</sup> باشد (Stanley et al., 1969). مطالعه دانه‌های پولن‌های تک شیاره *Cycadopites* و *Chasmatosporites* نیز نشان می‌دهد گیاه والد پولن‌های مذکور منتسب به سیکادوفیتا می‌باشند (Stanley et al., 1969; Larsson, 2009).

بنتیتال‌ها در هر دو نیمکره شمالی و جنوبی در پهنه‌های گرمسیری و نیمه‌گرمسیری گسترش داشته‌اند و محدود به مزوزوئیک بوده‌اند (Vakhrameev, 1987). در میان گیاهان دانه‌دار موجود، اعضای امروزی سیکادال‌ها خصوصیات منحصر به فردی دارند (Brenner et al., 2003). به‌طور کلی این گروه امروزه در پهنه‌های گرمسیری و نیمه‌گرمسیری آمریکای جنوبی و مرکزی، استرالیا، جزایر آرام، ژاپن، چین، هند، ماداگاسکار و آفریقای جنوبی زندگی می‌کنند (Hill, 2004; Ruckwied, 2009). برخی از آنها به زندگی در اقلیم نیمه کویری نیز عادت دارند و در ماسه یا حتی روی سنگ‌ها روئیده و بعضی هم قادر به تحمل شوری می‌باشند. مطالعات فسیل‌شناسی نشان می‌دهد اگرچه امروزه سیکادال‌ها جزء کوچکی از سلسله گیاهی را تشکیل داده‌اند ولی در دوره ژوراسیک بسیار فراوان بودند (Ruckwied, 2009).

### اقلیم و جغرافیای دیرینه ایران در زمان تریاس

دوره تریاس (۲۰۱ تا ۲۵۲ میلیون سال پیش)، دوره‌ای مهم در روند تکاملی اکوسیستم‌های غیردریایی بود. انقراض‌های پایان پرمین<sup>۲</sup> و پایان تریاس<sup>۷</sup>، دو انقراض مهم در تاریخ کره زمین هستند و در ابتدا و انتهای دوره تریاس به وقوع پیوست. به همین دلیل فلور<sup>۸</sup> تریاس به‌طور قابل توجهی با فلورای زمان‌های قبلی و بعدی خود متفاوت بوده و تغییرات بزرگی در ترکیب فلور جهانی روی داده‌است. پس از انقراض جمعی در مرز پرمین-تریاس، اکوسیستم‌های خشکی

پس از سرخس‌ها، سیکادوفیتا با فراوانی ۳۴٪ در رتبه دوم گیاهان والد پالینوفلورای مورد مطالعه قرار می‌گیرند و از پولن‌های منتسب به سیکادال‌ها حداکثر فراوانی مربوط به *Ovalipollis* و *Ricciisporites* می‌باشد. در یک طبقه‌بندی قدیمی سیکادوفیتا شامل سیکادهای واقعی، سیکادال‌ها و بنتیتال‌ها می‌باشند (Taylor et al., 2009). طبق رده‌بندی جدید، سیکادال‌ها گروهی قدیمی از ژیمنوسپرم‌ها می‌باشند که تاریخ حیات آنها به پالئوزویک (پنسیلوانین) برمی‌گردد. به نظر می‌رسد تنوع در این گیاهان قبل از وقوع انقراض تریاس پسین بیشتر بوده است. تعداد فسیل‌های بازمانده از سیکادها ناچیز و در مورد تأثیر پدیده انقراض بر تنوع اطلاعاتی در دست نمی‌باشد (González-Astorga et al., 2003). در پالینوفلورای مورد مطالعه پولن‌های *Cycadopites*، *Ricciisporites*، *Ovalipollis*، *Chasmatosporites* به این گروه نسبت داده شده است. لازم به ذکر است علی‌رغم فراوانی و گسترده‌گی جغرافیایی وسیع *Ricciisporites* به‌عنوان یک جزء مهم چینه‌شناسی زیستی در رسوبات تریاس بالایی اروپا، گرینلند و کانادا، تاکنون به‌صورت برج‌ا در گیاه والد یافت نشده‌است (Mander et al., 2012). در مطالعه مورفولوژی این پالینومورف، به روش SEM و TEM توسط مندر و همکاران (Mander et al., 2012) مشخص شد، هر دانه از این پولن در سطح دیستال حاوی یک شیار<sup>۲</sup> می‌باشد مشابه آنچه در سیکادال‌ها، ژینکوال‌ها و تعدادی از آنژیوسپرم‌ها دیده می‌شود. مطالعات مندر و همکاران (Mander et al., 2012) از وجود دیواره سکزاین<sup>۳</sup> داخلی گرانولار و نکزاین<sup>۴</sup> لایه‌ای متراکم حکایت دارد. این ویژگی‌های مورفولوژیکی، این پالینومورف را به ژیمنوسپرم‌ها یا بازدانگان و شاید بنتیتال‌ها نسبت می‌دهد. همچنین فرم ذکرشده از نظر مورفولوژیکی به پولن‌های تولید شده توسط *Cycadeoidea dacotensis* از بنتیتال‌ها شباهت دارد. *Ovalipollis* که یک پولن تک شیاره (گاهی دارای دوباله با دو شیار در سطح پروکسیمال) است از نظر مورفولوژی شبیه *Eucommiidites* and *Phyllocladidites* می‌باشد. بر اساس این شباهت، گیاه والد *Ovalipollis* می‌تواند منتسب

