

پالینواستراتیگرافی و پالئواکولوژی نهشته‌های ژوراسیک میانی، تپال، غرب شاهرود، البرز شرقی

فرشته سجادی^۱، فیروزه هاشمی یزدی^(۲) و حسین هاشمی^۳

۱. دانشیار دانشکده زمین‌شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران
۲. استادیار، گروه دیرینه‌شناسی گیاهی، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
۳. دانشیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه خوارزمی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۲۰

چکیده

از داده‌های پالینولوژی برای پالینواستراتیگرافی و بازسازی برخی پارامترهای محیط تشکیل نهشته‌های ژوراسیک میانی (بازوسین-کالوین) در برش چینه‌شناسی تپال، غرب شاهرود، البرز شرقی، استفاده شده است. در نهشته‌های مورد مطالعه (سازند دلیچای) پالینوفلورای متنوعی با حفظ‌شدگی به نسبت خوب، به ترتیب فراوانی شامل میوسپورها (اسپور و پولن‌ها)، سیست داینوفلاژله‌ها، اسپور قارچ‌ها، پوسته داخلی فرامینیفرها، آکریتارک‌ها و تاسمانیت‌ها وجود دارند. در پالینوفلورای بیان‌شده ۲۲ گونه اسپور (متعلق به ۱۸ جنس)، ۱۵ گونه پولن (منتسب به ۹ جنس) و ۲۸ گونه سیست داینوفلاژله (مربوط به ۱۵ جنس) شناسایی شده‌اند. بر اساس گسترش چینه‌شناسی میوسپورها، یک بیوزون تجمعی با عنوان *Klukisporites variegatus-Araucariacites australis-Cerebropollenites macroverrucosus Assemblage Zone* و بر اساس گسترش چینه‌شناسی داینوسیست‌ها سه پالینوزون شامل *Cribroperidinium crispum Total Range Biozone* (بازوسین پسین)، *Dichadogonyaulax sellwoodii Interval Biozone* (باتونین-کالوین پیشین)، و *continuum Interval Biozone* (کالوین پیشین-میانی)، معرفی شده‌اند. برای بازسازی محیط دیرینه نهشته‌های مورد مطالعه، از پارامترهای زیر استفاده شد: فراوانی و تنوع اسپورهای مربوط به سرخس‌ها، فراوانی نسبی عناصر *drier/wetter* و *warmer/cooler* در گروه‌های گیاهی مختلف، نسبت عناصر پالینولوژی و پالینوفاسیس، وجود داینوسیست‌های شاخص آب‌های کم‌عمق دیرینه چون *Dichadogonyaulax sellwoodii*، *Ctenidodinium*، *Gonyaulacysta jurassica*، *Pareodinia ceratophora*، *centriconnata*، *Nannoceratopsis pellucida*، *Gonyaulacysta jurassica*، *Pareodinia ceratophora*، *Valensiella ovulum*، *Pareodinia spp.*، *Nannoceratopsis gracilis* و *Gonyaulacysta jurassica* مانند *Gonyaulacysta jurassica* تا معتدل همراه برخی از گونه‌های داینوفلاژله شاخص آب‌های گرم تا معتدل مانند *Gonyaulacysta jurassica*، *Pareodinia ceratophora*، *centriconnata*، *Nannoceratopsis pellucida*، *Gonyaulacysta jurassica*، *Pareodinia ceratophora*، *Valensiella ovulum*، *Pareodinia spp.*، *Nannoceratopsis gracilis* و *Gonyaulacysta jurassica* بر اساس شواهد بیان‌شده نهشته‌های مورد مطالعه در یک محیط دریایی، حاشیه قاره‌ای، کم اکسیژن، با نرخ رسوب‌گذاری پایین و با شرایط آب‌وهوای گرم و مرطوب که خشکی‌های اطراف آن حاوی پوشش گیاهی، اغلب شامل سرخس‌ها، وجود داشته، تشکیل شده‌اند.

واژه‌های کلیدی: البرز شرقی، پالئواکولوژی، پالینواستراتیگرافی، ژوراسیک میانی، سازند دلیچای.

مقدمه

رسوبات مارنی-آهکی ژوراسیک میانی سازند دلیچای (Steiger, 1966) در البرز، معرف نخستین واحد سنگی از رسوبات دریایی ژوراسیک است و در دامنه جنوبی این کوه‌ها رخنمون دارد. سیمای تپه‌ماهوری و زود فرسا به رنگ سبز مایل به خاکستری روشن این سازند، به‌سادگی آن را از ردیف‌های تیره زغال دار پایینی گروه شمشک و صخره‌های بلند آهکی سازند لار در بالا قابل تفکیک می‌کند (آقانباتی ۱۳۷۷).

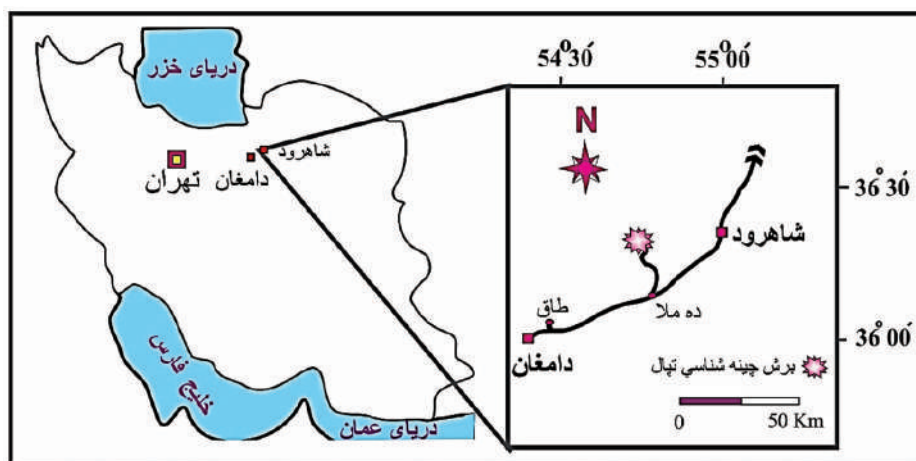
مطالعات پالینولوژی متعددی بر روی شیل‌های سازند دلیچای انجام شده است به‌عنوان مثال می‌توان به: ویلر و سارجنت (Wheeler and Sarjeant, 1990)، خاکی (۱۳۸۰)، صباغیان (۱۳۸۸)، مافی و همکاران (Mafi et al., 2013)، قاسمی‌نژاد و همکاران (Ghasemi-Nejad et al., 2012)، نویدی ایزد (۱۳۹۲)، اسکوپین و همکاران (Skupien et al., 2015)، هاشمی‌یزدی (۱۳۸۷، ۱۳۹۴)، ده‌بزرگی و همکاران (Dehbozorgi et al., 2013) (ده‌بزرگی ۱۳۹۲ و ۱۳۹۹)، هاشمی‌یزدی و همکاران (Hashmi Yazdi et al., 2015)، درمنکی فراهانی (۱۳۹۵)، سجادی و درمنکی فراهانی (۱۳۹۶)، سجادی و همکاران (۱۳۹۷)، هاشمی‌یزدی و همکاران (۱۳۹۷)، محمدخانی و زارعی (۱۳۹۷)، ارکانی (۱۳۹۷)، بشیری (۱۳۹۸) و افشار (۱۳۹۹) اشاره کرد.

در این مطالعه از پالینومورف‌ها برای تعیین قرابت گیاهی

میوسپورها، بررسی اکوگروه‌های اسپورومورفی، اثر نوسانات سطح آب دریا بر تنوع و فراوانی عناصر پالینومورفی، نوع محیط‌زیست داینوسیست‌ها، مطالعه محتوای مواد ارگانیکی اسلایدهای پالینولوژی (پالینوفاسیس) و ... استفاده شده است.

موقعیت جغرافیایی و راه‌های ارتباطی برش چینه‌شناسی تپال

برش چینه‌شناسی تپال در البرز شرقی، در ۲۰ کیلومتری غرب شاهرود، در دامنه کوه تپال در عرض جغرافیایی $36^{\circ} 22' 60''$ شمالی و طول جغرافیایی $54^{\circ} 44' 33''$ شرقی واقع شده است (شکل ۱). پس از طی مسافت ۱۱ کیلومتر در بخش شمالی جاده اصلی، این برش در مجاورت یک معدن متروکه زغال‌سنگ قابل رؤیت می‌باشد. بخش عمده سنگ‌های ژوراسیک میانی در این برش چینه‌شناسی، با ضخامت ۱۸۴ متر، بیشتر از مارن، شیل، ماسه‌سنگ‌های آهکی، سیلتستون و سنگ‌آهک تشکیل شده است (شکل ۲). در این برش چینه‌شناسی سازند دلیچای با ناپیوستگی فرسایشی موازی، با چندین متر ماسه‌سنگ آهکی سرخ تا آجری رنگ، بر روی سازند شمشک قرار دارد و در بالا به‌صورت هم‌شیب و تدریجی به سنگ‌آهک‌های صخره‌ساز سازند لار تبدیل می‌شود. در ستون چینه‌شناسی (شکل ۲) نیز مرز دو سازند دلیچای و لار، در محل رؤیت سنگ‌آهک‌های چرت‌دار تعیین شده است.

