

Original Research Paper

Palynostratigraphy and palaeoecology of the Dalichai Formation at the Yonjehzar stratigraphic section, northeastern Tehran, central Alborz

Fereshteh Sajjadi¹, Firouzeh Hashemi Yazdi^{2*} and Hossein Hashemi³¹School of Geology, College of Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran²Palaeobotany Department, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education, and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran³Department of Geology, Faculty of Earth Sciences, University of Kharazmi, Tehran, Iran

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 2022 July 07

Accepted: 2023 February 05

Available online: 2023 June 22

Keywords:

Palynostratigraphy

Paleoclimatology

Bajocian- Callovian

Sporomorph Eco Groups

Dalichai Formation

Central Alborz


ABSTRACT

Reasonably diverse and very well-preserved palynomorphs including miospores, dinoflagellate cysts, foraminiferal test linings, acritarchs (sensu lato) and fungal spores occur in the Dalichai Formation, Yonjehzar, northeastern Tehran, central Alborz. The assemblages embrace 40 species of spores (assigned to 29 genera), 18 species of pollen (distributed among 10 genera) and 54 species of dinoflagellates (assigned to 28 genera). According to the presence of such miospores species with known worldwide stratigraphic distribution as *Klukisporites variegatus*, *K. scaberis*, *Concavissimiporites verrucosus*, *C. pricei*, *Osmundacidites senectus* and *Striatella* spp. the host strata are conceivably dated as Middle Jurassic. Based on the stratigraphic distribution of miospores, *Klukisporites variegatus*-*Araucariacites australis*-*Cerebropollenites macroverrucosus* Assemblage Zone is recognized. Presence of some index dinoflagellate species led to identification of four biozones in the Dalichai Formation. These include in ascending order, *Cribroperidinium crispum* Total Range Biozone (late Bajocian), *Dichadogonyaulax sellwoodii* Interval Biozone (Bathonian - early Callovian), *Ctenidodinium continuum* Interval Biozone (early - middle Callovian) and Subzone a (early - middle Bathonian). Co-occurrence of dinoflagellate cysts with known vertical ranges, viz., *Cribroperidinium crispum*, *Meiourogoniaulax valensii*, *Carpatodinium predae*, *Ctenidodinium combazii* and *Compositosphaeridium polonicum* suggests a Middle Jurassic age (late Bajocian to middle Callovian) for the host strata corroborates the available miospores-based biostratigraphy. The miospores are attributed to the Pterophyta (69%), Coniferophyta (15%), Pteridospermophyta (7%), Cycadophyta (5%), Lycophyta (2%), Ginkgophyta and Bryophytes (1%). Considering the relative abundance of fern spores (69%) and their morphological diversity (19 genera), it can be concluded that fern and fern-allies dominated the coastal vegetation around the sedimentary environments of the studied strata and that they flourished under a warm climate with notable humidity. The study of paleoclimate using the Sporomorph EcoGroups model shows a high ratio of warmer/cooler sporomorphs and a low ratio of drier/wetter sporomorphs, which is another confirmation of this type of climate. Presence of such warm water dinoflagellate cysts as *Gonyaulacysta centricornata*, *G. jurassica*, *Nannoceratopsis pellucida*, *Tubotuberella apatela*, *Ctenidodinium continuum*, *Pareodinia halosa*, *P. ceratophora*, paleogeographic reconstruction and geographical location of Iran in the Middle Jurassic supports the generalization proposed.

* Corresponding author: Firouzeh Hashemi Yazdi; E-mail: f.hashemi@rif-ac.ir

Citation:Sajjadi, F., Hashemi Yazdi, F., and Hashemi, H., 2023. Palynostratigraphy and palaeoecology of the Dalichai Formation at the Yonjehzar stratigraphic section, northeastern Tehran, central Alborz. Scientific Quarterly Journal, GEOSCIENCES, 33(2), 128, 259-282. <https://doi.org/10.22071/gsj.2023.350092.2013>

E-ISSN: 2645-4963; Copyright©2023 G.S. Journal & the authors. All rights reserved.

 doi: 10.22071/gsj.2023.350092.2013 dor: 20.1001.1.10237429.1402.33.2.16.5This is an open access article under the by-nc/4.0/ License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

1. Introduction

In the geological history of Iran, the Mesozoic Era is of great significance since many important geological events occurred during this time interval. The tectonic and paleogeographic evolution of Iran during the Mesozoic controlled by the geodynamic interaction of Eurasian continental margin and the Tethyan oceanic belt, in the southern Alborz the Middle Jurassic marine transgression (Dalichai Formation overlying the Shemshak strata) began in upper Bajocian. The former rock unit is represented by greenish-grey calcareous shales, marls, and fossiliferous (ammonites) limestones (Steiger, 1966) widely distributed in the northern Alborz Mountains. It disconformably overlies the dark, siliclastic coal-bearing Shemshak Formation and underlies gradually by the light-colored, rather uniform chert-bearing Lar limestones. This formation includes a diverse fauna as ammonites, belemnites, bivalves, brachiopods, echinoderms, sponges, bryozoans and foraminifera (Stöcklin, 1972; Sussli, 1976; Nabavi and Seyed-Emami, 1977; Alavi-Naini et al., 1982; Schairer et al., 1991; Seyed-Emami et al., 1989, 1995, 1996; Shafeizad et al., 2002; Shafeizad and Seyed-Emami, 2005; Alvani, 2006; Niknahad, 2007; Shahrabi, 1994; Vaziri et al., 2008, 2011; Shams, 2007; Makvandi, 2000). Due to presence of shale and marl layers, this formation has been the subject of many palynological studies (such as Wheeler and Sarjeant, 1990; Ghasemi-Nejad et al., 2012; Mafi et al., 2013; Dehbozorgi et al., 2013; Hashemi-Yazdi et al., 2015; Skupien et al., 2015; Dehbozorgi, 2013; Saadati Jafarabadi et al., 2013; Hashemi Yazdi, 2008, 2015; Orak, 2010; Sajjadi et al., 2009; Sabbaghiyan, 2009; Ghasemi-Nejad et al., 2008; Boroumand et al., 2011, 2013; Farisi Kermani, 2003; Ghasemi-Nejad and Khaki, 2002; Navidi Izad, 2013).

The purpose of this study was to a) recognize the palynostratigraphic zonations based on miospores and dinoflagellate cysts, b) determine the paleoclimatology and palaeoenvironmental interpretation based on inferred natural relationship of spore dispersal and inferred palaeoecological preferences of dinocyst types and c) quantitative analysis of the Sporomorph EcoGroups in the Dalichai Formation at the Yonjehzar stratigraphic section.

2. Research methodology

Totally 31 palynologically possible samples collected from the Dalichai Formation at the Yonjehzar stratigraphic section, central Alborz Ranges. All samples were prepared following standard palynological processing procedures (Phipps and Playford, 1984), including HCl (10-50%) and HF (40%) utilized for dissolution of carbonates and silicates, respectively. Then the residues were saturated with ZnCl₂ solution (specific gravity 1.9 g/ml) for

density separation. All the residues were sieved with a 20 µm mesh sieve before preparing the strewn slides. Three slides for each preparation were examined by transmitted light microscope. The strewn slides were studied and their palynological contents were identified and counted. The slides are stored in the collection of School of Geology, College of Sciences, Tehran University, Iran.