1. in situ

2. colpus

3. sexine

4. nexine

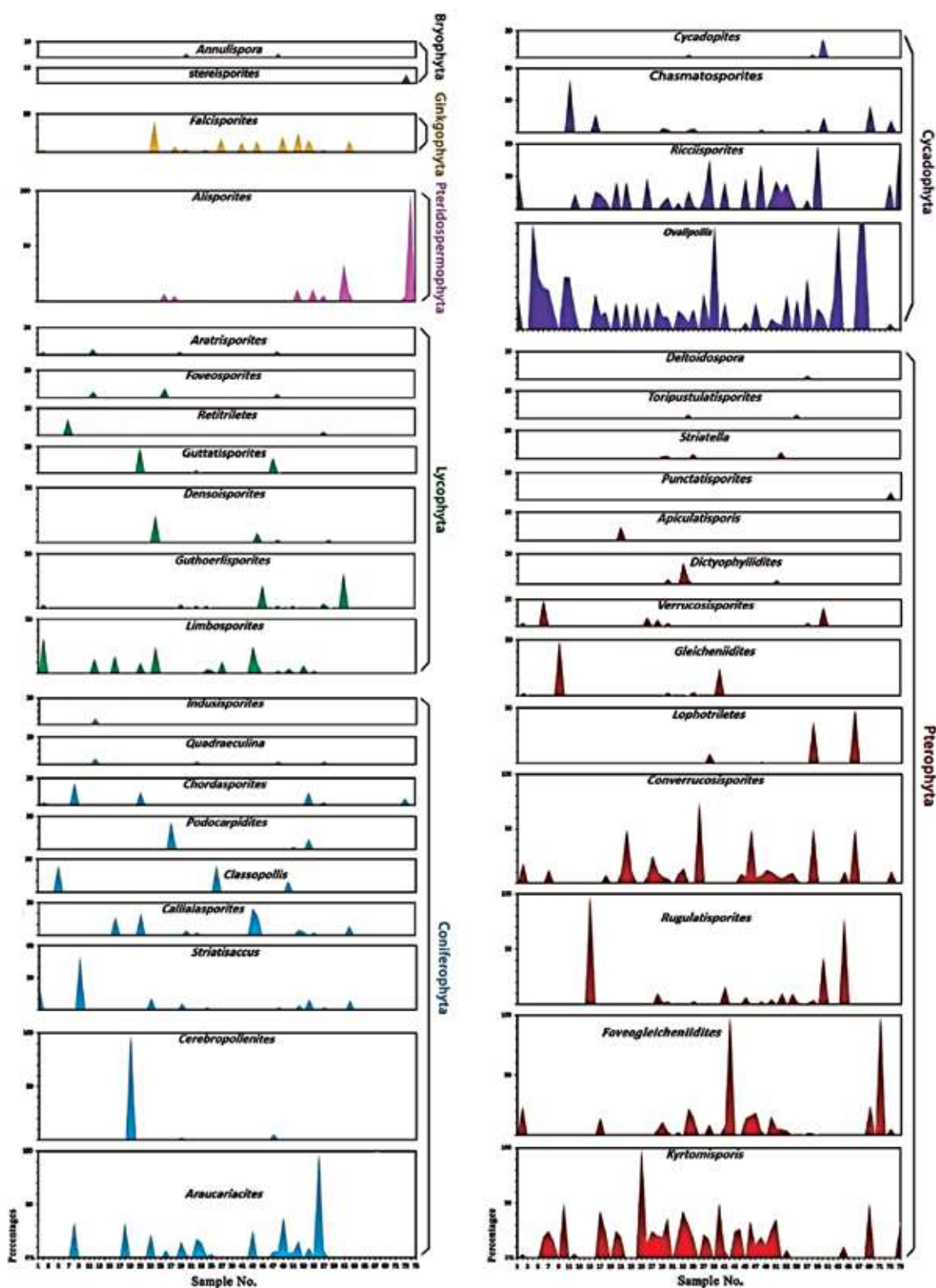
5. Pinatae

6. end-Permian extinction (EPE)

7. end-Triassic extinction (ETE)

8. Flore

استفاده اکوگروه‌های اسپورومورفی (SEGs) و گیاهان والد میوسپورها در بازسازی اقلیم دیرینه عضو قدیر ...



شکل ۱۰. فراوانی نسبی میوسپورها و گیاه‌های والد آن‌ها در عضو قدیر (سازند نابند)، چاه اکتشافی شماره ۹۵۴

(Dobruskina, 1994). همچنین مطالعات پالینولوژی سیریلی و همکاران (Cirilli et al., 2005) حکایت از حضور برخی از اشکال میکروفلوراهاى اوراسیا در تریاس پسین (سازند نایبند) می‌کند که مؤید موقعیت صفحه ایران در حاشیه جنوبی اوراسیا در این زمان می‌باشد. طبق مطالعات ماتسوموتو و همکاران (Matsumoto et al., 1995) نیز ایران در تریاس پسین، در عرض جغرافیایی حدود ۳۵ درجه شمالی قرار داشته است (شکل ۱۱). سیدامامی (Seyed-Emami 2003) نیز معتقد است، در طول تریاس پسین تا اوایل ژوراسیک میانی، بخش‌های شمال ایران و ایران مرکزی (ورق ایران)، در مرز جنوبی اوراسیا قرار داشته‌است. موقعیت جغرافیایی ایران مرکزی در تریاس پسین (جنوب اوراسیا)، حکایت از آب و هوای گرم و مرطوب در این گستره زمانی می‌کند. نتایج به‌دست‌آمده از مطالعه گیاهان والد میوسپورها و گروه‌های اسپورومورفی عضو قدیر (سازند نایبند) نیز مؤید این نظریه می‌باشد.

بهبود یافته و تکثیر در خانواده‌ها و جنس‌های مختلف سرخس‌ها و انواع ژیمنوسپرم‌ها به وقوع پیوسته است. با شروع تریاس پیشین، شاهد تنوع کم و تا حدودی یکنواخت گیاهان می‌باشیم درحالی‌که در تریاس پسین و قبل از بحران زیستی انتهای تریاس، گیاهان به‌طور سریع تکامل یافته و به فرم‌های پیچیده‌ای تبدیل شده‌اند. (Anderson et al., 1999; Willis and McElwain, 2002; Vajda and Bercovici, 2014).