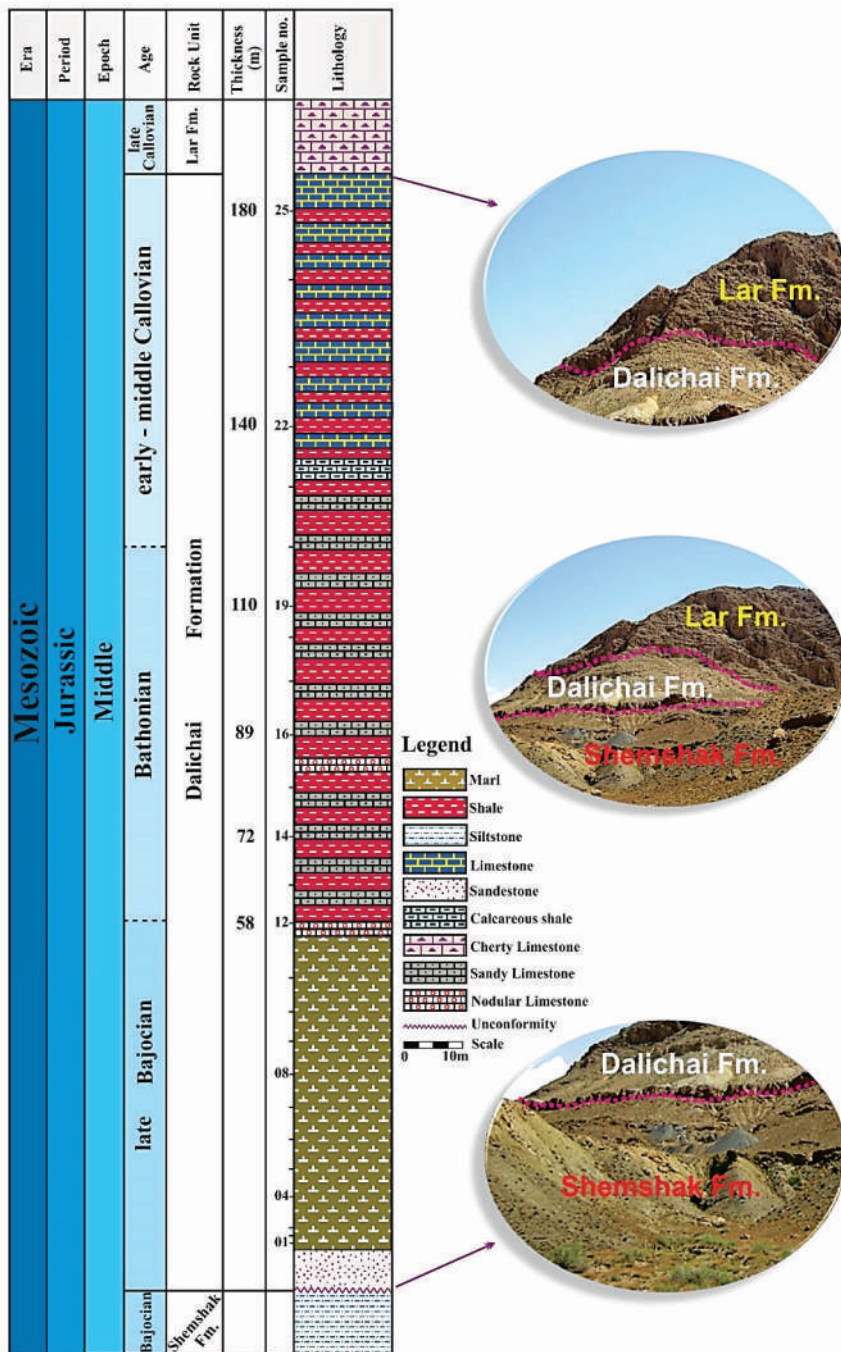


شکل ۱. موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی تپال

روش مطالعه

تهیه شده توسط میکروسکوپ نوری Leitz (مدل SM-LUX-POL) با لنزهای x40 و x100 مطالعه شدند. عکس برداری از پالینومورفها با استفاده از عدسی شیئی ۱۰۰ و به کار بردن روغن ایمرسیون توسط دوربین دیجیتالی نوع Canon مدل Power Shot A1100 صورت پذیرفت.

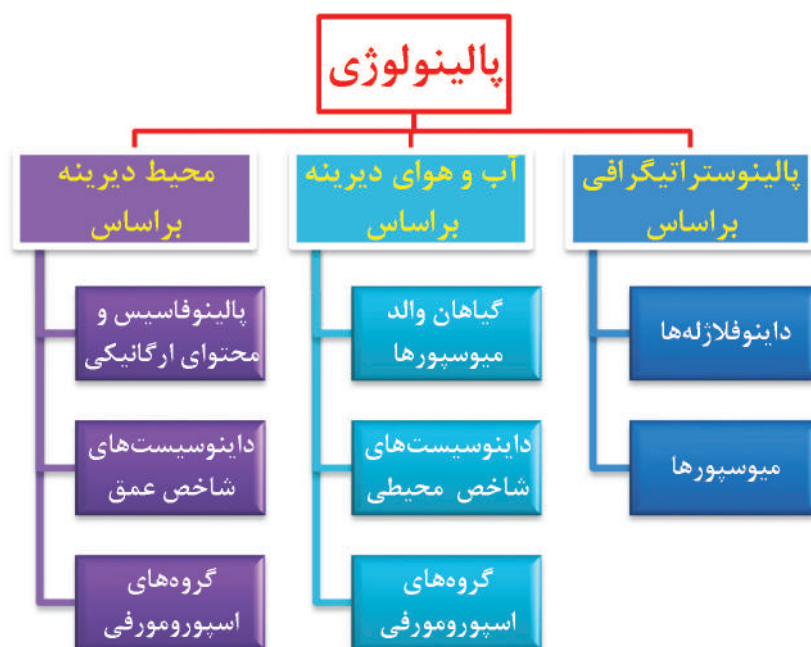
تعداد ۲۵ نمونه از شیل و شیل‌های آهکی برش چینه‌شناسی تپال، جمع‌آوری شد (شکل ۲). برای جداسازی پالینومورفها از رسوبات دربرگیرنده و تهیه اسلایدهای پالینولوژی از روش فیپس و پلی‌فورد (Phipps and Playford, 1984) استفاده شد. اسلایدهای



شکل ۲. ستون چینه‌شناسی سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی تپال

هریک از گروه‌های پالینومورفی شامل اسپورها، پولن‌ها، سیست داینوفلاژله‌ها، آستر داخلی فرامینیفرها، قطعات چوب، اکریتارک‌ها و مواد ارگانیکی بی‌شکل تعیین شد. نتایج حاصل به مثلث تایسون منتقل و تفسیر محیط رسوبی دیرینه انجام پذیرفت. همچنین به منظور تعیین آب‌وهوای دیرینه، نمودارهای فراوانی گروه‌های مختلف اسپورومورفی و قرابت میوسپورها رسم و تفسیر اقلیم دیرینه انجام شد.

براساس پراکندگی چینه‌شناسی میوسپورها و داینوسیست‌ها، الگوی پالینواستراتیگرافی پیشنهاد شد. همچنین براساس نوع میوسپورها و داینوسیست‌ها، آب و هوا و محیط دیرینه بازسازی شد. به منظور بررسی آماری عناصر ارگانیکی موجود در اسلایدهای پالینولوژی (شکل ۳) از هر نمونه، سه اسلاید و در هر اسلاید ۱۵ میدان دید به طور اتفاقی انتخاب و مورد مطالعه قرار گرفت. در این بررسی عناصر پالینولوژی تفکیک و شمارش شده و درصد فراوانی



شکل ۳. نمودار شاخه‌های مطالعاتی پالینومورف‌ها در برش چینه‌شناسی تپال

تحت کنترل فاکتورهای مختلفی از جمله عرض جغرافیایی، شرایط آب و هوایی، ارتفاع، و میزان بارش می‌باشد (Dodd and Stanton, 1990). بنابراین، از گیاهان مولد اسپورها و پولن‌ها می‌توان برای تعیین جغرافیای قدیمی، آکولوژی دیرینه^۲ و آب‌وهوای گذشته^۳ استفاده کرد. شناسایی داینوفلاژله‌های شاخص محیط نیز در تکمیل روند مطالعات بسیار مفید می‌باشند. همچنین با استفاده از میوسپورها و داینوفلاژله‌های شاخص، تعیین سن و تطابق چینه‌شناسی رسوبات میزبان آنها به خوبی امکان‌پذیر است.

بحث

پالینومورف‌ها شاخص‌های مهمی در تعیین سن، نوع محیط رسوب‌گذاری و منشأ رسوبات می‌باشند (Batten, 1996; Traverse, 2007). پالینومورف‌های دریایی (داینوفلاژله‌ها، اکریتارک‌ها و کیتینوزوآها) نماینده شرایط زیست‌محیطی دریایی و پالینومورف‌های خشکی (اسپورها و پولن‌ها) نماینده شرایط آب و هوایی قاره‌ای می‌باشند (Traverse, 2007). اسپورها و پولن‌ها که در حقیقت عامل تولیدمثل گیاهان می‌باشند در بازسازی شرایط محیطی دارای اهمیت خاصی هستند. زیرا از زمان ظهور گیاهان بر روی زمین تاکنون تنوع و پراکندگی جغرافیایی آنها

1. Palaeogeography
2. Palaeoecology
3. Palaeoclimatology

spiculata, *Gonyaulacysta eisenacki*, *G. pectiniger*,
Valensiella ovulum, *Escharisphaeridia pocockii*,
Mendicodinium morgenrothii, *Ctenidodinium*
cornigera.

۲. *Dichadogonyaulax sellwoodii* Interval Biozone
این پالینوزون با گستره سنی باتونین تا کالوین
پیشین، به ضخامت ۱۳۷ متر، در فاصله بین آخرین حضور
Cribroperidinium crispum در نمونه شماره ۱۲ (۵۸
متری از قاعده برش) و آخرین حضور *Ctenidodinium*
combazii در نمونه ۲۲ (۱۴۰ متری از قاعده برش) قرار دارد.
پالینوزون بیان شده با پالینوزون *Ctenidodinium*
sellwoodii Zone and Thomas, 1992; Poulsen and Riding, 2003) مربوط به شمال غربی اروپا (Riding
قابل انطباق است. همچنین این پالینوزون با پالینوزون
جهانی *Ctenidodinium combazii*-*Ctenidodinium*
sellwoodii Zone معرفی شده در انگلستان
(Woollam and Riding, 1983) مطابقت دارد.
داینوسیست *Dichadogonyaulax sellwoodii* گونه
شاخص باتونین-کالوین پیشین در انگلستان و مصر
می باشد (Riding, 1987) و حداکثر گسترش زمانی
Ctenidodinium combazii نیز در کالوین پیشین قرار
دارد (Riding and Hubbard, 1999; Smelror and Dietl,
1994; Riding and Thomas, 1992; Riley
and Fenton, 1982). این گونه همچنین از کالوین پیشین
پرتغال (Smelror et al., 1991) نیز گزارش شده است.

سایر گونه‌های این پالینوزون عبارتند از:

Nannoceratopsis pellucida, *N. gracilis*, *Gonyaulacysta*
eisenacki, *G. pectiniger*, *G. jurassica*, *Valensiella*
ovulum, *N. spiculata*, *Pareodinia ceratophora*, *P.*
halosa, *P. antennata*, *P. prolongata*, *Ceratium sp.*,
Dichadogonyaulax sellwoodii, *Mendicodinium*
scabratum, *Meiourogoniaulax planoseptata*, *M.*
caytonensis.

- لازم به ذکر است که ساب زون a (Subzone a) با سن
باتونین پیشین-میانی به علت نبود گونه *Carpathod-*

پالینواستراتیگرافی و تعیین سن سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی تپال

در برش چینه‌شناسی مورد مطالعه پالینومورف‌های
متنوعی شامل انواع میوسپورها، داینوسیست‌ها، پوسته
داخلی فرامینیفرها، تاسمانیت‌ها و آکریتارک‌ها با حفظ‌شدگی
خوب وجود دارند (پلیت‌های ۱ و ۲). رسوبات مورد مطالعه
حاوی ۲۲ گونه اسپور (متعلق به ۱۸ جنس)، ۱۵ گونه پولن
(متعلق به ۹ جنس) و ۲۸ گونه داینوفلاژله (متعلق به ۱۵
جنس) می‌باشند. تعیین سن و پالینواستراتیگرافی سازند
دلیچای در برش چینه‌شناسی تپال بر اساس داینوسیست‌ها
و میوسپورها انجام پذیرفت (شکل ۴).

پالینواستراتیگرافی و تعیین سن بر اساس داینوسیست‌ها

گسترش جغرافیایی وسیع بسیاری از داینوفلاژله‌های
ژوراسیک در نیمکره شمالی منجر به استفاده از آنها به‌عنوان
ابزار مناسب برای بیواستراتیگرافی شده است (Poulsen
and Riding, 2003; Riding and Thomas, 1992)
بر همین مبنا سه پالینوزون (شکل ۴) بر اساس حضور،
ظهور و انقراض داینوسیست‌های سازند دلیچای در برش
چینه‌شناسی تپال معرفی شده‌اند:

۱. *Cribroperidinium crispum* Total Range Biozone
پالینوزون بیان شده با گسترش سنی باژوسین پسین
بر اساس اولین حضور^۱ و آخرین حضور^۲ داینوسیست
Acanthaulax crispa (*Cribroperidinium crispum*)
A. crispa Total Range Biozone تعریف شده است که از پالینوزون
ارائه شده برای لایه‌های باژوسین پیشین تا
پسین (Riding and Thomas, 1992) و باژوسین پسین
(Woollam and Riding, 1983) در انگلستان دریافت
شده است. این بایوزون در برش چینه‌شناسی تپال از قاعده
برش با ظهور *Cribroperidinium crispum* آغاز و تا نمونه
شماره ۱۲ (۵۸ متری از قاعده برش) با آخرین حضور این گونه
خاتمه می‌یابد.