3. Discussion

In order to determine the age, paleoenvironment and paleoclimate of the Dalichai Formation at the Yonjehzar stratigraphic section, central Alborz the sediments of this formation were subjected to palynological studies. The productive samples contain spores, pollen grains, dinoflagellate cysts, foraminiferal test linings, acritarchs (sensu lato) and fungal spores. The identified palynomorphs were grouped in sporomorphs and dinoflagellate cysts. Miospores are the most abundant palynomorphs in most of the samples.

The palynological investigations led to recognition of 40 species of spores (assigned to 29 genera), 18 species of pollen (distributed among 10 genera) and 54 species of dinoflagellates (assigned to 28 genera). Based on the stratigraphic distribution of miospores, *Klukisporites variegatus*-*Araucariacites australis*-*Cerebropollenites macroverrucosus* Assemblage Zone is recognized

According to the presence of such miospores species with known worldwide stratigraphic distribution as *Klukisporites variegatus*, *K. scaberis*, *Concavissimisporites verrucosus*, *C. pricei*, *Osmundacidites senectus* and *Striatella* spp. the host strata are conceivably dated as Middle Jurassic. This age determination is supported by the occurrence in the material examined of such distinct Middle Jurassic (late Bajocian to middle Callovian) dinoflagellates as *Cribroperidinium crispum*, *Meiourgonia valensii*, *Carpatodinium predae*, *Ctenidodinium combazii* and *Compositosphaeridium polonicum*. Based on recorded dinocyst assemblages, especially marker species, three palynozones including *Cribroperidinium crispum* Total Range Zone (late Bajocian), *Dichadogonyaulax sellwoodii* Interval Zone (Bathonian – early Callovian) and *Ctenidodinium continuum* Interval Biozone (early to middle Callovian) and Subzone a (early - middle Bathonian) have been recognized.

Paleoclimate interpretation of the Dalichai Formation is presented based on inferred natural relationship of spore dispersal, inferred palaeoecological preferences of dinocyst types, identification of the sporomorph EcoGroups (SEGs) in the samples studied.

The Pterophyta communities prefer to live in environments having low light and relatively high levels of moisture and humidity. So,

they flourish in tropical to subtropical forests. Abundance of fern spores in the study material implies deposition of the Dalichai sediments under a moist, warm climate during the Middle Jurassic. This general paleoclimate reconstruction presented herein is also supported by changes in flora within an ecological group, and occurrence of such warm water dinoflagellate cysts as *Gonyaulacysta centriconnata*, *G. jurassica*, *Nannoceratopsis pellucida*, *Tubotuberella apatela*, *Ctenidodinium continuum*, *Pareodinia halosa*, and *P. ceratophora*

Sporomorph EcoGroups data and associated plant communities are considered as an available approach used to draw palaeoecological inferences for their host strata. Occurrence of highly abundant, diverse, and well preserved miospores in the Dalichai Formation allows certain palaeoecological implications to be obtained. The miospores are classified as Sporomorph EcoGroups (SEGs) each, with reference to their parent plants, indicating particular palaeoecological specifications. The wet/dry curve (ratio of wetter vs drier elements) reflects variations in humidity and precipitation while the warm/cool curve (ratio of warmer against cooler elements) indicates temperature fluctuations. Quantitative analysis of the sporomorph EcoGroups (SEGs) tends to suggest that the host strata accumulated under a moist, warm climate during the Middle Jurassic.

4. Conclusions

The Dalichai Formation at the Yonjehzar stratigraphic section,

north-east of Tehran, Central Alborz contains a taxonomically diverse and very well-preserved palynomorphs, containing 40 species of spores (assigned to 29 genera), 18 species of pollen (distributed among 10 genera) and 54 species of dinoflagellates (assigned to 28 genera) collectively indicating a Middle Jurassic (late Bajocian to middle Callovian) age. Based on miospores, one palynozone and based on dinocysts, three biozones and one subzone were identified. Affinities of the miospores appear to be with the Pterophyta, Coniferophyta, Pteridospermophyta, Cycadophyta, Lycophyta, Ginkgophyta and Bryophytes, among which ferns have the maximum abundance and bryophyta and ginkgophytes have the least abundance. Considering the relative abundance of ferns, warm to sub-warm weather conditions with high humidity prevailed during the formation of the studied deposits. Furthermore, the ratios of wetter/drier and warmer/cooler sporomorphs confirm the above climate. Based on the sporomorph ecogroups and plant communities related to them, the relative abundance of four climatic groups of plants was calculated. The high ratio of warmer/cooler sporomorphs and the low ratio of drier/wetter sporomorphs confirm the above climate. The presence of dinoflagellate cysts in warm to temperate waters and the geographical location of Iran in the Middle Jurassic is another confirmation of the warm to sub-warm and humid climate during the formation of the sediments of the Dalichai Formation.

پالینوستراتیگرافی و پالئوآکولوژی سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی یونجه‌زار، شمال خاور تهران، البرز مرکزی

فرشته سجادی^۱، فیروزه هاشمی‌یزدی^{۲*} و حسین هاشمی^۳^۱ دانشکده زمین‌شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران، تهران، ایران^۲ گروه دیرینه‌شناسی گیاهی، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران^۳ گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۱۶

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۴/۰۱

کلیدواژه‌ها:

پالینوستراتیگرافی

پالئوآکولوژی

بازوسین - کالوین

اکوگروه‌های اسپورومورفی

سازند دلیچای

البرز مرکزی

چکیده

پالینومورف‌های متنوعی شامل میوسپورها، سیست داینوفلاژله‌ها، پوسته داخلی فرامینیفرها، آکریتارک‌ها و اسپورهای قارچ با حفظ‌شدگی بسیار خوب در نهشته‌های سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی یونجه‌زار، شمال شرق تهران، البرز مرکزی، وجود دارد. در پالینوفلورای مورد مطالعه ۴۰ گونه اسپور (متعلق به ۲۹ جنس)، ۱۸ گونه پولن (منتسب به ۱۰ جنس) و ۵۴ گونه داینوفلاژله (متعلق به ۲۸ جنس) شناسایی شد. باتوجه به گسترش چینه‌شناسی شناخته شده میوسپورهای *Klukisporites variegatus*, *K. scaberis*, *Concavissimisporites verrucosus*, *C. pricei*, *Osmundacidites senectus* and *Striatella* spp برای این رسوبات تعیین شد. یک پالینوزون تجمعی برپایه میوسپورها *Klukisporites variegatus-Araucariacites australis-Cerebropollenites macroverrucosus* Assemblage Zone شناسایی شد. با مطالعه داینوسیست‌های شاخص، پالینوزون‌های *Cribroperidinium crispum* Total Range Biozone (بازوسین پسین)، *Ctenodinium continuum* Interval Biozone (باتونین - کالوین پیشین)، *Dichadogonyaulax sellwoodii* Interval Biozone (کالوین پیشین - میانی) و *Subzone a* (باتونین پیشین - میانی) شناسایی شدند. همچنین داینوفلاژله‌های شاخصی مانند *Cribroperidinium polonicum* نیز شناسایی شدند که در مجموع داینوسیست‌ها و میوسپورهای فوق سن ژوراسیک میانی (بازوسین پسین - کالوین میانی) را برای سازند دلیچای تایید می‌نمایند. گیاهان والد میوسپورهای موجود در رسوبات مورد مطالعه، به ترتیب فراوانی، به سرخس‌ها (۶۹٪)، مخروطیان (۱۵٪) و پتریدواسپرموفیت‌ها (۷٪)، سیکادوفیتا (۵٪)، لیکوفیتا (۲٪) و ژینکوفیت‌ها و بریوفیتا (۱٪) تعلق دارند. با توجه به فراوانی نسبی و تنوع میوسپورهای مربوط به سرخس‌ها (۶۹٪ با ۱۹ جنس)، می‌توان نتیجه گرفت که سرخس‌ها در ترکیب پوشش گیاهی اطراف محیط رسوبی نهشته‌های مورد مطالعه، فراوان‌تر از بقیه گیاهان بودند که حکایت از غلبه آب و هوای گرم تا نیمه‌گرم با رطوبت بالا در زمان تشکیل نهشته‌های مورد مطالعه می‌نماید. مطالعه اقلیم دیرینه با استفاده از مدل اکوگروه‌های اسپورومورفی نشان از نسبت بالای اسپورومورف‌های *warmer/cooler* و نسبت پایین اسپورومورف‌های *drier/wetter* دارد که تاییدی دیگر بر آب و هوا یادشده است. حضور داینوفلاژله‌های شاخص آب‌های گرم تا معتدل مانند *Gonyaulacysta centriconnata*, *G. jurassica*, *Nannoceratopsis pellucida*, *Tubotuberella apatela*, *Ctenodinium continuum*, *Pareodinia halosa*, *P. ceratophora* و موقعیت جغرافیایی ایران در نقشه‌های پالئوژئوگرافی در ژوراسیک میانی، نیز نشان‌دهنده چیرگی این نوع آب و هوا است.