علاوه‌براین، اشتقاق ابرقاره پانگه‌آ در تریاس پیشین، آغاز شده و در طول تریاس میانی به دو قاره شمالی لوراسیا و جنوبی گندوانا تقسیم شده‌است (Fursich et al., 2009). در اثر این اشتقاق، بسیاری از خانواده‌ها و جنس‌های گیاهی، به‌طور گسترده در تریاس پسین، در این دو قاره پراکنده شدند (Kustatscher et al., 2018).

مطالعات دیرینه‌شناسی گیاهی<sup>۲</sup> تریاس پسین نشان می‌دهد، صفحه ایران در بخش آسیای جنوب غربی قرار داشته و دارای آب و هوای گرمسیری بوده است



شکل ۱۱. نقشه اصلاح شده جغرافیای دیرینه، موقعیت صفحه ایران و اقلیم دور تریاس پسین (Benton, 2016 و Mazaheri-Johari et al., 2021)

1. Lorazia  
2. Paleofloristic

## نتیجه‌گیری

اکوگروه‌های اسپورومورفی و جوامع گیاهی مربوط به آن‌ها، در عضو قدیر (سازند نایبند) در چاه اکتشافی شماره ۹۵۴ (پهنه زغال سنگ پروده ۴) مورد مطالعه قرار گرفت. مطالعه نمودارهای تغییرات فراوانی اکوگروه‌های اسپورومورفی نشان می‌دهد میوسپورهای موجود، در تمام گروه‌های شش‌گانه گیاهی براساس طبقه‌بندی آبینک، در زمان نهشته شدن رسوبات عضو قدیر وجود داشتند. با استفاده از اسپورومورف‌های گروه‌های گیاهی شاخص (گروه‌های گیاهی سازگار با پهنه‌های پست و دشت‌ها، سازگار با پهنه‌های ساحلی و سازگار با پهنه‌های مرتفع) و ارتباط آن‌ها با تغییرات اقلیمی، الگوی فراوانی نسبی آن‌ها رسم شد. نسبت بالای اسپورومورف‌های warmer/cooler و نسبت پایین اسپورومورف‌های drier/wetter، حکایت از آب و هوای گرم تا نیمه گرم و مرطوب تریاس پسین در محیط رسوب‌گذاری عضو قدیر می‌کند.

خود اختصاص داده‌اند. فراوانی چشمگیر اسپورهای منتسب به سرخس‌ها (۴۴٪) به‌خصوص *Kyrtomispuris* و *Foveogleicheniidites* و پولن‌های منتسب به سیکادال‌ها (۳۴٪) به‌خصوص *Ovalipollis* و *Ricciisporites* در مجموعه پالینوفلورای مورد مطالعه، حکایت از غلبه آب و هوای گرم تا نیمه گرم با رطوبت بالا دارد.

اطلاعات به‌دست‌آمده با موقعیت ایران در نقشه اقلیم و جغرافیای تریاس پسین (عرض‌های جغرافیایی حدود ۳۰ تا ۴۰ درجه شمالی) آب و هوای ذکرشده را تایید می‌کند.

## سپاسگزاری

از مسئولین مجتمع معادن زغال سنگ طبس (شرکت تهیه و تولید مواد معدنی) و شرکت زغال سنگ پروده طبس به سبب فراهم کردن شرایط برای دسترسی و نمونه‌برداری از مغزه‌های حفاری چاه اکتشافی شماره ۹۵۴ تشکر می‌شود. از جناب آقای مهندس زندمنفرد به‌واسطه مشاوره و راهنمایی‌هایشان در تمامی مراحل نمونه‌برداری صمیمانه قدردانی می‌شود.

گیاه‌های والد میوسپورها شامل سرخس‌ها، بازدانگان (شامل مخروطیان و ژینکوفیت‌ها)، لیکوفیتا، پتریدواسپرموفیت‌ها و بریوفیتا می‌باشند که از میان آن‌ها سرخس‌ها حداکثر فراوانی و بریوفیتا حداقل فراوانی را به