گونه‌های دیگر این پالینوزون عبارتند از:

Nannoceratopsis pellucida, *N. senex*, *N. gracilis*, *N.*

1. FAD: First appearance datum

2. LAD: Last appearance datum

چینه‌شناسی تپال قابل شناسایی می‌باشد (شکل ۳).

دیگر میوسپوره‌های این پالینوزون عبارتند از:

Dictyophyllidites mortonii, *Dictyophyllidites harrisii*, *Cyathidites australis*, *Gleicheniidites senonicus*, *Classopollis classoides*, *Alisporites lowoodensis*, *Ricciisporites tuberculatus*, *Concavissimisporites punctatus*, *Limbosporites spp.*, *Cycadopites grandis*, *Chasmatosporites apertus*, *Alisporites australis*, *Todisporites minor*, *Todisporites major*, *Perinopollenites elatoides*, *Callialasporites segmentatus*, *Concavissimisporites verrucosus*, *Callialasporites turbatus*, *Callialasporites dampieri*, *Densoisporites velatus*, *Chasmatosporites major*, *Osmundacidites senectus*, *Alisporites similis*, *Alisporites grandis*, *Matonisporites crassiangulatus*, *Deltoidospora hallii*, *Calamospora tener*, *Lycopodiumsporites rugulatus*, *Camarozonosporites ramosus*, *Verrucosisporites major*, *Granulatisporites granulatus*, *Sellaspora passa*, *Osmundacidites wellmanii*, *Rugulatisporites neuquenensis*.

تاکنون گونه *Klukisporites variegatus* از ژوراسیک

ایران (لیاس پسین-دوگر)، از ژوراسیک-کرتاسه پیشین استرالیا، آلتین گروئنلند، ژوراسیک میانی-بالایی نروژ و باژوسین-کالوین مصر گزارش شده است. گونه‌های *Osmundacidites senectus* به سن تریاس پیشین-ژوراسیک میانی، و *Concavissimisporites verrucosus* نیز با بازه زمانی ژوراسیک میانی-کرتاسه پیشین می‌باشند (هاشمی‌یزدی و همکاران، ۱۳۹۷). وجود گونه بیان شده در نهشته‌های سازند دلیچای، مؤید سن ژوراسیک میانی (دوگر) برای این واحد سنگی در برش چینه‌شناسی تپال می‌باشد.

بازسازی آب‌وهوای دیرینه

بازسازی آب‌وهوای دیرینه براساس گیاهان والد میوسپورها

بازسازی بوم‌شناسی دیرینه بر مبنای گیاهان والد میوسپوره‌های موجود در برش چینه‌شناسی تپال نشان می‌دهد که سرخس‌ها با ۴۸٪، حداکثر تنوع و فراوانی را

در این پالینوزون تشخیص داده نشد. داینوسیست‌هایی از قبیل *Ctenidodinium*، *Meiourogonyaulax*، *Nannoceratopsis* و *Pareodinia* که شاخص ژوراسیک میانی (باژوسین-باتونین) در جهان به‌خصوص در آفریقا (El Bealy et al., 1997, 2002; Ibrahim et al., 2001; Mahmoud and Moawad, 2000; Aboul Ela and El Shamma, 1997; Ibrahim and El Bealy, 1995; El Bealy, 1994; Aboul Ela and Mahrous, 1990) آسیا و (Mao and Bian, 2000) اروپا (Gedl, 2008; Feist-Burkhardt and Monteil, 2001; Fenton et al., 1980; Fenton and Fisher, 1978) می‌باشند در برش چینه‌شناسی مورد مطالعه حضور دارند.

۳. Ctenidodinium continuum Interval Biozone

بایوزون بیان شده با گستره زمانی کالوین پیشین تا میانی، به ضخامت ۴۲ متر، با آخرین حضور *Ctenidodinium combazii* و اولین حضور *Scriniodinium crystallinum* معرفی شده است (Riding and Thomas, 1992) این بایوزون از نمونه شماره ۲۲ تا نمونه شماره ۲۵ (۴۲ متر آخر برش چینه‌شناسی تپال) را در برمی‌گیرد.

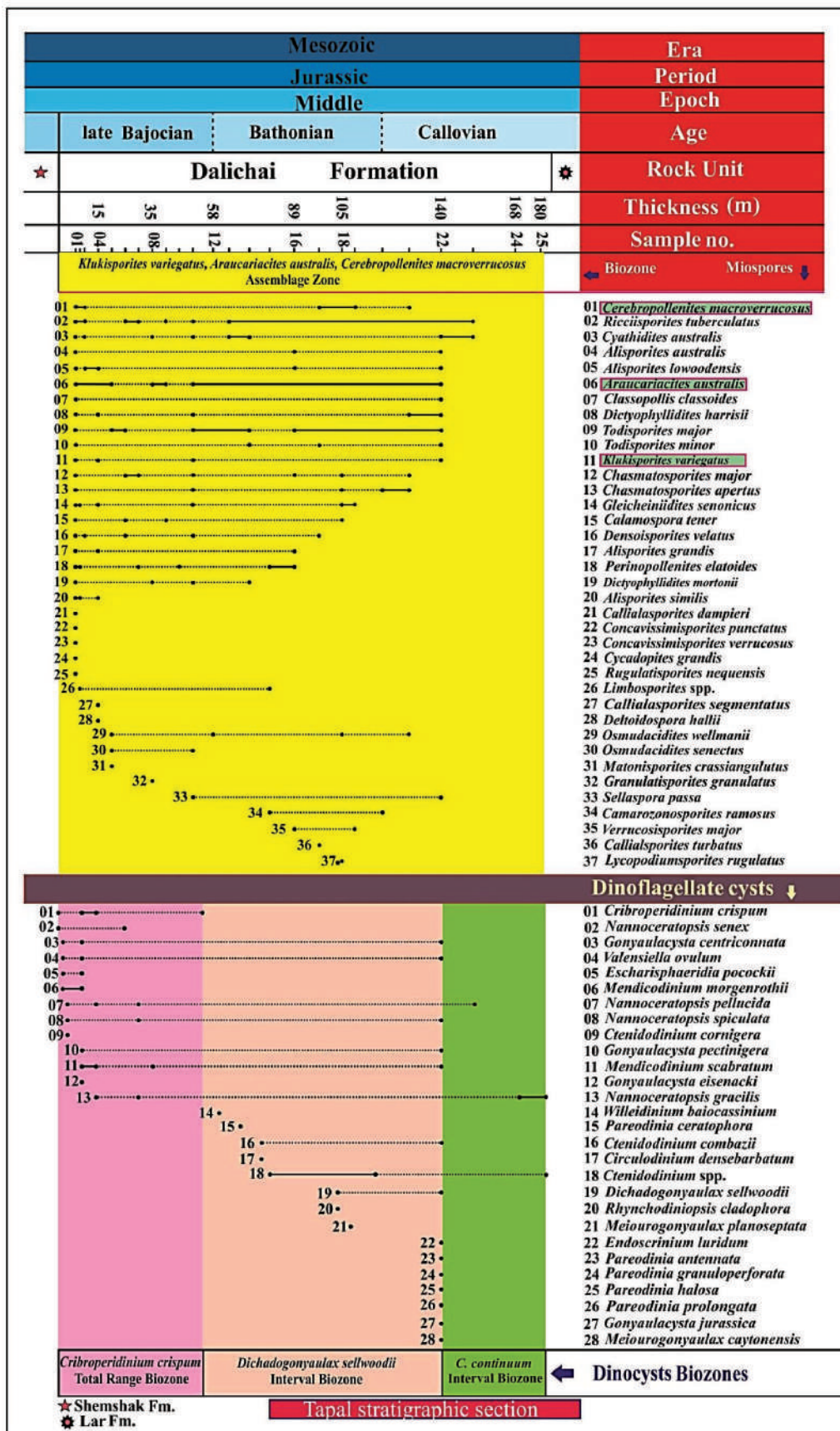
دیگر گونه‌های همراه این پالینوزون عبارتند از:

Ceratium spp., *Nannoceratopsis pellucida*, *N. gracilis*.

در مجموع سن سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی تپال بر اساس داینوسیست‌های شناسایی شده و شاخص باژوسین پسین-کالوین پیشین تا میانی می‌باشد.

پالینواستراتیگرافی و تعیین سن بر اساس میوسپورها

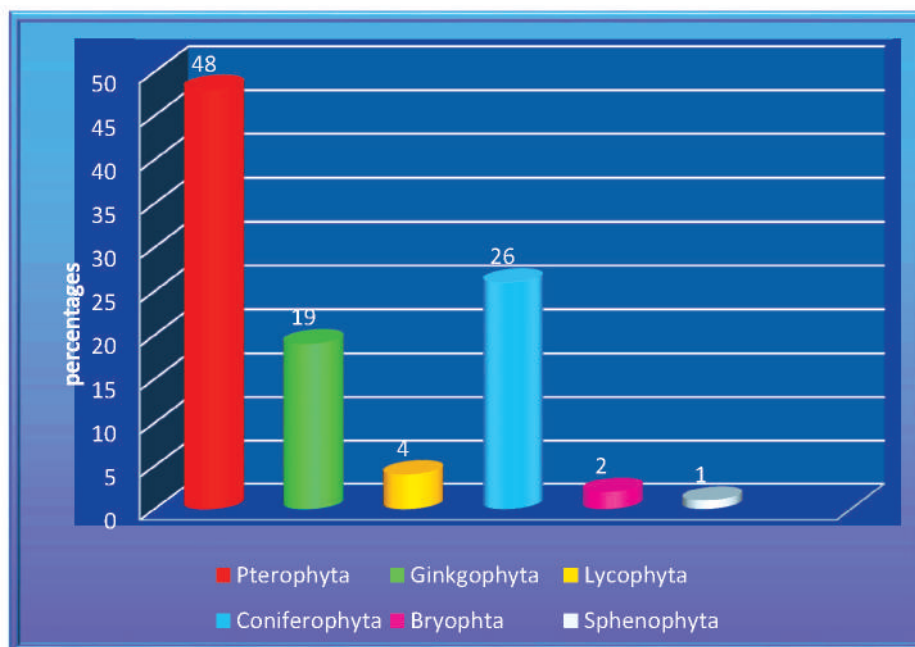
هاشمی‌یزدی و همکاران (۱۳۹۷) با توجه به پراکندگی چینه‌شناسی میوسپوره‌های موجود در نهشته‌های سازند دلیچای پالینوزون تجمعی *Klukisporites variegatus-Araucariacites australis-Cerebropollenites macroverrucosus Assemblage Zone* را در گستره زمانی ژوراسیک میانی (باژوسین پسین-کالوین پیشین تا میانی) در البرز مرکزی معرفی کردند. این پالینوزون در برش



شکل ۴. گسترش چینه‌شناسی میوسپورها و سیست داینوفلاژله‌های سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی تپال، البرز شرقی

همکاران، ۱۳۹۳).
 با توجه به اینکه وجود قارچ‌ها نشانگر آب‌وهوای گرم و مرطوب است، حضور اسپور قارچ‌ها در رسوبات مورد مطالعه حاکیست از آب‌وهوای گرم و مرطوب در زمان تشکیل این نهشته‌ها را تایید می‌کند (پلیت ۲).