۱- پیش‌نوشتار

در زمان تشکیل این رسوبات، مورد مطالعه قرار گرفته‌اند (Stöcklin, 1972; Schairer et al., 1991; Seyed-Emami et al., 1985, 1989, 1995, 1996, 2013, 2017, 2018).

سازند دلیچای حاوی میکرو و ماکروفسیل‌های جانوری متنوعی مانند آمونیت‌ها، بلمنیت‌ها، دوکنه‌ای‌ها، براکیوپودها، خارپوستان، اسفنج‌ها، بربوزوآها و فرامینیفرها می‌باشد. انواع این فسیل‌ها جهت تعیین سن و تشخیص نوع آب و هوای حاکم

* نویسنده مسئول: فیروزه هاشمی‌یزدی؛ E-mail: f.hashemi@riff-ac.ir

ماخذتکاری:

سجادی، ف.، هاشمی‌یزدی، ف. و هاشمی، ح.، ۱۴۰۲، پالینوستراتیگرافی و پالئوآکولوژی سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی یونجه‌زار، شمال خاور تهران، البرز مرکزی. فصلنامه علمی علوم زمین، ۳۳ (۲)، ۱۲۸، ۲۵۹-۲۸۲. <https://doi.org/10.22071/gsj.2023.350092.2013>

doi: 10.22071/gsj.2023.350092.2013

doi: 20.1001.1.10237429.1402.33.2.16.5

حقوق معنوی مقاله برای فصلنامه علوم زمین و نویسندگان مقاله محفوظ است.

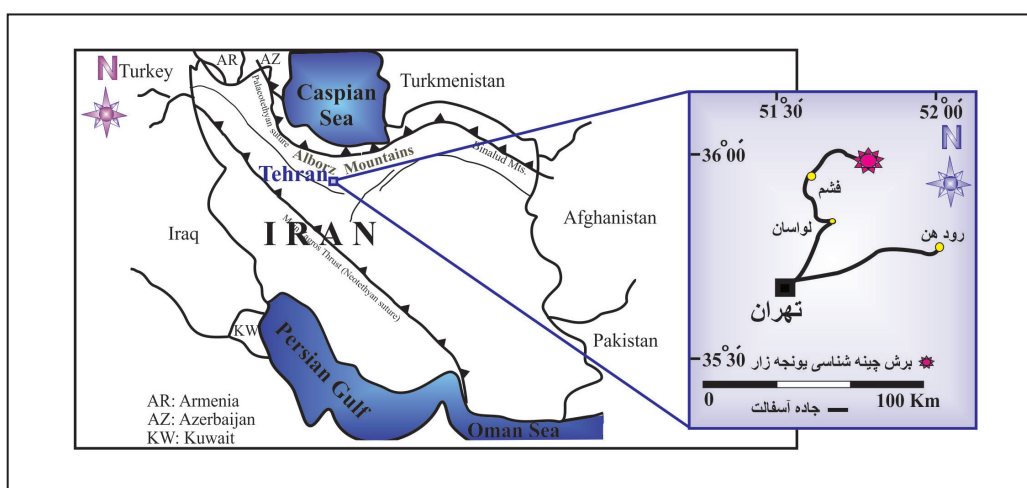
This is an open access article under the by-nc/4.0/ License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

محمدخانی و زارعی (۱۳۹۷)، بشیری (۱۳۹۸) و افشار (۱۳۹۹) اشاره کرد. در این پژوهش، افزون بر پالئوستراتیگرافی و تعیین سن سازند دلپچای در برش چینه‌شناسی یونجه‌زار بر مبنای میوسپورها و داینوسیست‌ها، تفسیر پالئوکلوژی برپایه گیاهان والد میوسپورها و براساس اکوگروه‌های اسپورومورفی و همچنین بر مبنای داینوسیست‌های شاخص دمایی صورت گرفته است.

۲- موقعیت جغرافیایی و راه‌های ارتباطی برش چینه‌شناسی مورد مطالعه

سازند دلپچای در برش چینه‌شناسی یونجه‌زار، شمال خاور تهران، در عرض جغرافیایی $35^{\circ}59'13''N$ و طول جغرافیایی $51^{\circ}42'06''E$ قرار دارد (شکل ۱). برای دسترسی به برش چینه‌شناسی یادشده، از روستای گرمابدر در ۱۳ کیلومتری شمال خاور فشم عبور کرده، به طرف کوه خاتون بارگاه (معدن متروکه زغالسنگ) حرکت می‌کنیم. سازند دلپچای در این برش چینه‌شناسی با ستبرای ۲۱۰ متر در انتهای جاده (حاشیه رودخانه لار) و در منطقه‌ای به نام یونجه‌زار رخنمون دارد (شکل ۱). سازند دلپچای در برش چینه‌شناسی یادشده شامل شیل، شیل آهکی، سیلستون و آهک است. در مرز زیرین برش چینه‌شناسی یونجه‌زار، سازند شمشک به صورت ناپیوسته و در مرز بالایی آن سازند لار به صورت تدریجی و در محل حذف لایه‌های شیلی و آغاز لایه‌های چرت دار، قرار گرفته است (شکل ۲).