**Plate 1**

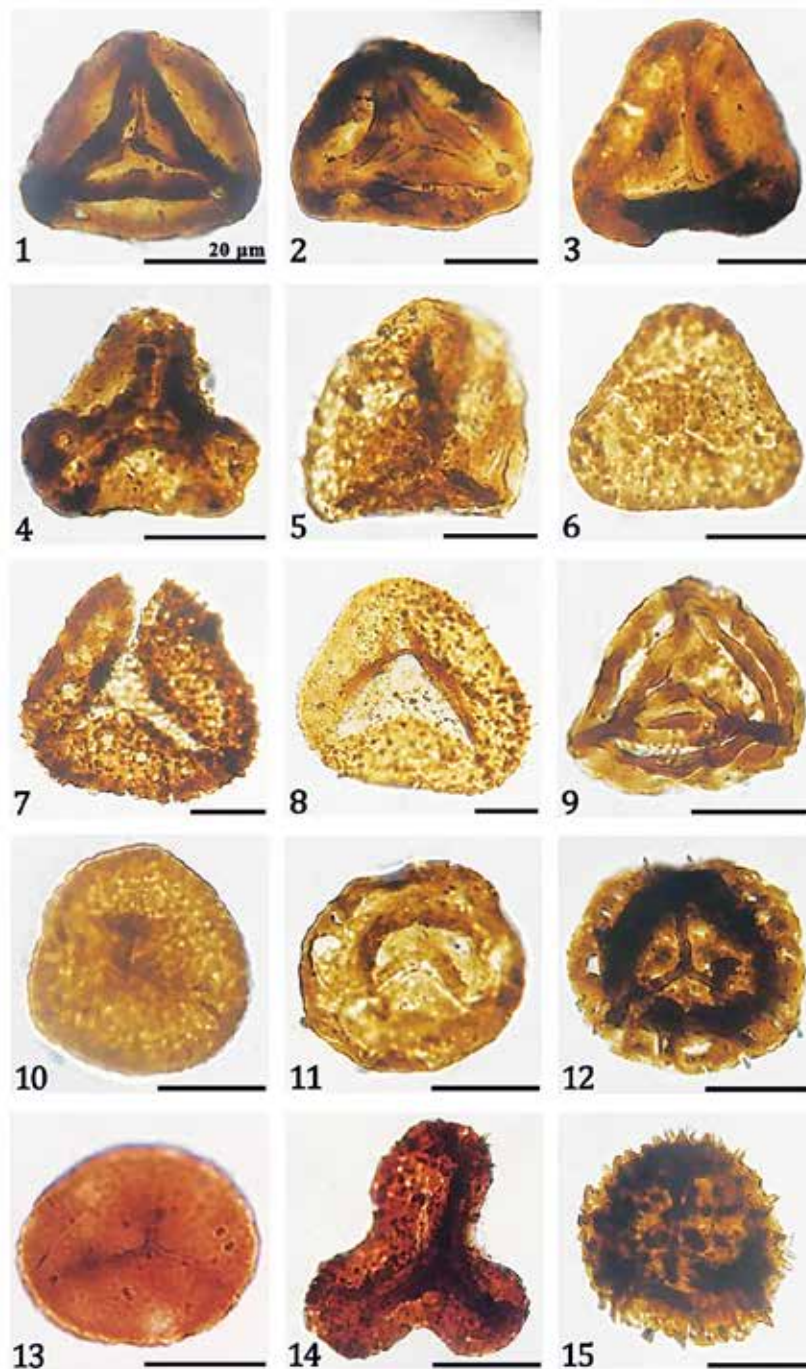


Plate 1: 1-*Kyrtomisporis laevigatus* Madler, 1964; proximal focus. 2- *Gleicheniidites senonicus* Ross emend. Skarby, 1964; proximal focus. 3- *Dictyophyllidites mortonii* (de Jersey) Playford & Dettmann, 1965; proximal focus. 4- *Foveogleicheniidites atavus* Raine in de Jersey & Raine 1990; proximal focus. 5- *Foveosporites moretonensis* de Jersey, 1964; proximal focus. 6- *Converrucosporites rewanensis* de Jersey, 1970; median focus. 7- *Converrucosporites cameronii* (de Jersey) Playford & Dettmann, 1965; proximal focus. 8- *Lophotriletes bauhiniae* de Jersey & Hamilton, 1967; proximal focus. 9- *Striatella seebergensis* Madler, 1964; distal focus. 10- *Rugulatisporites permixtus* Playford in Playford, Rigby and Archibald, 1982; proximal focus. 11- *Annulispora* sp. cf. *A. folliculosa* (Rogalska) de Jersey, 1959; proximal focus. 12- *Limboisporites antiquus* (de Jersey) de Jersey and Raine, 1990; proximal focus. 13- *Densoisporites velatus* Weyland & Krieger emend. Krasnova, 1961; proximal focus. 14- *Toripustulatisporites hokonuiensis* de Jersey 1990; proximal focus. 15- *Apiculatisporis* cf. *celematisi* de Jersey, 1998; median focus.