دارند و پس از آنها به ترتیب فراوانی، مخروطیان ۲۶٪، زینکوفیت‌ها ۱۹٪، لیکوفیت‌ها ۴٪، بریوفیت‌ها ۲٪ و اسفنوفیت‌ها ۱٪ حضور دارند (شکل ۵). با در نظر گرفتن شرایط محیط زندگی نمونه‌های امروزی گیاهان والد میوسپورها، می‌توان نتیجه گرفت نهشته‌های مورد مطالعه در شرایط آب و هوای گرم تا نیمه گرم و مرطوب تشکیل شده‌اند (هاشمی یزدی و



شکل ۵. نمودار درصد فراوانی گروه‌های مختلف گیاهان والد میوسپورها در سازند دلیچای، برش چینه‌شناسی تپال، البرز شرقی

بازسازی آب‌وهوای دیرینه براساس داینوسیست‌های شاخص دمایی

(Riding and Hubbard, 1999). بنابراین با مطالعه گونه‌های شاخص دمایی داینوفلاژله‌ها، می‌توان تا حدودی وضعیت کلی دمای آب دریا را در زمان تشکیل رسوبات حاوی آنها بازسازی کرد.

در برش چینه‌شناسی تپال برخی از گونه‌های داینوفلاژله شاخص آب‌های گرم تا معتدل مانند *Gonyaulacysta centriconnata*, *Nannoceratopsis pellucida*, *Gonyaulacysta jurassica*, *Pareodinia ceratophora* شناسایی شدند که شرایط آب‌وهوای گرم در زمان تشکیل رسوبات مورد مطالعه را تایید می‌کند.

امروزه بیشترین فراوانی و تنوع داینوفلاژله‌ها در آب‌های نرمال (چه از نظر دمایی و چه از نظر شوری) دیده می‌شود، ولی داینوفلاژله‌هایی نیز وجود دارند که به تغییرات دمایی حساس هستند و تنها در یک گستره دمایی خاص قادر به ادامه حیات می‌باشند. به همین دلیل عرض جغرافیایی یکی از عوامل مهم در پراکندگی و انتشار داینوفلاژله‌ها می‌باشد. داینوفلاژله‌های متعلق به محدوده زمانی ژوراسیک نیز از این قاعده مستثنی نیست و به سه گروه اصلی فرم‌های آب‌های سرد^۱، فرم‌های آب‌های حد واسط^۲ یا معتدل^۳ و فرم‌های آب‌های گرم^۳ تقسیم‌بندی شده‌اند

1. Cold water taxa
2. Intermediate water taxa
3. Warm water taxa

استفاده قرار گرفت.

برای بررسی شرایط محیطی حوضه رسوبی مورد مطالعه، درصد فراوانی نسبی سه گروه اصلی عناصر پالینولوژی شامل مواد ارگانیکی بی‌شکل، پالینومورف‌های دریایی و فیتوکلاست‌ها محاسبه شدند و نتایج حاصل به نمودار سه‌گانه تایسون (Tyson, 1993) منتقل شد (شکل ۶).

گاهی اوقات در تعیین محیط دیرینه با استفاده از فاسیس‌های تعیین شده توسط تایسون، برای یک نوع پالینوفاسیس، بیش از یک محیط دیرینه پیشنهاد شده است. بنابراین برای تعیین دقیق محیط دیرینه از فاکتورهای دیگری نیز استفاده می‌شود. از جمله این فاکتورها نسبت مواد ارگانیکی بی‌شکل به پالینومورف‌های دریایی^۸، نسبت AOM شفاف به AOM تیره، نسبت ماسرال‌های قهوه‌ای^۹ به ماسرال‌های تیره^{۱۰}، میزان پالینوماسرال‌های اپک هم بعد به پالینوماسرال‌های اپک تیغه‌ای شکل^{۱۱} و نسبت عناصر خشکی به دریایی^{۱۲} می‌باشند. در راستای تحقق این نتایج، نمودار درصد فراوانی فاکتورهای بیان شده در طول ستون استراتیگرافی رسم شد (شکل ۷). مطالعه و مقایسهٔ مجموعه این فاکتورها نشان‌دهنده میزان اکسیژن، نرخ رسوب‌گذاری و میزان انرژی محیط دیرینه موثر در حفاظت مواد ارگانیکی می‌باشد.

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود در طول برش چینه‌شناسی تپال، سه نوع پالینوفاسیس I، II، VI از پالینوفاسیس‌های معرفی شده توسط تایسون دیده می‌شود (شکل ۶).

پالینوفاسیس I: در این رخساره، درصد فیتوکلاست نمونه‌ها بین ۹۵٪ تا ۱۰۰٪، AOM کمتر از پنج درصد و مقدار داینوفلاژله‌ها کمتر از ۱۰٪ می‌باشد. طبق نظر

1. Wetter
2. Drier
3. Warmer
4. Cooler
5. PH: Phytoclast
6. Marine Palynomorphs(MP)
7. AOM: Amorphous Organic Matter
8. Amorphous Organic Matter/Marine Palynomorphs
9. Brown Palynomacerals
10. Opaque Palynomacerals
11. Equidimensional Opaque Palynomacerals/Blade-shape Opaque Palynomacerals
12. Terrestrial/Marine Palynomorph

بازسازی آب‌وهوای دیرینه براساس گروه‌های اسپورومورفی

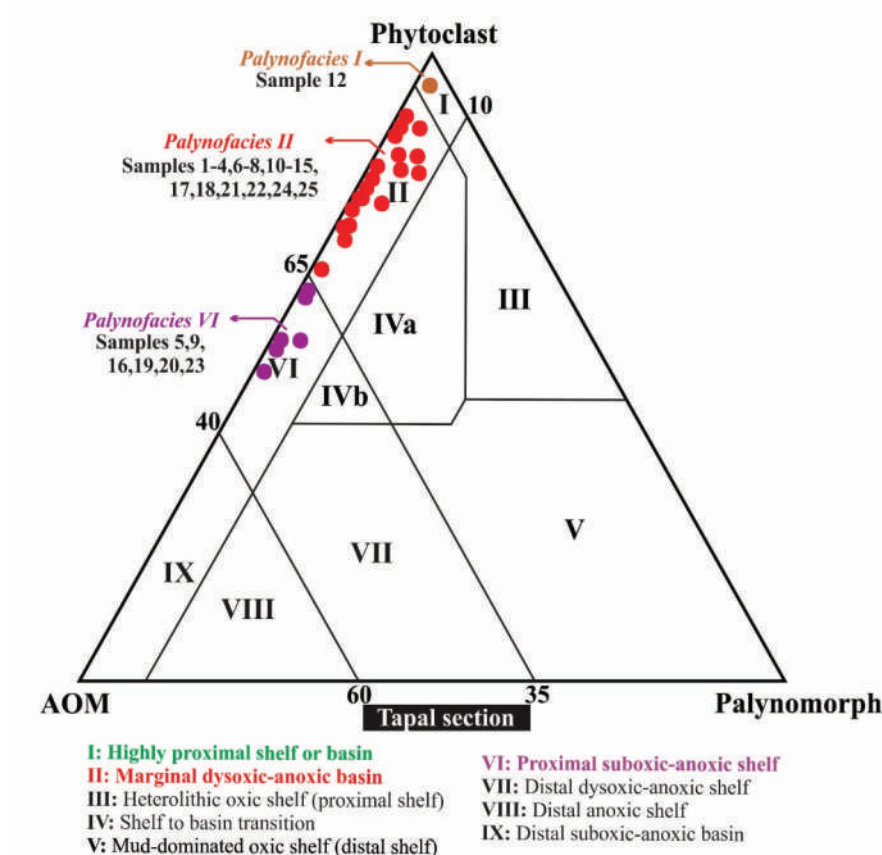
محیط زندگی گیاهان والد میوسپورها در چهار گروه اسپورومورفی شامل گیاهان رطوبت دوست^۱، گیاهان خشکی دوست^۲ گیاهان گرمادوست^۳ و گیاهان سرمادوست^۴ طبقه‌بندی شده‌اند. براساس تغییرات نسبی عناصر warmer/cooler و drier/wetter، در سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی تپال، آب‌وهوای گرم تا نیمه گرم و مرطوب در زمان تشکیل تعیین شد (هاشمی یزدی و همکاران، ۱۳۹۶).

بازسازی محیط دیرینه

بازسازی محیط دیرینه بر اساس محتوای ارگانیکی

یکی از راه‌های تفسیر محیط دیرینه، مطالعه مواد آلی موجود در اسلایدهای پالینولوژی می‌باشد. در این روش برای تعیین رخساره و بازسازی محیط دیرینه حوضه رسوبی، از الگوی پراکندگی پالینومورف‌ها و دیگر خرده‌های ارگانیکی استفاده می‌شود (Tyson, 1993). تغییر در ترکیب تجمع‌های پالینومورفی و انواع پالینوفاسیس، اطلاعات با ارزشی درباره تفسیر محیط رسوبی با توجه خاص به عمق و نوسانات سطح آب و عوامل انتقال فراهم می‌آورد (Tyson, 1993; Smelror and Leereveld, 1989).

به‌منظور تسریع و تسهیل روند انجام کار پالینوفاسیس نیاز به طبقه‌بندی عناصر پالینولوژی می‌باشد که تاکنون در این زمینه، دسته‌بندی‌های بسیار متفاوت به‌وسیله محققین و پالینولوژیست‌های متعدد (e.g. Batten, 1996; Van der Zwan, 1990; Boulter and Riddick, 1986) ارائه شده است. بسیاری از آنها سلیقه‌ای هستند و شاید نتوان استاندارد خاصی برای آنها در نظر گرفت. در سال‌های اخیر بیشتر از طبقه‌بندی کلی تایسون (Tyson, 1995) استفاده شده است. بر اساس این دسته‌بندی عناصر آلی موجود در اسلایدهای پالینولوژی به سه گروه عمده تقسیم می‌شوند. این سه گروه عبارتند از: فیتوکلاست^۵، پالینومورف دریایی^۶ و مواد ارگانیکی بی‌شکل یا آمورف^۷. در این پژوهش طبقه‌بندی عناصر پالینولوژی به روش تایسون (Tyson, 1995) مورد