سازند دلپچای براساس آمونیت‌ها و پالئومورف‌ها از بازوسین پسین تا آکسفوردین تعیین سن شده است (e.g. Stöcklin, 1972; Bolourchi, 1975; Sussli, 1976; Seyed-Emami et al., 1985, 1989, 1995, 1996; Wheeler and Sarjeant, 1990; Ghasemi-Nejad et al., 2012; Dehbozorgi et al., 2013; Mafi et al., 2013; Hashemi Yazdi et al., 2015) پالئومورف‌ها افزون بر تعیین سن رسوبات، شاخص‌های خوبی برای تشخیص نوع محیط رسوبگذاری، آب و هوای دیرینه و منشأ رسوبات می‌باشند (Traverse, 2007). از تنوع و فراوانی پالئومورف‌های خشکی می‌توان در بازسازی ترکیب پوشش گیاهی موجود در اطراف محیط رسوبی استفاده کرد همچنین با استفاده از سیست داینوفلاژله‌ها نیز می‌توان آب و هوای دیرینه را بازسازی کرد. مطالعات متعددی برپایه میوسپورها و سیست‌داینوفلاژله‌ها بر روی سازند دلپچای، جهت تعیین آب و هوای دیرینه صورت گرفته است از جمله این مطالعات 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)، نویدی‌ایزد (۱۳۹۲)، هاشمی‌یزدی (۱۳۸۷، ۱۳۹۴)، ده‌بزرگی و همکاران (Dehbozorgi et al., 2013)، ده‌بزرگی (۱۳۹۲)، ده‌بزرگی و سنماری (۱۳۹۹)، هاشمی‌یزدی و همکاران (Hashmi Yazdi et al., 2015)، درمنکی‌فراهانی (۱۳۹۵)، ارکانی (۱۳۹۷)، سجادی و درمنکی‌فراهانی (۱۳۹۶)، سجادی و همکاران (۱۳۹۷)، هاشمی‌یزدی و همکاران (۱۳۹۳ و ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷)،



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی و راه‌های ارتباطی برش چینه‌شناسی یونجه‌زار.

Figure 1. Geographical location and routes of access to the Yonjehzar stratigraphic section.



شکل ۲- الف) آهک‌های چرت‌دار در مرز سازند دلپچای و سازند لار؛ ب) نمایی از نهشته‌های سازند دلپچای و مرز بالایی آن با سازند لار؛ ج) مرز زیرین سازند دلپچای با سازند شمشک در برش چینه‌شناسی یونجه‌زار.

Figure 2. a) cherty limestones at the upper boundary of Dalichai Formation and Lar Formation; b) a view of the deposits of Dalichai Formation and its upper boundary with Lar Formation; c) The lower boundary of Dalichai Formation with Shemshak Formation at the Yonjehzar stratigraphic section.

۳- روش پژوهش

دوربین دیجیتالی نوع Canon مدل Power Shot A1100 صورت پذیرفت. پس از مطالعه و شناسایی پالینومورف‌های موجود در اسلایدهای پالینولوژی، اطلاعات به دست آمده در مورد تنوع، فراوانی و پراکندگی چینه‌شناسی انواع پالینومورف‌های موجود در سازند دلیچای مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و الگوی پالینوستراتیگرافی و پالئوآکولوژی در زمان تشکیل این سازند تهیه شد.

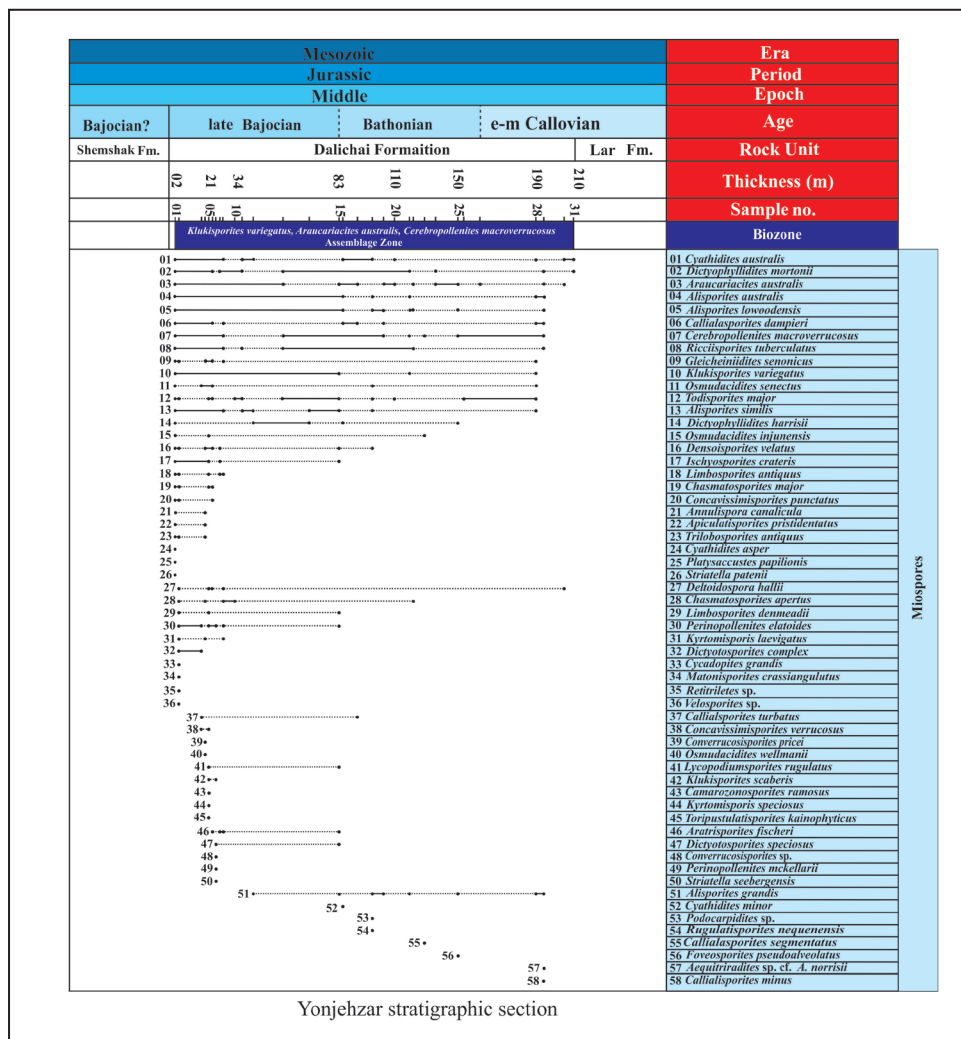
۴- پالینوستراتیگرافی و تعیین سن رسوبات مورد مطالعه براساس پالینومورف‌ها

۴-۱- پالینوستراتیگرافی و تعیین سن رسوبات مورد مطالعه براساس میوسپورها

در دو دهه اخیر پالینوزون‌های مختلفی براساس میوسپورها برای رسوبات ژوراسیک میانی البرز پیشنهاد شده است از جمله، نویدی‌ایزد (۱۳۹۲)، ده‌بزرگی (۱۳۹۲)، هاشمی‌یزدی (۱۳۹۴ و ۱۳۸۷)، درمنکی‌فراهانی (۱۳۹۵)، سجادی و درمنکی‌فراهانی (۱۳۹۶)، ارکانی (۱۳۹۷)، هاشمی‌یزدی و همکاران (۱۳۹۷)، بشیری (۱۳۹۸)، افشار (۱۳۹۹) و در نهشته‌های مورد مطالعه میوسپورهای متنوع با حفظ‌شدگی بسیار خوب وجود دارند (تابلوه‌های ۱ و ۲). از میان آنها ۴۰ گونه اسپور (متعلق به ۲۹ جنس) و ۱۸ گونه پولن (متعلق به ۱۰ جنس) شناسایی شدند و پالینوستراتیگرافی بر اساس آنها انجام پذیرفت (شکل ۳).