Plate 2

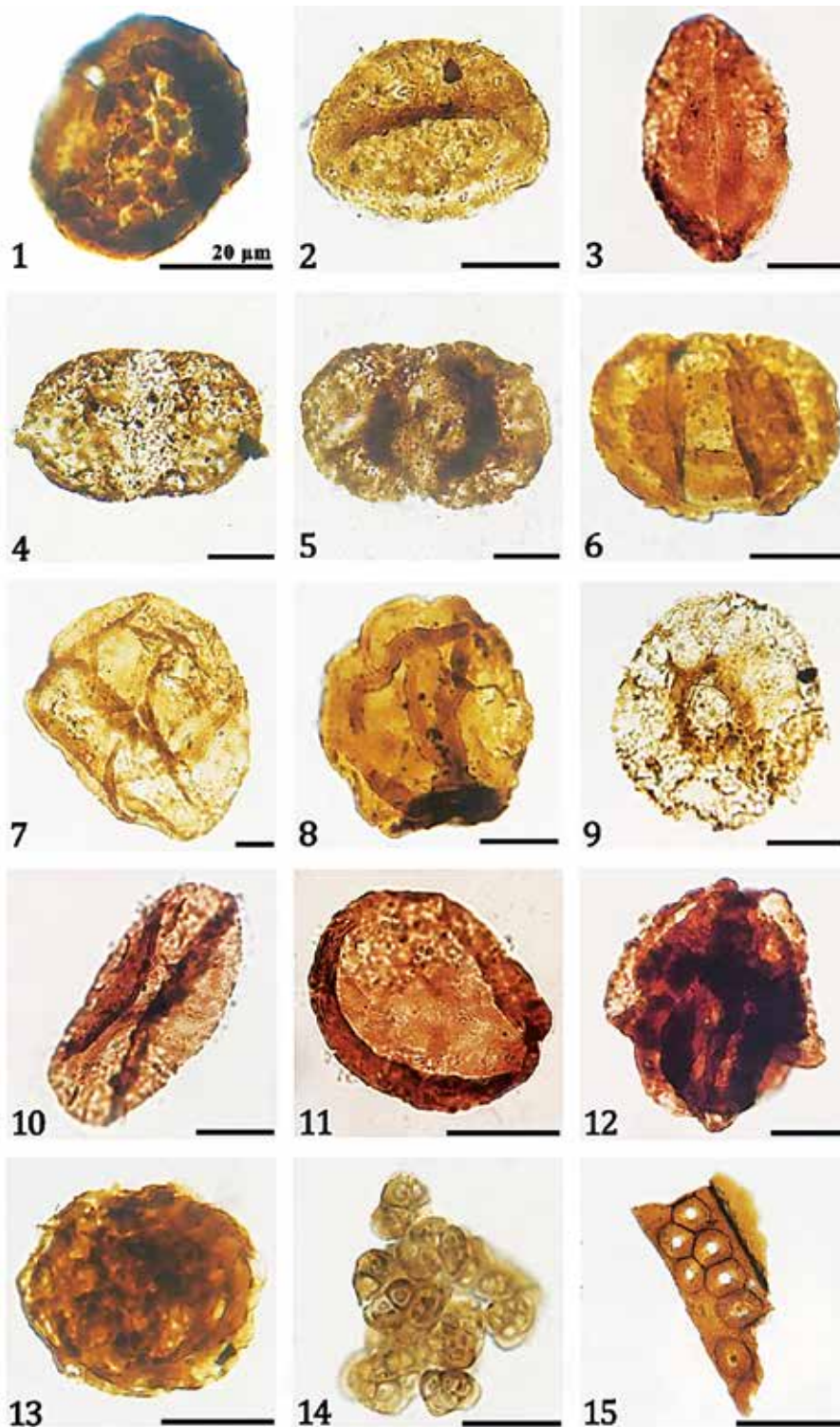


Plate 2: 1- *Verrucosiporites* sp. cf. *V. carnarvonensis* de Jersey & Hamilton, 1967; proximal focus. 2- *Aratrisporites* spp.; proximal focus. 3- *Ovalipollis ovalis* Krutzsch, 1955; distal focus. 4- *Alisporites grandis* (Cookson) Dettmann, 1963; distal focus. 5- *Falcisporites nuthallensis* (Clarke) Balme, 1970; distal focus. 6- *Striatissaccus novimundi* (Jansonius) de Jersey, 1968; distal focus. 7- *Araucariacites australis* Cookson, 1947. 8- *Callialasporites dampieri* (Balme) Sukh Dev 1961. 9- *Guthoerlisporites cancelus* Playford and Dettmann, 1965. 10- *Cycadopites crassimarginis* (de Jersey) de Jersey, 1964; distal focus. 11- *Chasmatosporites apertus* Nilsson, 1958; distal focus. 12- *Ricciisporites tuberculatus* Lundblad, 1954; in tetrad. 13- Algal spores. 14- Fungal spores; 15- Plant tissue.



## منابع

- Abbink, O.A., 1998. Palynological investigations in the Jurassic of the North Sea region. Laboratory of Palaeobotany and Palynology, Contribution Series 8, 192.
- Abbink, O.A., Targarona, J., Brinkhuis, H. and Visscher, H., 2001. Late Jurassic to earliest Cretaceous palaeoclimatic evolution of the southern North Sea. *Global and Planetary Change*, 30(3-4), 231-256.
- Abbink, O.A., Van Konijnenburg-Van Cittert, J.H.A., Van der Zwan, C.J. and Visscher, H., 2004. A sporomorph ecogroup model for the Northwest European Jurassic-Lower Cretaceous II: Application to an exploration well from the Dutch North Sea. *Netherlands Journal of Geosciences. Geologie En Mijnbouw*, 83(2), 81-91. <https://doi.org/10.1017/S0016774600020059>.
- Anderson, J. M., Anderson, H. M., Archangelsky, S., Bamford, M., Chandra, S., Dettmann, M., Hill, R., McLoughlin, S. and Rösler, O., 1999. Patterns of Gondwana plant colonization and diversification. *Journal of African Earth Sciences* 28, 145-167. [https://doi.org/10.1016/S0899-5362\(98\)00083-9](https://doi.org/10.1016/S0899-5362(98)00083-9).
- Balme B.E., 1995. Fossil in situ spores and pollen grain: an annotated catalogue. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 87 (2-4), 81-323. [https://doi.org/10.1016/0034-6667\(95\)93235-X](https://doi.org/10.1016/0034-6667(95)93235-X).
- Barrón E., Gomez J.J., Goy, A. and Pieren, A.P., 2006. The Triassic-Jurassic boundary in Asturias (northern Spain): palynological characterisation and facies. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 138, 187-208. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2006.01.002>.
- Barrón E., Ureta, S., Goy, A. and Las-saletta, L., 2010. Palynology of the Toarcian-Aalenian Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) at Fuentelsaz (Lower-Middle Jurassic, Iberian Range, Spain). *Review of Palaeobotany and Palynology*, 162, 11-28. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2010.01.002>.
- اسدی، م. و قاسمی نژاد، ا.، ۱۳۸۹. پالئوآکولوژی سازند نایبند در برش کوه چال سفید بزرگ کاشان به کمک پالینومورف‌ها، پنجمین همایش ملی زمین‌شناسی و محیط‌زیست، اسلامشهر.
- اشتری، م.ا.، ۱۳۹۲. شناسایی و مطالعه فرامینیفرها و اسفنج‌های سازند نایبند در ناحیه جنوب غربی یزد (نصرآباد)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه پیام نور استان فارس، مرکز پیام نور شیراز، ۱۱۰.
- آقانباتی، ع.، ۱۳۸۳. زمین‌شناسی ایران. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۷۰۹.
- آقانباتی، ع.، ۱۳۸۸. فرهنگ چینه‌شناسی ایران: جلد سوم (تریاس). سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۷۴۷.
- آقانباتی، ع.، ۱۳۹۲. زمین‌شناسی ایران و کشورهای همجوار. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۷۵۲.
- جلالی فرد، م.، بنی اسد، م.ر. و ناظمی، م.، ۱۳۹۰. بیواستراتیگرافی و تعیین سن سازند نایبند در منطقه پروده، طبس بر مبنای ماکروفسیل‌های گیاهی، پانزدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، تهران، انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه تربیت‌معلم.
- علوی نائینی، م.، ۱۳۸۸. چکیده‌ای از چینه‌شناسی ایران. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۰۷.
- قوبدل سیوکی، م.، یوسفی، م. و نویدی ایزد، ن.، ۱۳۹۳. پالئوآکولوژی پاره سازند حوض‌خان (سازند نایبند، تریاس پسین) بر مبنای ماکروفسیل‌های گیاهی در محدوده معادن زغال‌سنگ پروده طبس، هشتمین همایش انجمن دیرینه‌شناسی ایران، زنجان، ۱۶۱-۱۶۷.
- واعظ جوادی، ف.، ۱۳۹۱. بیواستراتیگرافی سازند نایبند در منطقه معادن زغال‌سنگ پروده طبس بر مبنای ماکروفسیل‌های گیاهی، نشریه پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، ۲۸، ۴۶، ۱۴۳-۱۱۳.
- ولی‌پوری‌گودرزی، ب.، خزاعی، ا.، منانی، م. و ملول، ش.، ۱۳۹۴. معرفی مرجان‌های اسکلرکتینا سازند نایبند در دو برش حسن‌آباد و آبگرم (منطقه فردوس)، کنگره بین‌المللی تخصصی علوم و زمین، دوره برگزاری ۳۴.