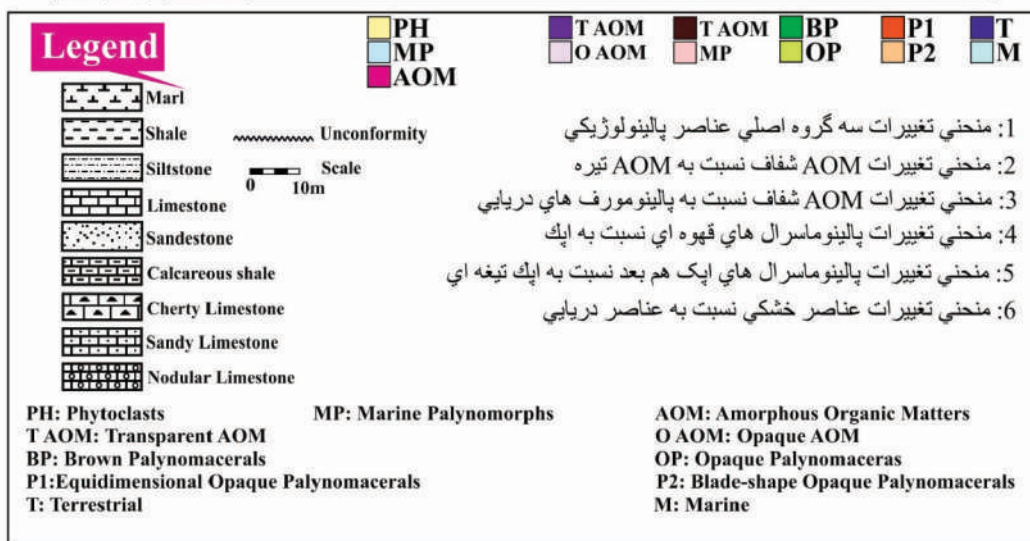
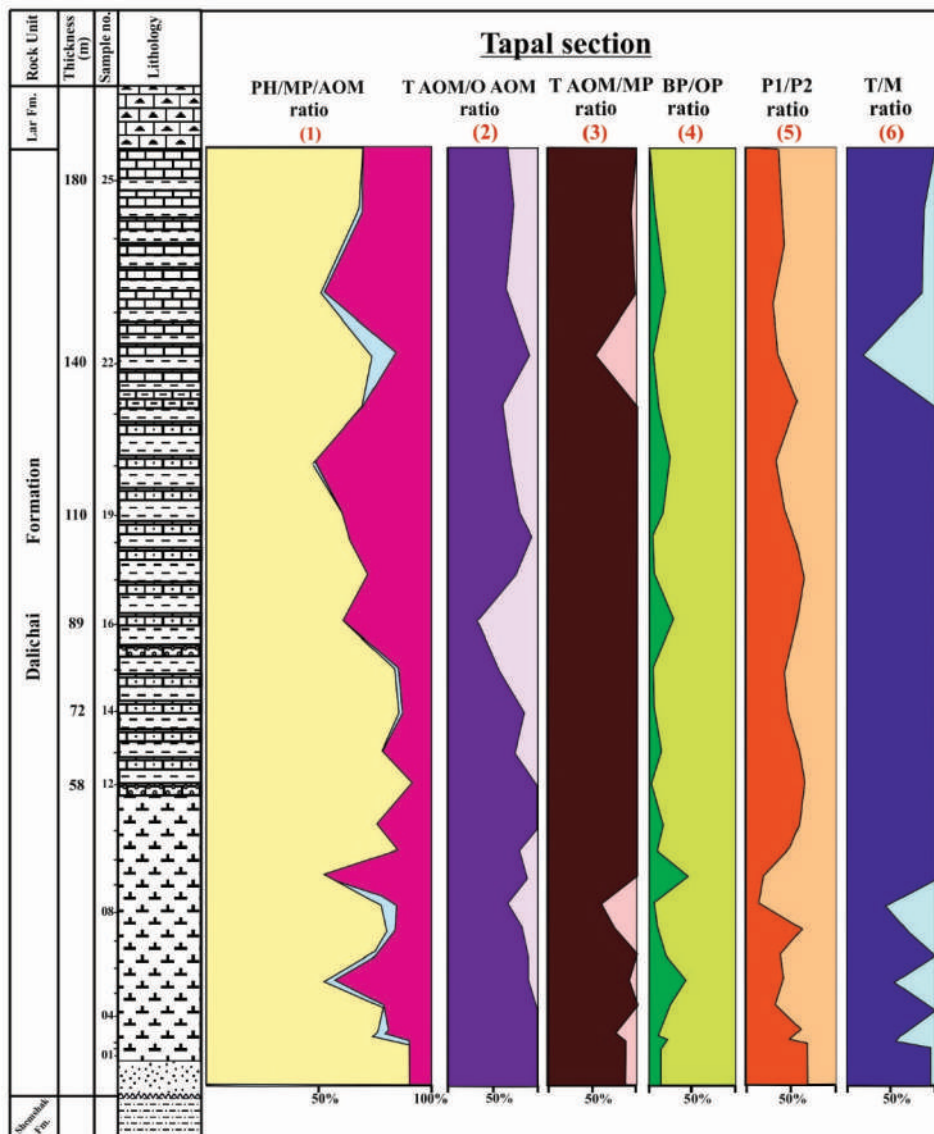
شکل ۶. نمایش جایگاه نمونه‌های مطالعه شده در برش چینه‌شناسی تپال بر روی نمودار سه گانه تایسون (Tyson, 1993)

از آب وجود داشته است. پالینوفاسیس II: در این رخساره، درصد فیتوکلاست نمونه‌ها بین ۶۵٪ تا ۹۵٪، AOM کمتر از ۳۵٪ و مقدار داینوفلاژله‌ها بسیار کم یا نادر می‌باشد. این نوع پالینوفاسیس در حد فاصل نمونه‌های ۴-۱، ۸-۵، ۱۱-۹، ۱۶-۱۸، ۲۰-۲۲ و ۲۳-۲۵ یعنی در ضخامت‌های ۱۵ متر اول، ۲۰-۳۵، ۴۰-۵۰، ۸۹-۱۰۵، ۱۲۰-۱۴۰ و ۱۸۰-۱۵۲ متری برش چینه‌شناسی بیان شده دیده می‌شود. پالینوفاسیس بیان شده بیانگر یک محیط کم‌عمق (حوضه حاشیه‌ای) کم اکسیژن تا فاقد اکسیژن می‌باشد (Tyson, 1993).

پالینوفاسیس VI: در این نوع پالینوفاسیس سیستم‌های داینوفلاژله‌ها کمتر از ۱۰ درصد از عناصر پالینولوژی اسلایدها را به خود اختصاص داده‌اند. درصد AOM نمونه‌ها بین ۳۵٪ تا ۶۰٪ و فیتوکلاست‌ها بین ۴۰٪ تا ۶۵٪ می‌باشند. محیط رسوب‌گذاری این رخساره یک

تایسون (Tyson, 1993) این نوع پالینوفاسیس می‌تواند بیانگر محیط بسیار نزدیک به ساحل و یا حوضه عمیق دریایی باشد. اگرچه بالا بودن نسبت اجزای قاره‌ای نشان‌دهنده محیط رسوب‌گذاری نزدیک به منشأ است ولی در محیط‌های عمیق دریایی هم ممکن است به دلیل شرایط خاص محیطی و از بین رفتن سایر مواد آلی، نتایج مشابهی دیده شود. در این‌گونه موارد به مطالعه سایر فاکتورهای محیطی در کنار نمودار تایسون پرداخته می‌شود.

این نوع پالینوفاسیس در حد فاصل نمونه‌های ۱۱-۱۲ یعنی در ضخامت ۵۰ تا ۵۸ متری برش چینه‌شناسی تپال مشاهده می‌شود. پالینوفاسیس بیان شده نشان از یک محیط رسوب‌گذاری نزدیک به منشأ، یک محیط فلات بسیار پروکسیمال و بسیار کم‌عمق دارد. به عبارت دیگر در گستره زمانی این نوع پالینوفاسیس یا سطح آب بسیار پایین آمده یا یک مرحله نزدیک به خروج



شکل ۷. نمایش تغییرات فاکتورهای تفسیر محیطی و عناصر اصلی پالینولوژی در طول ستون چینه‌شناسی سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی تپال

یک فرم مستقل ندانسته و آن را یک فرم حدواسط بین پروکسیمست و کوریت می‌دانند. با بررسی نحوه زندگی بسیاری از گونه‌های داینوفلاژله‌ها نسبت به سطح آب، مشخص شد، داینوفلاژله‌های دریایی راهنمای قابل اعتمادی برای تشخیص روند پروکسیمال-دیستال می‌باشند. بر این اساس سیستم‌هایی که دارای پروسس‌های طویل می‌باشند^۵ بیشتر ساکن محیط‌های آرام و کم انرژی دور از ساحل هستند و فراوانی آنها شرایط دریایی باز را نشان می‌دهد و افزایش فرم‌های کوریت در مقایسه با فرم‌های دیگر نشان‌دهنده عمیق شدن حوضه رسوب‌گذاری می‌باشد. فرم‌های با پروسس‌های کوتاه یا فاقد پروسس^۶ محیط‌های پراثری ساحلی و یا نزدیک به ساحل را نشان می‌دهند. در مجموع تجمعات داینوسیست‌ها نزدیک به ساحل متنوع‌تر هستند و دارای دیواره ضخیم‌تری نسبت به تجمعات دور از ساحل می‌باشند به همین دلیل شرایط ناپایدار ساحلی را به خوبی تحمل می‌کنند (Carvalho, 2004; Ghasemi-Nejad, 1965; Scull et al., 2001).

در برش چینه‌شناسی مورد مطالعه، تنها فرم‌های پروکسیمت، پروکسیموکوریت و کوریت مشاهده شدند که خود نشان‌دهنده محیط دیرینه پراثری و کم‌عمق نزدیک به ساحل در زمان نهشته شدن سازند دلیچای می‌باشد.

بازسازی محیط دیرینه براساس داینوسیست‌های شاخص عمق

از دیگر کاربردهای شناخته شده برای داینوسیست‌ها، تشخیص عمق محیط رسوبی دیرینه با استفاده از داینوسیست‌های شاخص اعماق کم یا زیاد می‌باشد. در مطالعات انجام شده توسط فیشر و همکاران (Fisher et al., 1980) داینوسیست‌هایی چون

Dichadogonyaulax sellwoodii, *Ctenidodinium spp.*, *Valensiella ovulum*, *Pareodinia spp.*,

1. Proximate
2. Proximochoate
3. Chorate
4. Cavate
5. Chorate
6. Proximate

محیط شلف نزدیک به منشأ با اکسیژن کم یا نبود اکسیژن می‌باشد. پالینوفاسیس بیان‌شده در حد فاصل نمونه‌های ۴-۵، ۸-۹، ۱۲-۱۶، ۱۸-۲۰ و ۲۲-۲۳ یعنی در ضخامت‌های ۱۵-۲۰، ۳۵-۴۰، ۵۸-۸۹، ۱۲۰-۱۰۵ و ۱۴۰-۱۵۲ متری برش چینه‌شناسی تپال قرار دارد و یک محیط دیرینه ساحلی کم اکسیژن تا شلف بدون اکسیژن را نشان می‌دهد.

در برش چینه‌شناسی تپال، نسبت AOM شفاف به AOM تیره اصولاً بیش از یک می‌باشد (شکل ۷) و این موضوع حکایت از شرایط کم اکسیژن و سرعت رسوب‌گذاری پایین دارد. همچنین بالا بودن نسبت عناصر خشکی به دریایی و نسبت پالینوماسرال‌های اپک هم بعد نسبت به تیغه‌ای شکل، وجود محیط کم‌عمق نزدیک به ساحل را نشان می‌دهد. حضور اکریتارک‌ها به همراه داینوفلاژله‌های نوع پروکسیمیت و بالا بودن نسبت اسپورها به پولن‌های دو باله، محیط دیرینه کم‌عمق نزدیک ساحل را تایید می‌کند. در مجموع برای برش چینه‌شناسی تپال، یک محیط دیرینه کم‌عمق پیشنهاد می‌شود و با توجه به پالینوفاسیس نوع I به نظر می‌رسد یک مرحله نزدیک به خروج از آب یا یک محیط فلات قاره بسیار پروکسیمال را در انتهای بازوسین در حد فاصل نمونه‌های ۱۱-۱۲ یعنی در ضخامت ۵۰ تا ۵۸ متری تجربه کرده است.