جهت انجام مطالعات پالینولوژی، ۳۱ نمونه از افق‌های مناسب (شیل‌های سیاه و خاکستری) از سازند دلیچای برداشت شد. مراحل مختلف جداسازی پالینومورف‌ها از رسوبات دربرگیرنده با استفاده از روش‌های معمول در پالینولوژی پذیرفت. در این روش حدود ۱۰۰ گرم از هر نمونه شسته، خشک و پودر می‌شود. به منظور انحلال ترکیبات کربناته، اکسیدهای آهن و ترکیبات سیلیکاته به نمونه‌ها اسید کلریدریک و اسیدفلوئوریدریک افزوده و سپس خنثی‌سازی اسیدها انجام می‌شود. نمونه‌ها پس از عبور از الک ۲۰ میکرون، با محلول کلرور روی (ZnCl₂) با وزن مخصوص ۱/۹ تا ۲ مخلوط و به مدت ۱۵ دقیقه در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۲۰۰۰ دور در دقیقه قرار می‌گیرند. لایه میانی که حاوی پالینومورف است را به کمک قطره چکان به یک لوله آزمایش منتقل کرده و جهت خنثی‌سازی کلرور روی (ZnCl₂)، چندین بار عمل آشوبی انجام می‌گردد.

در ادامه نمونه را بر روی الک ۲۰ میکرون ریخته و ذرات کوچک‌تر از ۲۰ میکرون به کمک آفشان از الک عبور داده می‌شوند. پالینومورف‌ها مواد آلی تجمع یافته روی الک می‌باشند که از آنها اسلاید پالینولوژی تهیه می‌شود. پس از آماده‌سازی، اسلایدها با میکروسکوپ نوری Leitz (مدل SM-LUX-POL) و بزرگ‌نمایی‌های ۴۰ و ۱۰۰ مطالعه شدند. عکس‌برداری از پالینومورف‌ها با استفاده از عدسی شیئی ۱۰۰ و به کار بردن روغن ایمرسیون (Immersion Oil) توسط



شکل ۳- پراکندگی چینه‌شناسی میوسپورهای سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی یونجه‌زار.

Figure 3. Stratigraphic distribution of miospore species of the Dalichai Formation, Yonjehzar stratigraphic section.

Plate 1

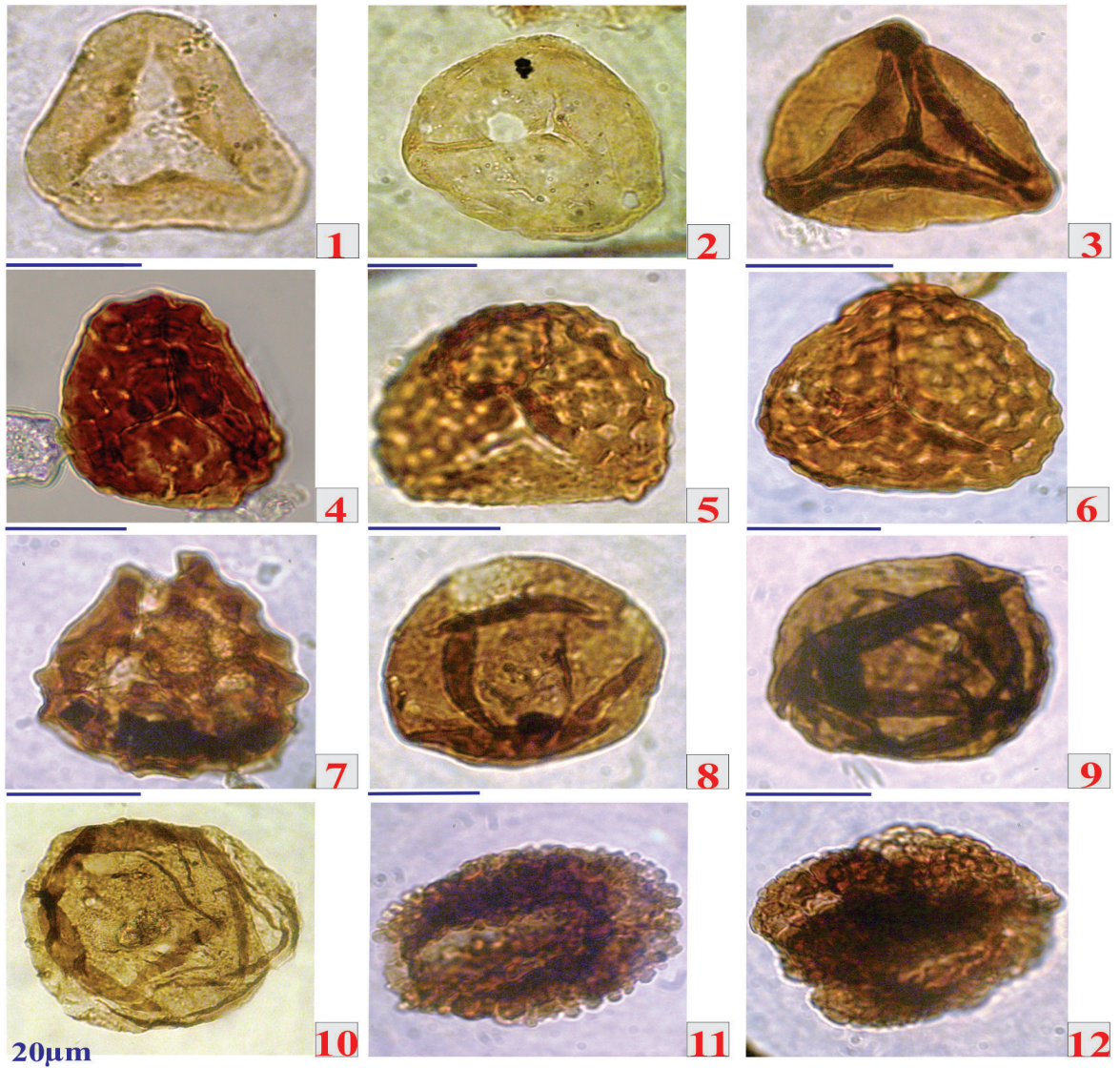


Plate 1

Fig 1. *Cyathidites australis* Couper 1953; proximal focus; Fig 2. *Deltoidospora hallii* Miner, 1935; proximal focus; Fig 3. *Dictyophyllidites mortonii* (de Jersey) Playford and Dettmann 1965; proximal focus; Figs 4-6. *Klukisporites variegatus* Couper 1958; proximal foci; Fig 7. *Klukisporites scaberis* (Cookson and Dettmann) Dettmann 1963; median focus; Figs 8-10. *Araucariacites australis* Cookson ex Couper 1953; median foci; Figs 11- 12. *Ricciisporites tuberculatus* Lundblad 1954; median foci.