- org/10.1016/j.revpalbo.2010.04.003.
- Batten, D.J. and Dutta, R.J., 1997. Ultrastructure of exine of gymnospermous pollen grains from Jurassic and basal Cretaceous deposits in Northwest Europe and implications for botanical relationships. *Review of Palaeobotany and Palynology*. 99, 25-54. [https://doi.org/10.1016/S0034-6667\(97\)00036-5](https://doi.org/10.1016/S0034-6667(97)00036-5).
  - Benton, M.J., 2016. Primer, the Triassic. *Current Biology Magazine*, 26, R1205-R1225. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2016.10.060>.
  - Brenner, E.D., Stevenson, D.W. and Twigg, R.W., 2003. Cycads: Evolutionary innovations and the role of plant-derived neurotoxins. *Trends in Plant Science* 8, 446-45.
  - Boulter, M.C., and Windle, T., 1993. A reconstruction of some Middle Jurassic vegetation in Northern Europe. *Special Papers in Palaeontology* .49, 125-154.
  - Bronnimann, P., Zaninetti, L., Bozorgnia, F., Dashti G.R. and Moshtaghin, A., 1971. Lithostratigraphy and foraminifera of the Upper Triassic Nayband Formation, Iran. *Revue de Micropaléontologie*. 14, 7-16.
  - Cantrill, D.J., 1995. The occurrence of the fern *Hausmannia Dunker* (Dipteridaceae) in the Cretaceous of Alexander Island, Antarctica. *Alcheringa* 19(3), 243-254. <https://doi.org/10.1080/03115519508619508>.
  - Cirilli, S., Buratti, N. and Senowbari-Daryan, B., 2005. Stratigraphy and palynology of the Upper Triassic Nayband Formation of East-Central Iran and paleoclimatological implications. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*. 111, 259-270. <https://doi.org/10.13130/2039-4942/6312>.
  - Collinson, M.E., 1996. What use are fossil ferns? 20 years on: with a review of the fossil history of extant Pteridophyta families and genera. In: Camus, J.M., Johns, R.J. and Gibby, (eds.), *Pteridology in Perspective*. Royal Botanic Gardens, Kew: 349-394.
  - Couper, R.A., 1960. New Zealand Mesozoic and Cainozoic plant microfossils. *New Zealand Geological Survey, Palaeontological Bulletin*, 32, 87.
  - de Jersey, N.J. and Raine, J.I., 1990. Triassic and earliest Jurassic miospores from the Murihiku Supergroup, New Zealand. *New Zealand Geological Survey paleontological Bulletin*, 62, 164.
  - Deng, S., 2002. Ecology of the Early Cretaceous ferns of northeast China. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 119, 93-112. [https://doi.org/10.1016/S0034-6667\(01\)00131-2](https://doi.org/10.1016/S0034-6667(01)00131-2).
  - Dettmann, M.E., 1994. Cretaceous vegetation: the microfossil record. In: Hill, R.S. (Ed.), *History of the Australian vegetation: Cretaceous to Recent*. Cambridge University Press, Cambridge, 143-170.
  - Dettmann, M.E. and Clifford, H.T., 1992. Phylogeny and biogeography of *Ruffordia*, *Mohria* and *Anemia* (Schizaeaceae) and *Ceratopteris* (Pteridaceae): evidence from in situ and dispersed spores. *Alcheringa*, 16, 269-314. <https://doi.org/10.1080/03115519208619111>.
  - Dettmann, M.E., 1986. Early Cretaceous palynofloras of subsurface Strata correlative with the Koonwarra fossil bed, Victoria. In: Jell, P.A., Roberts, J. (Eds.), *Plants and Invertebrates from the Lower Cretaceous Koonwarra Fossil Bed, South Gippsland, Victoria*, vol. 3. *Memoirs of the Association of Australasian Palaeontologists*, 79-110.
  - Dettmann, M.E., 1963. Upper Mesozoic microfloras from South-Eastern Australia. *Proceeding of the Royal Society Victoria*, 77(1), 1-148. <https://biostor.org/reference/259209>.
  - Dixon, T., 2013. Palynofacies and Palynological Analysis of Late Triassic Sediments from the Kentish Knock-1 Well (Northern Carnarvon Basin, NW Australia), MSc Thesis in Geosciences, Discipline: Environmental Geology Depart-