بازسازی محیط دیرینه براساس مورفولوژی داینوسیست‌ها

داینوسیست‌ها که یکی از مهم‌ترین پارامترهای پالینولوژی محسوب می‌شوند به علت پراکندگی جغرافیایی وسیع، محدودیت زمانی، ویژگی‌های مورفولوژی و تنوع بالا به‌عنوان فسیل راهنما و شاخص در تفسیر توالی‌های پیشروی و پسروی و تغییرات نسبی سطح آب دریا مورد استفاده قرار می‌گیرند (Schioler, 1992; Gorin and Steffen, 1991; Habib and Miller, 1989). داینوسیست‌ها از نظر مورفولوژی به چهار فرم پروکسیمست^۱، پروکسیموکوریت^۲، کوریت^۳ و کوریت^۴ طبقه‌بندی می‌شوند. (Sarjeant, 1974) البته برخی از پالینولوژیست‌ها فرم پروکسیموکوریت را

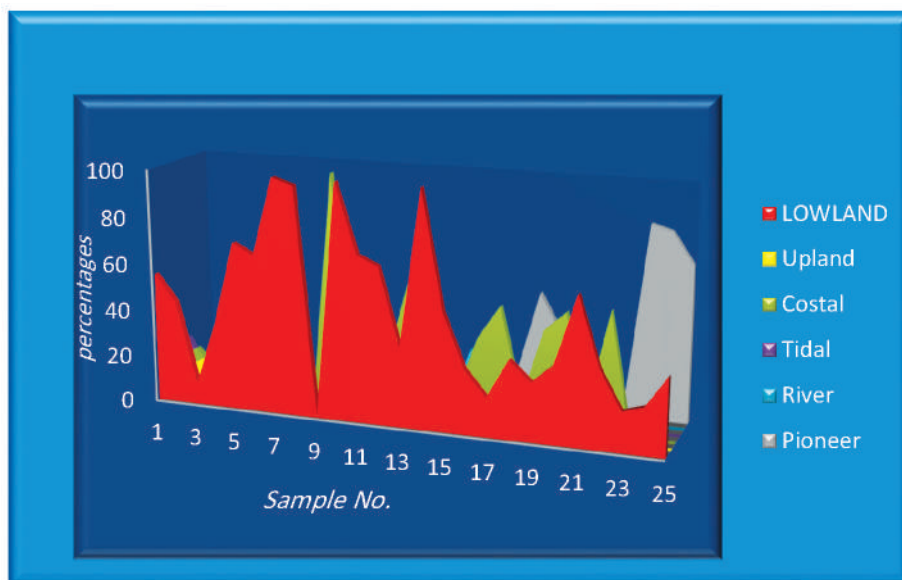
می‌رسند) و بیشترین درصد میوسپورها مربوط به جامعه گیاهی Lowland SEG می‌باشند البته تمامی گروه‌های اسپورومورفی در توزیع عمودی خود نوساناتی دارند که منعکس‌کننده تغییرات مقطعی محیطی می‌باشد. در این مطالعه تنها ارتباط بین سه گروه گیاهی شامل گیاهان سازگار با مناطق پست و دشت‌ها^۱، گیاهان سازگار با مناطق ساحلی^۲ و گیاهان سازگار با مناطق مرتفع^۳ به دلیل حساس‌تر بودن نسبت به تغییرات اقلیمی، مورد بررسی قرار گرفتند. در بخش بزرگ برش چینه‌شناسی بیان شده، کاهش در نسبت جوامع گیاهی Upland/Lowland همچنین افزایش در نسبت جوامع گیاهی Lowland/Coastal-Tidal influenced دیده می‌شود. البته گاهی نسبت جامعه گیاهی Lowland کاهش یافته و جوامع گیاهی Coastal-Tidal influenced افزایش می‌یابند که این روند مؤید آن است که حوضه رسوب‌گذاری مورد مطالعه، یک محیط رسوبی کم‌عمق بوده که گاهی شاهد بالآمدگی بسیار کم سطح آب دریا می‌باشند (هاشمی یزدی و همکاران، ۱۳۹۶).

Nannoceratopsis gracilis.

مشخصه آب‌های کم‌عمق معرفی شده‌اند. همچنین تحقیقات نشان داده است که گونه‌هایی چون *Valensiella ovulum*, *Nannoceratopsis gracilis* در برابر شوری مقاوم هستند و شاخص محیط‌های کم‌عمق می‌باشند (Fensome, 1979). حضور داینوسیست‌های بیان شده در برش چینه‌شناسی تپال، شاهی دیگر بر عمق کم حوضه رسوب‌گذاری در زمان نهشته شدن این رسوبات می‌باشد.

بازسازی محیط دیرینه براساس گروه‌های اسپورومورفی

مطالعه نمودار اکوگروه‌های اسپورومورفی سازند دلیچای در طول برش چینه‌شناسی تپال (البرز شرقی) نشان می‌دهد که در برش چینه‌شناسی تپال، میوسپورهای موجود در تمام گروه‌های شش‌گانه گیاهی در طبقه‌بندی آبینک (Abbink et al., 2004) در زمان تشکیل سازند دلیچای حضور داشتند (شکل ۸) که کمترین درصد میوسپورهای شناسایی شده مربوط به جامعه گیاهی River SEG (معمولاً از چند درصد تجاوز نکرده و حتی گاهی به صفر



شکل ۸. نمودار تغییرات فراوانی اکوگروه‌های اسپورومورفی در سازند دلیچای، برش چینه‌شناسی تپال

1. Lowland
2. Coastal
3. Upland

نتیجه‌گیری

محیط زندگی نمونه‌های امروزی این گیاهان و همچنین حضور اسپور قارچ‌ها، می‌توان نتیجه گرفت این نهشته‌ها در شرایط آب‌وهوای گرم تا نیمه گرم و مرطوب تشکیل شده‌اند. همچنین مطالعه نسبت اسپورومورف‌ها و الگوی فراوانی نسبی عناصر *drier/wetter* و *warmer/cooler*، نیز حاکمیت آب‌وهوای گرم و مرطوب در زمان تشکیل این رسوبات را نشان می‌دهد. وجود برخی داینوفلاژله‌های شاخص آب‌های گرم تا معتدل مانند *Gonyaulacysta centriconnata*, *Nannoceratopsis pellucida*, *Gonyaulacysta jurassica*, *Pareodinia ceratophora*,

نیز تأییدی دیگر بر این نوع شرایط می‌باشد.

بررسی نسبت عناصر پالینولوژی، منجر به شناسایی سه نوع پالینوفاسیس (I, II, VI) شدند. پالینوفاسیس‌های بیان‌شده و نسبت بیش از یک AOM شفاف به AOM تیره، حکایت از شرایط کم اکسیژن و سرعت رسوب‌گذاری پایین دارد. همچنین بالا بودن نسبت عناصر خشکی به دریایی و نسبت پالینوماسرال‌های اپک هم بعد نسبت به تیغه‌ای شکل وجود محیط کم عمق نزدیک به ساحل را برای این برش چینه‌شناسی نشان می‌دهد. تجزیه و تحلیل پالینوفاسیس‌های بیان‌شده به همراه مطالعه اکوگروه‌های اسپورومورفی و جوامع گیاهی مرتبط با آنها حکایت از رسوب‌گذاری در محیط دیرینه به نسبت کم عمق می‌کند. وجود اکریتارک‌ها به همراه فراوانی به نسبت خوب داینوفلاژله‌های پروکسیمت و حضور داینوفلاژله‌های شاخص محیط دریایی کم عمق چون *Dichadogonyaulax sellwoodii*, *Ctenidodinium spp.*, *Valensiella ovulum*, *Pareodinia spp.*, *Nannoceratopsis gracilis*.

نیز همین نتیجه‌گیری را تأیید می‌کند.

پالینومورف‌های متنوعی شاخص محیط‌های دریایی و قاره‌ای با حفظ‌شدگی به نسبت خوب، شامل میوسپورها (اسپور و پولن‌ها)، سیست داینوفلاژله‌ها، اسپور قارچ‌ها، پوسته داخلی فرامینیفرها، تاسمانیت‌ها و آکریتارک‌ها در نهشته‌های سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی تپال (البرز شرقی) وجود دارند. وجود داینوفلاژله‌های *Cribroperidinium crispum* (با گستره زمانی باژوسین پسین) و *Ctenidodinium combazii* (با گستره زمانی باتونین-کالوین پیشین) سن باژوسین پسین-کالوین را برای این واحد سنگی تأیید می‌شوند.

با توجه به گسترش چینه‌شناسی میوسپورهای موجود، یک پالینوزون تجمعی، *Klukisporites variegatus*, *Araucariacites australis*, *Cerebropollenites macroverrucosus* Assemblage Zone با گستره زمانی ژوراسیک میانی شناسایی شدند.

همچنین با توجه به گسترش چینه‌شناسی سیست داینوفلاژله‌ها، سه بیوزون *Cribroperidinium crispum* Total Range Biozone، به سن باژوسین پسین *Dichadogonyaulax sellwoodii* Interval Biozone، به سن باتونین تا کالوین پیشین و بیوزون *Ctenidodinium continuum* Interval Biozone به سن کالوین پیشین تا میانی شناسایی شدند.

با توجه به گیاهان والد میوسپورها، به ترتیب فراوانی، سرخس‌ها (Pterophyta)، مخروطیان (Coniferophyta)، ژینکوفیتا (Ginkgophyta)، لیکوفیتا (Lycophyta) بریوفیتا (Bryophyta) و اسفنوفیتا (Sphenophyta) در پوشش گیاهی اطراف محیط تشکیل نهشته‌های سازند دلیچای وجود داشتند. با در نظر گرفتن شرایط