Plate 2

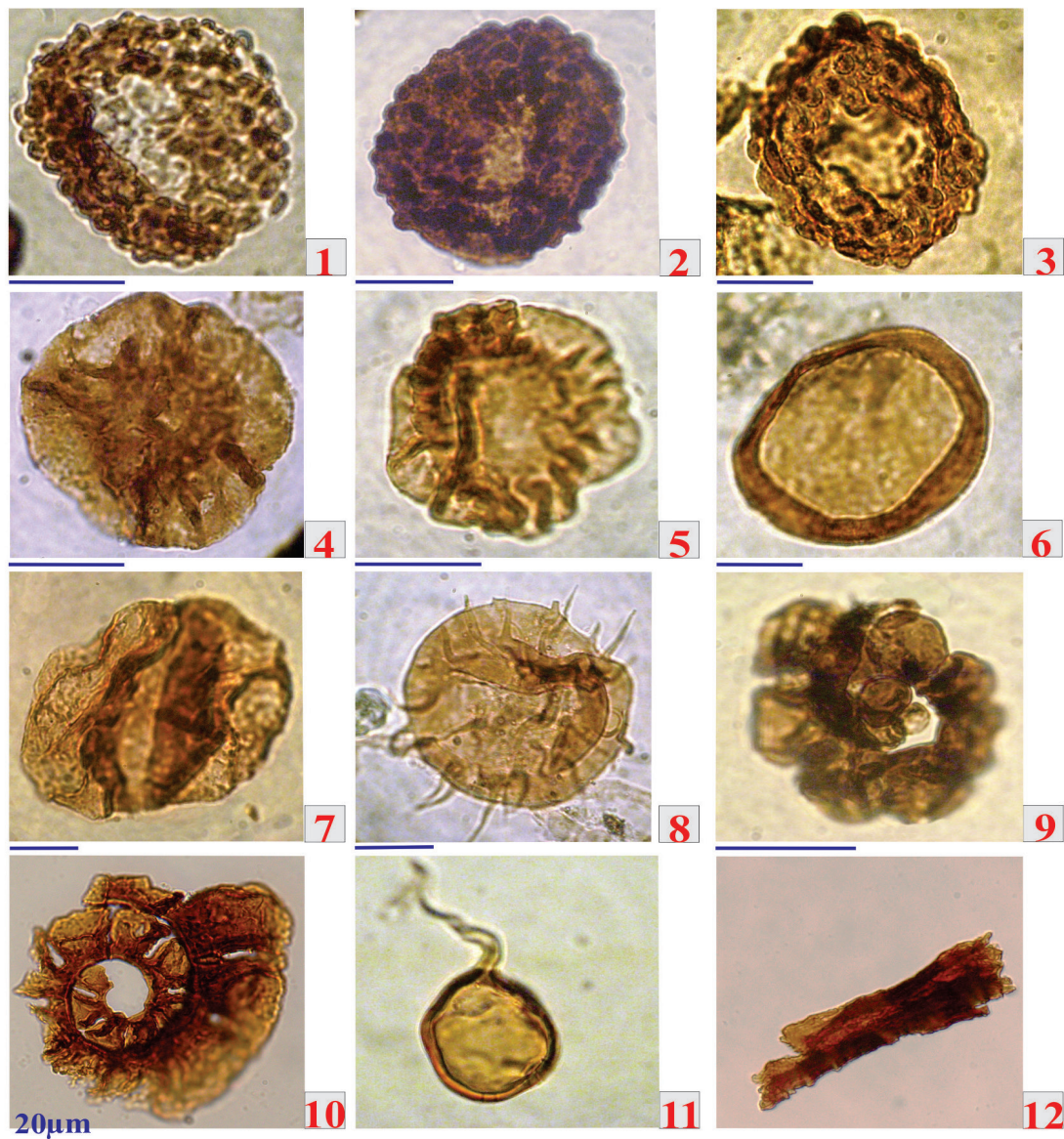


Plate 2

Figs 1-3. *Cerebropollenites macroverrucosus* (Thiergart) Schulz 1967; distal foci; Figs 4- 5. *Callialasporites dampieri* (Balme) Sukh Dev 1961; polar views; Fig 6. *Chasmatosporites apertus* (Rogalska) Nilsson 1958; distal focus; Fig 7. *Alisporites australis* de Jersey 1962; distal focus; Fig 8. *Micrhystridium* sp.; Figs 9-10. Foraminiferal test linings; Fig 11. Fungal spore; Fig 12. Plant tissue.

میوسپورهای شناسایی شده در این برش چینه‌شناسی عبارتند از:

Cyathidites australis, *C. asper*, *C. minor*, *Deltoidospora hallii*, *Dictyophyllidites mortonii*, *D. harrisii*, *Todisporites major*, *Osmundacidites wellmanii*, *O. senectus*, *O. injunensis*, *Concavissimisorites verrucosus*, *C. punctatus*, *Converrucosisorites pricei*, *Converrucosisorites* sp., *Dictyotosporites complex*, *D. speciosus*, *Klukisorites variegatus*, *K. scaberis*, *Lycopodiumsporites rugulatu*, *Retitriteles* sp., *Ischyosporites crateris*, *Foveosporites pseudoalveolatus*, *Gleicheniidites senonicus*, *Annulispora canaliculi*, *Striatella patenii*, *S. seebergensis*, *Kyrtomisporis laevigatus*, *K. speciosus*, *Velosporites* sp., *Limbosporites denmeadii*, *L. antiquus*, *Densoisorites velatus*, *Matonisorites crassiangulatus*, *Apiculatisporites pristidentatus*, *Rugulatisporites neuquenensis*, *Toripustulatisporites kainophyticus*, *Trilobosporites antiquus*, *Camarozonosporites ramosus*, *Aratrisporites fischeri*, *Aequitriradites* sp. cf. *A. norrisii*, *Callialasporites segmentatus*, *C. turbatus*, *C. dampieri*, *C. minus*, *Alisporites lowoodensis*, *A. australis*, *A. grandis*, *A. similis*, *Platysaccus papilionis*, *Podocarpidites* sp., *Perinopollenites mckellarii*, *P. elatoides*, *Araucariacites australis*, *Cerebropollenites macroverrucosus*, *Chasmatosporites apertus*, *C. major*, *Cycadopites grandis*, *Ricciisporites tuberculatus*.

حضور فراوان و مستمر *Klukisorites variegatus* به همراه *Osmundacidites senectus* (تریاس پیشین - ژوراسیک میانی)، *Concavissimisorites verrucosus* (ژوراسیک میانی - کرتاسه پیشین)، *Striatella seebergensis* (تریاس پسین - ژوراسیک میانی)، *Klukisorites scaberis* (اواخر باژوسین - باتونین)، *Converrucosisorites pricei* (ژوراسیک میانی تا پسین) و *Callialasporites dampieri* (ژوراسیک) در مجموع مؤید سن ژوراسیک میانی می‌باشند (سجادی‌هزاوه و همکاران، ۱۴۰۰).

پالینوزون تجمعی *Klukisorites variegatus-Araucariacites australis*- *Cerebropollenites macroverrucosus* Assemblage Zone که قبلاً در سازند دلیچای در البرز مرکزی و خاوری معرفی شده است (هاشمی‌زیدی و همکاران، ۱۳۹۷) در این برش چینه‌شناسی نیز شناسایی شد (شکل ۳).