- ment of Geosciences Faculty of Mathematics and Natural Sciences, University of Oslo, 70.
- Dobruskina, I.A., 1994. Triassic Floras of Eurasia. Springer, Wien, 422.
  - Dodd, J.R. and Stanton, J.r.R.S., 1990. Paleocology: concepts and applications. 2nd ed., Wiley, New York, 501.
  - Douglas, J.A., 1929. A marine Triassic fauna from eastern Persia. Quarterly Journal of Geological Society of London, 85 (4), 624-650. <https://doi.org/10.1144/GSL.JGS.1929.085.01-04.20>.
  - Fakhr, M.S., 1975. Contribution a l'etude de la flora rheto-liassique de la Formation Shemshake de L Elbours (Iran). These, University Pierre et Marie Curie Paris VI: Publication du laboratoire de Paleobotanique de l' University Paris, 2. 421.
  - Filatoff, J., 1975. Jurassic palynology of the Perth Basin, Western Australia. Palaeontographica, Abteilung B, 154(1-4), 1-113.
  - Filatoff, J. and Price, P.L., 1988. A pteridacean spore lineage in the Australian Mesozoic. In: Jell, P.A., Playford, G. (Eds.), Palynological and palaeobotanical studies in honour of Basil E. Balme, vol. 5. Memoirs of the Association of Australasian Palaeontologists, 89-124.
  - Fursich, F.T., Wilmsen, M., Seyed-Emami, K. and Majidifard, M.R., 2009. Lithostratigraphy of the Upper Triassic-Middle Jurassic Shemshak Group of Northern Iran, vol. 312. The Geological Society, London, Special Publications. 129-160. <https://doi.org/10.1144/SP312.6>.
  - Galfetti, T., Pochuli, P.A., Brayard, A., Bucher, H., Weissert, H. and Vigran, J.O., 2007. Smithian/Spathian boundary event: evidence for global climatic change in the wake of the end-Permian biotic crisis. Geology, 35, 291-294. <https://doi.org/10.1130/G23117A.1>.
  - Galloway, J.M., Sweet, A.R., Swindles, G.T., Dewing, K., Hadlari, T., Embry, A. and Sanei, H., 2013. Middle Jurassic to Lower Cretaceous paleoclimate of Sverdrup Basin, Canadian Arctic Archipelago inferred from the palynostratigraphy. Marine and Petroleum Geology, 44, 240-255. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2013.01.001>.
  - González-Astorga, J., Vovides, A.P., Ferrer, M.M. and Iglesias, C., 2003. Population genetics of *Dioon edule* Lindl. (Zamiaceae, Cycadales): biogeographical and evolutionary implications. Biological Journal of the Linnean Society, 80, 457-467.
  - Harris, W.K., 1974. Palynology of Paleocene sediments at Site 214, Ninetyeast Ridge. In: Von Der Borch, C.C., Sclater, J.G. (Eds.), Initial Report of the Deep Sea Drilling Project, 22, 503-519. <https://doi.org/10.2973/dsdp.proc.22.124.1974>.
  - Hill, K.D., 2004. The world list of cycads. The Botanical Review, 70, 274-298.
  - Hochuli, P.A. and Vigran, J.O., 2010. Climate variations in the Boreal Triassic-inferred from palynological records from the Barents Sea. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 290, 20-42. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2009.08.013>.
  - Hubbard, R.N.L.B. and Boulter, M.C., 1997. Mid Mesozoic floras and climates. Palaeontology 40 (1), 43-70.
  - Karimi Bavandpur, A., 2002. Geological Map of Tabas, 1: 100000. Geological Survey of Iran.
  - Kluyver, H.M., Tirrul, R., Chance, P.N., Johns, G.W. and Meixner, H.M., 1983. Explanatory text of the Nayband Quadrangle Map 1:250.000. Geological Survey of Iran, Geology Quadrangle j8, 143, Tehran.
  - Krupnik, J., Ziaja, J., Barbacka, M., Feldman-Olszewska, A. and Jarzynka, A., 2014. A palaeoenvironmental reconstruction based on palynological analyses of Upper Triassic and Lower Jurassic sediments from the Holy Cross Mountains

- region, *Acta Palaeobotanica* 54(1), 35-65. <https://doi.org/10.2478/acpa-2014-0006>.
- Kustatscher, E., Ash, S.R., Karasev, E., Pott, C., Vajda, V., Yu, J. and McLoughlin, S., 2018. Flora of the Late Triassic. L.H. Tanner (ed.), *The Late Triassic World, Topics in Geobiology* 46. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-68009-5\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-319-68009-5_13).
  - Kustatscher, E., van Konijnenburg-van Cittert, J.H.A. and Roghi G., 2010. Macrofloras and palynomorphs as possible proxies for palaeoclimatic and palaeoecological studies: A case study from the Pelsonian (Middle Triassic) of Kühwiesenkopf/Monte Prà della Vacca (Olang Dolomites, N-Italy), *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 290, 71-80. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2009.07.001>.
  - Larsson, L.M., 2009. Palynostratigraphy of the Triassic-Jurassic transition in southern Sweden, *GFF*, 131:1-2: 147-163, <https://doi.org/10.1080/11035890902924828>.
  - Li, L., Wang Y., Vajda, V. and Liu, Z., 2016. Late Triassic ecosystem variations inferred by palynological records from Hechuan, southern Sichuan Basin, China, *Palaontologische Gesellschaft*, 90 (2), 327-348.
  - Mädler, K., 1964. Bemerkenswetre Sporeformen aus dem Kuper und unteren Lias *Fortschritte Geologie von Rheinland und Westfalen*, 12, 169-200.
  - Mander, L., Collinson, M.E. Chaloner, W.G., Brain A.P.R. and Longs, D.G., 2012. The Ultrastructure and botanical affinity of the problematic Mid-Mesozoic palynomorphs *Ricciisporites Tuberculatus* Lundblad. *International Journal of Plant Sciences*. 173(4), 429-440.
  - Mannani1, M. and Yazdi, M., 2009. Late Triassic and Early Cretaceous sedimentary sequences of the northern Isfahan Province (Central Iran): stratigraphy and paleoenvironments. *Boletin de la Sociedad Geologica Mexicana*, 61(3), 367-374. <https://doi.org/10.18268/BSGM2009v61n3a6>.
  - Mazaheri-Johari, M., Kustatscher, E., Roghi, G., Ghasemi-Nejad, E. and Gianolla, P., 2021. A monotypic stand of *Neocalamites Iranensis* n. sp. from The Carnian Pluvial Episode (Late Triassic) of The Aghdarband area, NE Iran (Turan Plate), *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 127(2), 189-209. <https://doi.org/10.13130/2039-4942/15646>.
  - McKellar, J.L., 1998. Late Early to Late Jurassic palynology, biostratigraphy and palaeogeography of the Roma Shelf area, northwestern Surat Basin, Queensland, Australia (Including phytogeographic-palaeoclimatic implications of the *Callialasporites dampieri* and *Microcachrydites* Microfloras in the Jurassic-Early Cretaceous of Australia: an overview assessed against a background of floral change and true polar wander in the preceding Late Palaeozoic-Early Mesozoic) Ph.D. thesis, Brisbane (Queensland): University of Queensland; 620.
  - Matsumoto, R., Zheng, Z., Kakuwa, Y., Hamdi, B. and Kimura, H., 1995. Preliminary results of paleomagnetic study on the Cambrian to the Triassic rocks of the Alborz. Northeast Iran. *Journal of the Faculty of Science. University of Tokyo*, 22, 233-249.
  - Mousavi, M.G., 2002. Palynostratigraphy, paleoecology, paleogeography and sedimentary environment of the Shemshak Group (Nayband Formation) in the southern and northern slopes of Naybandan Mountain, Ph.D thesis, Islamic Azad University, Department of Science and Research: 197.
  - Phipps, D. and Playford, G., 1984. Laboratory techniques for extraction of palynomorphs from sediments. Department of Geology, University of Queensland, *Papers*. 11(1), 1-23.
  - Pocock, S.A., 1970. Palynology of the Jurassic sediments of western Canada. Part 1. Terrestrial species. *Palaeontographica, Abteilung B*,