Plate 1

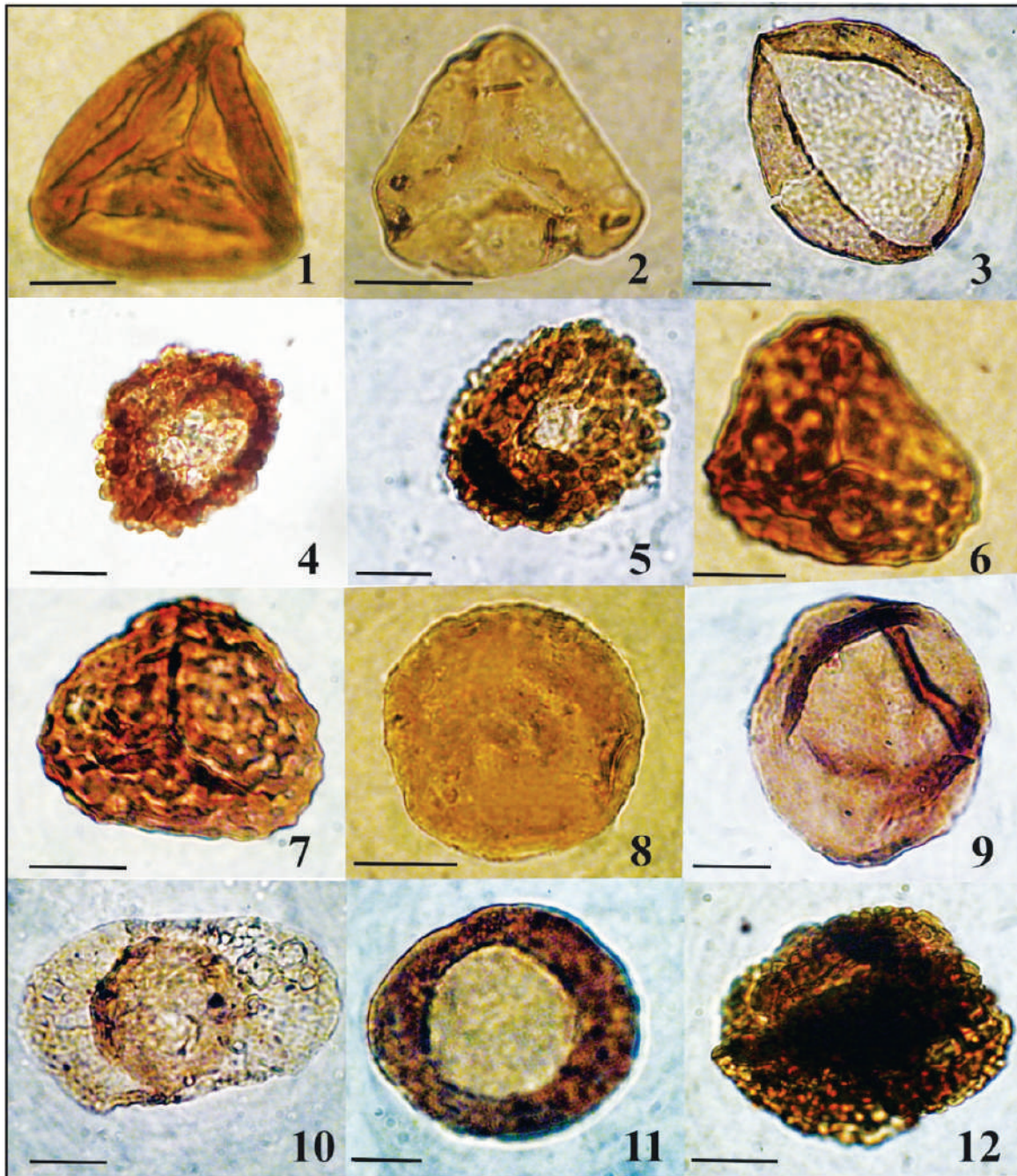


Plate 1. (1) *Gleicheniidites senonicus* Ross emend. Skarby, 1964; proximal focus; (2) *Dictyophyllidites harrisii* Couper, 1958; proximal focus; (3) *Chasmatosporites major* Nilsson, 1958; distal focus; (4, 5) *Cerebropollenites macroverrucosus* (Thiergart) Schulz, 1967, median foci; (6, 7) *Klukisporites variegatus* Couper, 1958, proximal foci; (8, 9) *Araucariacites australis* Cookson ex Couper, 1953, median foci; (10) *Alisporites similis* (Balme) Dettmann, 1963, median focus.; (11) *Chasmatosporites apertus* (Rogalska) Nilsson, 1958; distal focus; (12) *Ricciisporites tuberculatus* Lundblad, 1954, median focus. Scale bar equals 20 μ m.

Plate 2

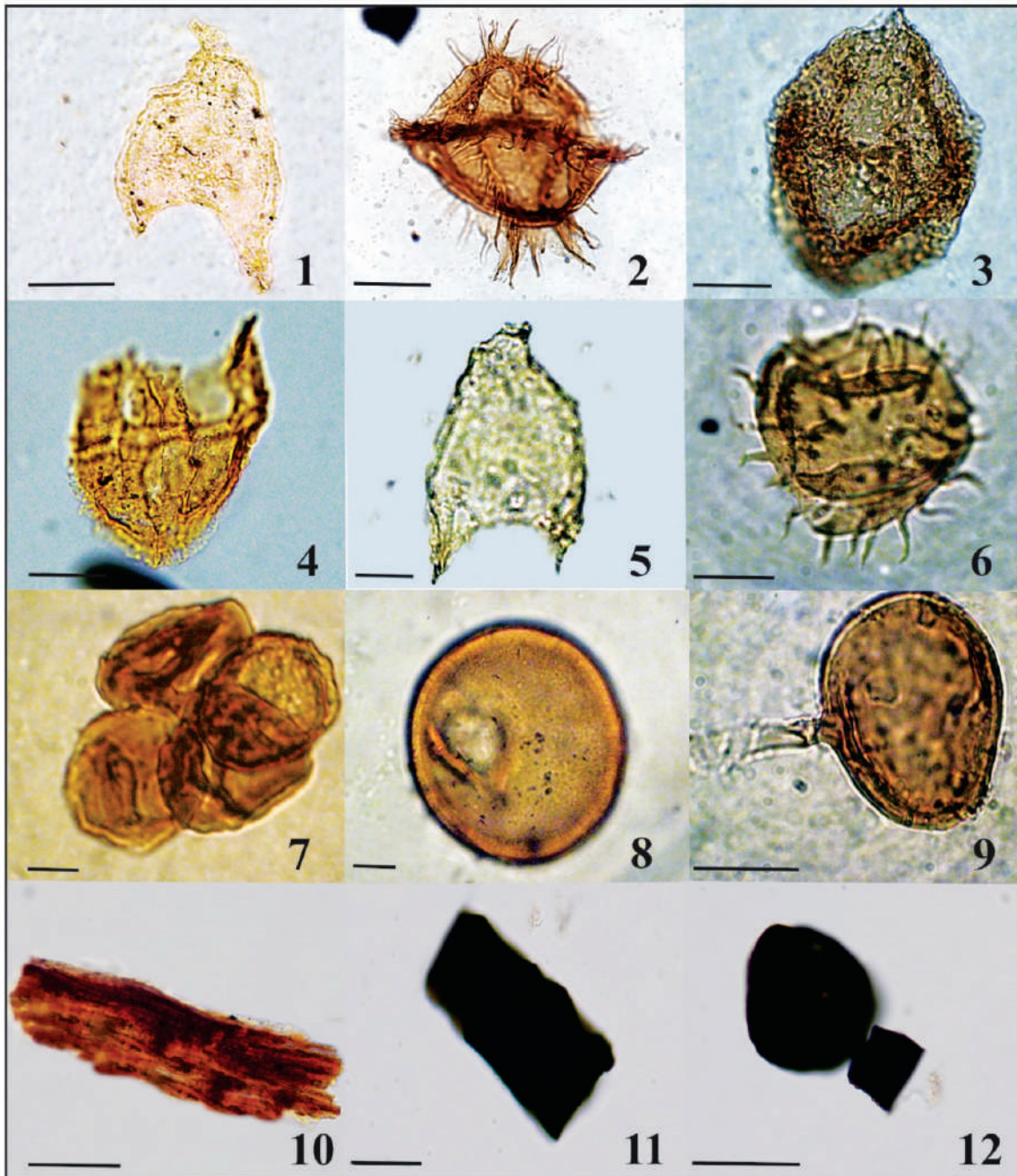


Plate 2. (1) *Nannoceratopsis gracilis* Alberti emend. Evitt, 1962; (2) *Ctenidodinium combazii* Dupin, 1968; (3) *Cribroperidinium crispum* (Wetzel) Fenton, 1981; (4) *Meiourogonyaulax caytonensis* (Sarjeant) Sarjeant, 1969; (5) *Nannoceratopsis spiculata* Stover, 1966; (6) *Micrhystridium* sp.; (7) Spore in tetrad; median foci; (8) *Tasmanites* sp., median focus; (9) Fungal spore, median focus; (10) Plant tissue; (11) Blade-shape Opaque palynomaceral; (12) Equidimensional Opaque palynomaceral. Scale bar equals 20 μ m.

منابع

- ارکانی، ع.، ۱۳۹۷. پالینواستراتیگرافی و دیرین بوم‌شناسی سازند دلیچای در روستای بار (شمال نیشابور) به‌منظور تهیه‌ی نقشه دیرین بوم‌شناسی البرز و کپه داغ در تریاس و ژوراسیک، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده زمین‌شناسی، دانشگاه تهران، ۱۰۷.
- افشار، آ.، ۱۳۹۹. پالینواستراتیگرافی قسمت فوقانی سازند شمشک و قاعده سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی برمهان، شمال نیشابور. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده زمین‌شناسی دانشگاه تهران، ۲۱۷.
- آقاناتی، ع.، ۱۳۷۷. چینه‌شناسی ژوراسیک ایران. جلد اول و دوم، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۷۴۶.
- بشیری، ن.، ۱۳۹۸. پالینولوژی سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی اندریه. شمال غرب فیروزکوه، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده زمین‌شناسی دانشگاه تهران، ۲۰۷.
- خاکی، و.، ۱۳۸۰. پالینواستراتیگرافی رسوبات ژوراسیک بالایی منطقه کوه سفید کوه‌های سلطانیه در جنوب شرق زنجان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم، دانشگاه تهران، ۲۰۱.
- درمنکی فراهانی، س.، ۱۳۹۵. پالینولوژی سازند دلیچای در جنوب شرق (برش گویداغ) و شمال غرب (برش آهق) مراغه، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده زمین‌شناسی، دانشگاه تهران، ۱۸۸.
- ده بزرگی، ا.، ۱۳۹۲. پالینولوژی و پالئوآکولوژی رسوبات ژوراسیک میانی (سازندهای دلیچای و بغمشاه) شرق سمنان (منطقه جام). پایان‌نامه دکتری، دانشکده زمین‌شناسی، دانشگاه تهران، ۳۲۰.
- ده بزرگی، ا.، ۱۳۹۹. پالینواستراتیگرافی، آب‌وهوا و محیط دیرینه سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی بشم (البرز شرقی). مجله دو فصلنامه رخساره‌های رسوبی، سال ۱۶، ۸، ۲۰-۱۲.
- سجادی هزاوه، ف.، درمنکی فراهانی، س. و هاشمی یزدی، ف.، ۱۳۹۷. پالینولوژی سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی گویداغ، جنوب شرقی مراغه بر مبنای داینوفلاژله‌ها. مجله پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، ۳۴، ۹۱-۱۰۸.
- سجادی هزاوه، ف. و درمنکی فراهانی، س.، ۱۳۹۶. پالینواستراتیگرافی و پالئوآکولوژی نهشته‌های ژوراسیک میانی در جنوب شرقی مراغه، براساس پالینومورف‌های خشکی مجله پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، ۶۷، ۴۱-۶۴.
- صباغیان، ح.، ۱۳۸۸. پالینواستراتیگرافی سازند دلیچای در کوه راهبند مهدی‌شهر، البرز مرکزی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده زمین‌شناسی، دانشگاه تهران، ۱۱۰.
- محمدخانی، خ. و زارعی، ا.، ۱۳۹۷. پالینواستراتیگرافی سازند دلیچای در برش درجین در شمال سمنان، مجله پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، سال ۳۴، ۷۳، ۲۱-۳۸.
- نویدی ایزد، ن.، ۱۳۹۲. پالینواستراتیگرافی سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی دیکتاش، شمال شرق سمنان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده زمین‌شناسی، دانشگاه تهران، ۲۲۰.
- هاشمی یزدی، ف.، سجادی، ف. و هاشمی، ح.، ۱۳۹۷. پالینواستراتیگرافی رسوبات ژوراسیک میانی (دوگر) البرز مرکزی و شرقی، مجله پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، ۳۴، ۷۲، ۲۱-۳۶.
- هاشمی یزدی، ف.، ده بزرگی، ا.، سجادی، ف. و هاشمی، ح.، ۱۳۹۶. استفاده از گروه‌های اسپورومورفی در بازسازی محیط رسوبی سازند دلیچای در دو برش چینه‌شناسی شرف (البرز مرکزی) و تپال (البرز شرقی). مجله پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، ۳۳، ۶۸، ۱-۱۴.
- هاشمی یزدی، ف.، ۱۳۹۴. پالینولوژی و پالئوآکولوژی سازند دلیچای در حوضه البرز مرکزی-شرقی و سازند هجدک در شرق ایران مرکزی. پایان‌نامه دکتری، دانشکده زمین‌شناسی، دانشگاه تهران، ۳۸۸.
- هاشمی یزدی، ف. سجادی، ف. و هاشمی، ح.، ۱۳۹۳. پالئوآکولوژی رسوبات ژوراسیک میانی در البرز مرکزی و شرقی، فصلنامه زمین‌شناسی ایران، ۸، ۳۲، ۳-۱۷.
- هاشمی یزدی، ف.، ۱۳۸۷. پالینواستراتیگرافی سازند دلیچای در برش بلو، شمال سمنان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده زمین‌شناسی، دانشگاه تهران، ۱۲۹.