۴-۲- پالیئوستراتیگرافی و تعیین سن رسوبات مورد مطالعه بر اساس داینوسیت‌ها

گسترش جغرافیایی وسیع بسیاری از داینوفلاژله‌های ژوراسیک در نیمکره شمالی، سبب استفاده آنها به عنوان ابزار مناسب جهت بیواستراتیگرافی شده است (Riding and Thomas, 1992; Poulsen and Riding, 2003). بر همین اساس پالینوزون‌های مختلفی براساس داینوسیت‌ها برای رسوبات ژوراسیک میانی در البرز پیشنهاد شده است که از جمله می‌توان به ویلر و سارجنت (Wheeler and Sarjeant, 1990)، مافی و همکاران (Mafi et al., 2013)، قاسمی‌نژاد و همکاران (Ghasemi-Nejad et al., 2012)، صباغیان (۱۳۸۸)، نویدی‌ایزد (۱۳۹۲)، ده‌بزرگی (۱۳۹۲)، هاشمی‌زیدی (۱۳۹۴ و ۱۳۸۷)، درمنکی‌فراهانی (۱۳۹۵)، سجادی‌هزاوه و همکاران (۱۳۹۷)، ارکانی (۱۳۹۷)، هاشمی‌زیدی و همکاران (۱۳۹۷)، بشیری (۱۳۹۸) و افشار (۱۳۹۹) اشاره کرد. در نهشته‌های مورد مطالعه ۵۴ گونه سیست داینوفلاژله (متعلق به ۲۸ جنس) شناسایی شد (شکل ۴ و تابلو ۳). بر پایه حضور،

ظهور و انقراض داینوسیت‌ها سه پالینوزون و یک ساب‌زون در سازند دلیچای شناسایی شد.

1. *Cribroperidinium crispum* Total Range Biozone

بایوزون یادشده بر اساس اولین و آخرین حضور داینوسیت *Acanthaulax crispa* (*Cribroperidinium crispum*) تعریف شده است. این بایوزون برای رسوبات باژوسین پیشین تا پسین (Riding and Thomas, 1992) و باژوسین پسین (Woollam and Riding, 1983) در انگلستان معرفی شده است. بایوزون یادشده در برش چینه‌شناسی مورد مطالعه با ظهور *Cribroperidinium crispum* از قاعده برش آغاز و تا آخرین حضور این گونه، در نمونه شماره ۱۵ (۸۳ متری از قاعده برش) خاتمه می‌یابد.

2. *Dichadogonyaulax sellwoodii* Interval Biozone

این بایوزون در فاصله بین آخرین حضور *Cribroperidinium crispum* و آخرین حضور *Ctenidodinium combazii* تعریف شده است و مشخص‌کننده محدوده زمانی باتونین تا کالوین پیشین است (Riding and Thomas, 1992; Poulsen and Riding, 2003).

بایوزون یادشده در برش چینه‌شناسی مورد مطالعه با ستبرای ۱۰۷ متر در فاصله بین آخرین حضور *Cribroperidinium crispum* در نمونه ۱۵ (۸۳ متری از قاعده برش) و آخرین حضور *Ctenidodinium combazii* در نمونه ۲۹ (۱۹۰ متری از قاعده برش) قرار دارد.

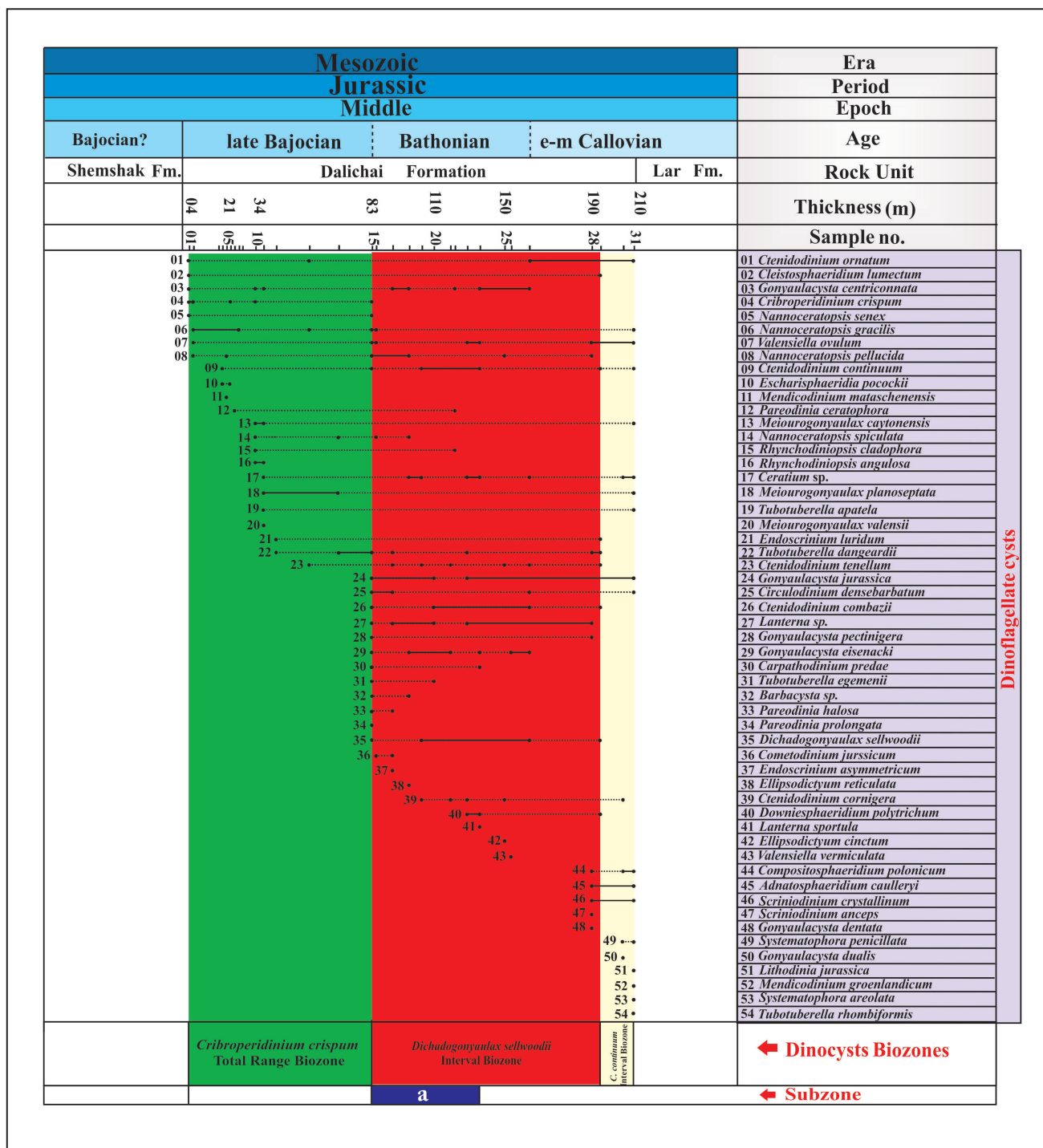
- ساب‌زون a (Subzone a) در بایوزون *Dichadogonyaulax sellwoodii* Interval Biozone یک ساب‌زون معرفی شده است. این ساب‌زون به سن باتونین پیشین - میانی در حد فاصل آخرین حضور *Cribroperidinium crispum* و آخرین حضور *Carpathodinium predae* معرفی گردیده است (Riding and Thomas, 1992). ساب‌زون یادشده از نمونه ۱۵ (۸۳ متری از قاعده برش) تا نمونه ۲۴ (۱۳۹ متری از قاعده برش) را در برمی‌گیرد.

3. *Ctenidodinium continuum* Interval Biozone

این بایوزون در حد فاصل آخرین حضور *Ctenidodinium combazii* و اولین حضور *Scriniodinium crystallinum* معرفی شده و مشخص‌کننده زمان کالوین پیشین تا میانی است (Riding and Thomas, 1992). بایوزون یادشده از نمونه شماره ۲۹ (۱۹۰ متری از قاعده برش) تا نمونه شماره ۳۱ (۲۰۸ متری از قاعده برش) را در برمی‌گیرد.