130 (1-2), 12-72.

- Roghi, G., 2004. Palynological investigations in the Carnian of the Cavedel Predil area (Julian Alps, NE Italy). *Review of Palaeobotany and Palynology* 132, 1-35. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2004.03.001>.
- Ruckwied, K., 2009. Palynology of Triassic/Jurassic boundary key sections of the NW Tethyan Realm (Hungary and Slovakia). Ph.D thesis, 190.
- Sabbaghiyan, H., Aria-Nasab, M.R. and Ghasemi-Nejad, E., 2020. The palynology of the Nayband Formation (Upper Triassic) of the Tabas Block, Central Iran. *Review of Palaeobotany and Palynology* 282(1-4), 104308. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2020.104308>
- Sabbaghiyan, H., Ghasemi-Nejad, E. and Aria-Nasab, M.R., 2015. Dinoflagellate cysts from the Upper Triassic (Rhaetian) strata of the Tabas Block, East-Central Iran. *Geopersia*, 5 (1), 19-26.
- Sajjadi, F. and Playford, G., 2002. Systematic and stratigraphic palynology of Late Jurassic-earliest Cretaceous strata of the Eromange Basin, Queensland, Australia. Part 2, *Palaeontographica, Abteilung B*, 261(4-6), 99-165. <https://doi.org/10.1127/palb/261/2002/99>.
- Sajjadi, F., Hashemi, H. and Borzuee, E., 2015. Palynostratigraphy of the Nayband Formation, Tabas, Central Iran Basin: Paleogeographical and Paleoecological implications, *Journal of Asian Earth Sciences*, 111, 553-567. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2015.05.030>.
- Seyed-Emami, K., 2003. Triassic in Iran. *Facies*, 48: 91-106
- Stanley, A., Pocock, J. and Jansonius, J., 1969. Redescription of some fossil gymnospermous pollen (Chasmatosporites, Marsupipollenites, Ovalipollis). *Canadian Journal of Botany*, 47, 155-165. <https://doi.org/10.1139/b69-019>.
- Stöcklin, J. and Setudehnia, A., 1977. *Stratigraphic Lexicon of Iran*. Geological Survey of Iran, Tehran, 376.
- Taylor, T.N., Taylor, E.L. and Krings, M., 2009. *Paleobotany: The Biology and Evolution of Fossil Plants*, 2nd ed. Elsevier, Academic Press, San Diego, USA, 1230.
- Tidwell, W.D. and Nishida, H., 1993. A new fossilized tree fern stem, *Nishidacaulis burgii* gen. et sp. nov. from Nebraska, South Dakota, U.S.A. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 78(1-2), 55-67. [https://doi.org/10.1016/0034-6667\(93\)90017-O](https://doi.org/10.1016/0034-6667(93)90017-O)
- Traverse, A., 2007. *Paleopalynology. Second edition*, Springer, Berlin, 813.
- Vajda, V. and Bercovici, A., 2014. The global vegetation pattern across the Cretaceous-Paleogene mass-extinction interval-an integrated global perspective. *Global Planet Change* 12, 29-49. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2014.07.014>
- Vakhrameev, V.A., 1991. *Jurassic and Cretaceous Floras and Climates of the Earth*. Cambridge University Press, Cambridge, 318.
- Van Konijnenburg-Van Cittert, J.H.A., 2002. Ecology of some Late Triassic to Early Cretaceous ferns in Eurasia. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 119, 113-124. [https://doi.org/10.1016/S0034-6667\(01\)00132-4](https://doi.org/10.1016/S0034-6667(01)00132-4)
- Villar de Seoane, L., 1999. Estudio comparado de *Cyathea cyathifolia* comb. nov. del Cretácico inferior de Patagonia, Argentina. *Spanish Journal of Palaeontology*, 14, 157-163.
- Wikström, N., Kenrick, P. and Vogel, J.C., 2002. Schizaeaceae: A phylogenetic approach. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 119, 35-50.
- Willis, K.J. and McElwain, J.C., 2002. *The evolution of plants*. Oxford University Press, New York, 378.