- Abbink, O.A., Van Konijnenburg-Van Cittert, J.H.A. and Visscher, H., 2004. A spore-morph ecogroup model for the Northwest European Jurassic-Lower Cretaceous: concepts and framework. Netherlands. Journal of Geosciences, Geologieen Mijnbouw, 83, 17-38.
- Aboul Ela, N.M. and El Shamma, A.A., 1997. Palynostratigraphy of the Middle-Upper Jurassic rocks in El-Giddi borehole, North Sinai, Egypt. Acta Geologica Polonica, 41, 45-55.
- Aboul Ela, N.M. and Mahrous, H.A., 1990. Bathonian dinoflagellate cysts from the sub-surface Jurassic of North Western Desert Egypt. MERC Ain Shams University of Earth Sciences Series, 4, 95-111.
- Batten, D.J., 1996. Upper Jurassic and Cretaceous miospores. Chapter 26A, Palynofacies and palaeoenvironmental interpretation. In: Jansoni, J. and McGregor, D.C. (eds.): Palynology: Principles and Application, American Association Stratigraphic Palynologists Foundation, 3, 1011-1064.
- Boulter, M. C. and Riddick, A., 1986. Classification and analysis of palynodebris from the Paleocene sediments of the Forties Field. Sedimentology, 33, 871-886.
- Carvalho, M.A., 2004. Palynological Assemblage from Aptian/ Albian of the Sergipe Basin: paleoenvironmental reconstruction. Revista Brasileira de Paleontologia, 7(2), 159-168.
- Dehbozorgi, A., Sajjadi, F. and Hashemi, H., 2013. Middle Jurassic palynomorphs of the Dalichai Formation, central Alborz Ranges, northeastern Iran: Paleocological inferences, Science China Earth Sciences, 56, 12, 2107-2115.
- Dodd, J.R. and Stanton, J.R. S., 1990. Paleoecology: concepts and applications.. 2nd ed., Wiley, New York, 501.
- El Beialy, S.Y. and Ibrahim, M., 1997. Callovian-Oxfordian (Middle-Upper Jurassic) microplankton and miospores from the Masajid Formation, WX1 boreholes, El Maghra area, North Sinai, Egypt. Biostratigraphy and palaeoenvironmental interpretation. Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen, 204, 379-398.
- El Beialy, S.Y., 1994. Middle Jurassic and Neocomian palynomorphs from the Mamura IX borehole, Western Desert, Egypt. Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen, 193, 195-208.
- Feist-Burkhardt, S. and Monteil, E., 2001. Gonyaulacacean dinoflagellate cysts with multiplate precingular archaeopyle. Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen, v.219, Fensome, R.A., 1979. Dinoflagellate cysts and acritarchs from the Middle and Upper Jurassic of Jameson Land, East Greenland. Bulletin Grønlands Geologiske Undersøgelse, 132, 98.
- Fenton, J.P.G., Neves, R. and Piel, K.M., 1980. Dinoflagellate cysts and acritarchs from Upper Bajocian to Middle Bathonian strata of central and southern England. Palaeontology, 23, 151-170.
- Fenton, J.P.G. and Fisher, M.J., 1978. Regional distribution of marine microplankton in the Bajocian and Bathonian of north-west Europe. Palínologia, número extraordinario, 1, 233-243.
- Fisher, M.J. and Riley, L.A., 1980: The stratigraphic distribution of dinoflagellate cysts at the boreal Jurassic-Cretaceous boundary. Proceedings of the 4th International Palynological Conference (Lucknow) 2, 313-329
- Gedl, P., 2008. Organic-walled dinoflagellate cyst stratigraphy of dark Middle Jurassic marine deposits of the Pieniny Klippen Belt, West Carpathians. Studia Geologica Polonica, 131, 7-227.
- Ghasemi-Nejad, E., Sabbaghiyan, H. and Mosaddegh, H., 2012. Paleobiogeographic implications of late Bajocian-late Callovian (Middle Jurassic) dinoflagellate cysts from the Central

- Alborz Mountain, northern Iran. *Journal of Asian Earth Sciences*, 43, 1-10.
- Ghasemi-Nejad, E., 2001. Dinocyst Morphotype Groups Versus Sequence Stratigraphy of the Upper Jurassic Sediments of the Northern Switzerland Sedimentary Basin. *International Journal of Science*, 2.
 - Gorin, G.E. and Steffen, D., 1991. Organic facies as a tool for recording eustatic variations in marine fine-grained carbonates-example of the Berriasian stratotype at Berrias (Ardèche, SE France). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 85, 303-320.
 - Habib, D. and Miller, J.A., 1989. Dinoflagellate species and organic facies evidence of marine transgression and regression in the Atlantic coastal plain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 74, 23-47.
 - Hashemi Yazdi, F., Sajjadi, F. and Dehbozorgi, A., 2015. A new lycophyte miospore species from the middle Jurassic of Iran. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 18(2).
 - Ibrahim, M.I.A., Aboul Ela, N.M. and Kholeif, S.E., 2001. Palynostratigraphy of Jurassic to Lower Cretaceous sequences from the Eastern Desert of Egypt. *Journal of African Earth Sciences*, 32(2), 269-297. [https://doi.org/10.1016/S0899-5362\(01\)90007-7](https://doi.org/10.1016/S0899-5362(01)90007-7).
 - Ibrahim, M.I.A. and El Beialy, S. 1995. Kimmeridgian-Barremian palynostratigraphy of the Malha-1 borehole, North Sinai, Egypt. *Sciences Géologiques Bulletin*, 48(4), 187-209.
 - Mafi, A., Ghasemi-Nejad, E., Ashouri, A. and Vahidi-Nia, M., 2013. Dinoflagellate cysts from the upper Bajocian-lower Oxfordian of the Dalichai Formation in Binalud Mountains (NE Iran) their biostratigraphical and biogeographical significance. *Arabian Journal of Geosciences*, 7(9), 3683-3692.
 - Mahmoud, M.S. and Moawad, A.M.M., 2000. Jurassic-Cretaceous (Bathonian to Cenomanian) palynology and stratigraphy of the West Tiba-1 borehole, northern Western Desert, Egypt. *Journal of African Earth Sciences*, 30(2), 401-416. [https://doi.org/10.1016/S0899-5362\(00\)00026-9](https://doi.org/10.1016/S0899-5362(00)00026-9).
 - 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.
 - Poulsen, N.E. and Riding, J.B., 2003. The Jurassic dinoflagellate cyst zonation of Subboreal Northwest Europe. In: Ineson, J.R. and Surlyk, F. (eds). *The Jurassic of Denmark and Greenland*. Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin, 1, 115-144.
 - Riding, J.B. and Hubbard, N.L.B., 1999. Jurassic (Toarcian to Kimmeridgian) Dinoflagellate Cysts and Paleoclimates. *Palynology*, 23, 15-30.
 - Riding, J.B. and Thomas, J.E., 1992. Dinoflagellate cysts of the Jurassic System. In: Powell, A.J. (ed), *A stratigraphic index of dinoflagellate cysts*. British Micropalaeontological Society Publications Series. Chapman and Hall, London, 7-97.
 - Riding, J.B., 1987. Dinoflagellate cyst stratigraphy of the Nettleton Bottom Borehole (Jurassic: Hettangian to Kimmeridgian), Lincolnshire, England. *Proceedings of the Yorkshire Geological Society*, 46, 231-266.
 - Riley, L.A. and Fenton, J.P.G., 1982. A dinocyst zonation for the Callovian to Middle Oxfordian succession (Jurassic) of northwest Europe. *Palynology*, 6, 193-202.
 - Scull, B.J., Felix, C.J., McCaleb, S.B. and Shaw, W.G., 1966. The inter-discipline approach to paleoenvironmental interpretations. *Transactions of the Gulf Coast Association of Geological Societies*, 16: 81-117.
 - Sarjeant, W.A.S., 1974. *Fossil and living dinoflagellates*. London: Academic Press, 182.

- Schioler, P., 1992. Dinoflagellate cysts from the Arnager Limestone Formation (Coniacian, Late Cretaceous), Bornholm, Denmark. Review of Palaeobotany and Palynology, 72, 1-25.
- Skupien, P., Pavlus, J., Falahatgar, M. and Javidan, M., 2015. Middle Jurassic organic-walled dinoflagellate cysts and palynofacies from Telma-Dareh, south of Sari, northern Iran. Review of Palaeobotany and Palynology, 223, 128-137.
- Smelror, M. and Dietl, G., 1994. Dinoflagellates cysts of the Bathonian/Callovian boundary beds in Southern Germany. Geobios, 17, 453-459.
- Smelror, M., Arhus, N., Melendez, G. L. M. and Lardies, M. D., 1991. A reconnaissance study of Bathonian to Oxfordian (Jurassic) dinoflagellates and acritarchs from the Zaragoza region (NE Spain) and Figueira da Foz (Portugal). Revista Española de Micropaleontología, 23(2), 47-82.
- Smelror, M. and Leereveld, H., 1989. Dinoflagellate cyst and acritarch assemblages from the Late Bathonian-Early Oxfordian of Montange Crussol, Rhône Valley, southern France. Palynology, 13, 121-141.
- Steiger, R., 1966. Die Geologie der West-Firuzkuh-Area (Zentral Elburz/Iran). Geologisches Institute der Eidgenossischen Technischen Hochschule und der Universität Zürich, 68, 1-145.
- Traverse A., 2007. Paleopalynology. 2nd ed. Springer, Dordrecht, Netherlands, 813.
- Tyson, R.V., 1993. Palynofacies analysis. In: Jenkins D.G. (ed), Applied Micropaleontology, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 153-172.
- Tyson, R.V., 1995. Sedimentary organic matter; organic facies and palynofacies. Chapman and Hall, London, 615.
- Van der Zwan, C.J., 1990. Palynostratigraphy and palynofacies reconstruction of the Upper Jurassic to lowermost Cretaceous of the Draugen Field, offshore Mid Norway. Review of Palaeobotany and Palynology, 62, 157-186.
- Vozzhennikova, T. F., 1965. Introduction to the study of fossil peridinian algae. Nauka Publishers, Moscow, 154.
- Wheeler, J.W. and Sarjeant, W.A.S., 1990. Jurassic and Cretaceous palynomorphs from the central Alborz Mountains, Iran. Their significance in biostratigraphy and palaeogeography. Modern Geology, 14(4), 375.
- Woollam, R. and Riding, J.B., 1983. Dinoflagellate cyst zonation of the English Jurassic. Institute of Geological Sciences, 83/2, 42.