با توجه به محدوده زمانی *Ctenidodinium combazii* و ظهور گونه‌های داینوسیت شاخص کالوین مانند *Compositosphaeridium polonicum* مرز باتونین و کالوین در نمونه شماره ۲۷ (۱۶۰ متری از قاعده برش) قرار دارد.

در مجموع حضور داینوفلاژله‌های شاخصی مانند *Cribroperidinium Carpatodinium* (*crispum*, *Meiouronyaulax valensii* (باژوسین پسین)، *predae* (باتونین پیشین - میانی)، *Ctenidodinium combazii* (باتونین - کالوین پیشین، که گاهی در مرز باتونین - کالوین دارای حداکثر فراوانی می‌باشد) و *Compositosphaeridium polonicum* (کالوین)، سن ژوراسیک میانی (باژوسین پسین - کالوین میانی) را برای سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی یونجه‌زار تأیید می‌کنند.



شکل ۴- پراکنده‌گی چینه‌شناسی سیستم داینوفلاژله‌های سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی یونجه‌زار.

Figure 4. Stratigraphic distribution of dinoflagellate cyst species of the Dalichai Formation, Yonjehzar stratigraphic section.

Plate 3

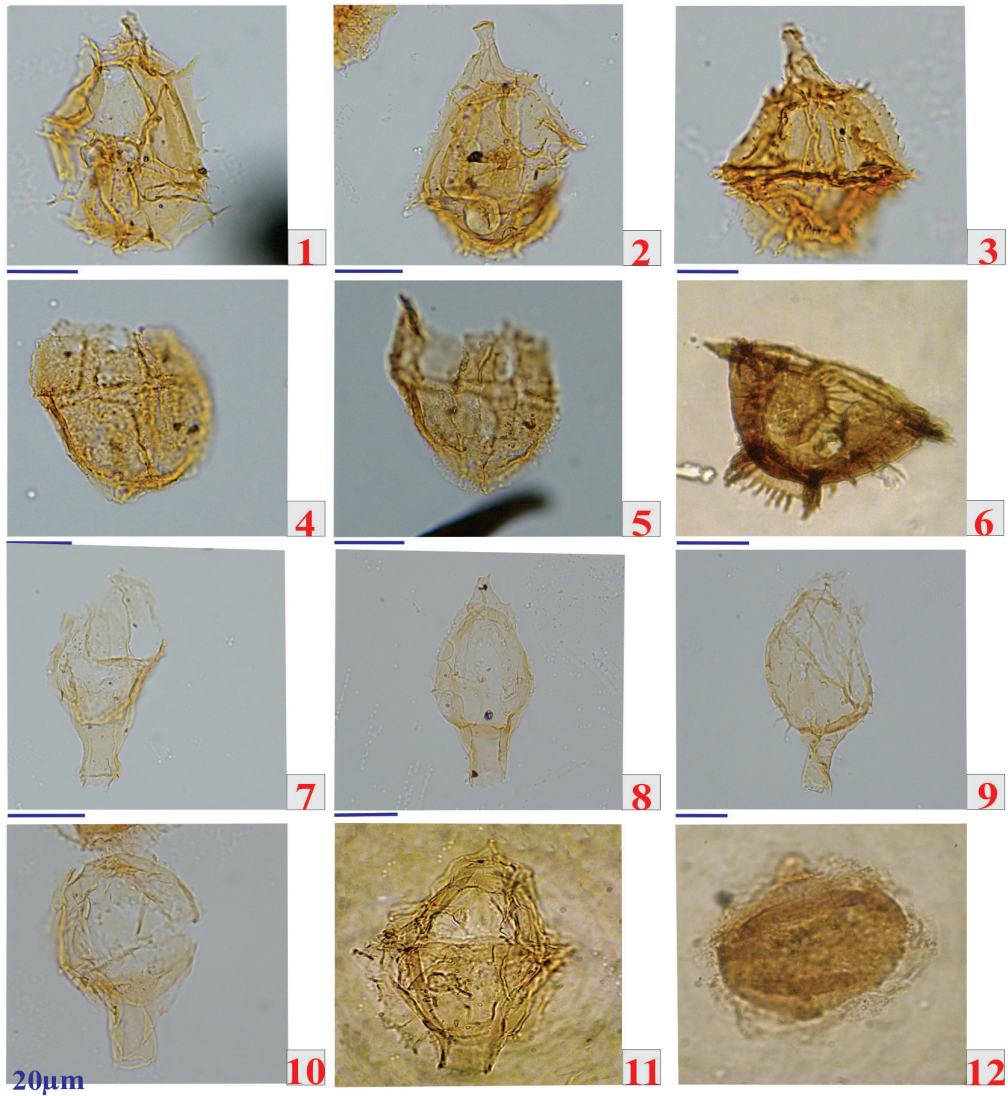


Plate 3

Figs 1-3. *Gonyaulacysta jurassica* (Deflandre) Norris and Sarjeant 1965; Figs 4- 5. *Meiourogonyaulax caytonensis* (Sarjeant) Sarjeant 1969; Fig 6. *Ctenidodinium combazii* Dupin 1968; Figs 7- 8. *Tubotuberella apatela* (Cookson and Eisenack) Ioannides et al. 1977; Fig 9. *Tubotuberella rhombiformis* Vozzhennikova 1967; Fig 10. *Tubotuberella egemenii* (Gitmez) Stover and Evitt 1978; Fig 11. *Tubotuberella dangeardii* (Sarjeant) Stover and Evitt 1978 emend. Sarjeant 1982; Fig 12. *Pareodinia halosa* (Filatoff) Prauss 1989.

۵- اقلیم دیرینه

از زمان ظهور گیاهان بر روی زمین تاکنون تنوع و پراکندگی جغرافیایی آنها تحت کنترل فاکتورهای مختلف از جمله عرض جغرافیایی، شرایط آب و هوایی، ارتفاع، و میزان بارش بوده است (Dodd and Stanton, 1990). بنابراین، می‌توان با مطالعه تنوع و پراکندگی گیاهان و یا عامل تولید مثل آنها (اسپورها و پولن‌ها) به بازسازی پالئوآکولوژی رسوبات دربرگیرنده آنها پرداخت.

۵-۱- بازسازی اقلیم دیرینه با استفاده از گیاهان والد میوسپورها

برای تعیین گیاهان والد میوسپورهای موجود در رسوبات مورد مطالعه (شکل ۵) از منابع متعددی استفاده شد (Couper, 1960; Dettmann, 1963; Mädler, 1964; Pocock, 1970; Filatoff, 1975; Vakhrameev, 1991; Dettmann and Clifford, 1992; Balme, 1995; Abbink, 1998; McKellar, 1998; Sajjadi and Playford, 2002).

شرایط غالب بلند مدت جوی در یک منطقه را اقلیم یا آب و هوای آن منطقه می‌نامند که این شرایط معمولاً به وسیله اندازه‌گیری عناصر اقلیمی و حالات آن بیان می‌شود. عناصر اقلیمی پدیده‌های توصیف‌کننده آب و هوا (تابش، دما، بارش، رطوبت، فشار و باد) هستند که خود توسط عوامل اقلیمی (شامل دوری و نزدیکی به دریا، ارتفاع، طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی، پوشش سطح زمین و...) تشدید، تقلیل یا تعدیل می‌شوند. از آنجایی که اقلیم یک منطقه، سطح رطوبت و حرارت آن منطقه را کنترل می‌کند و گرما و رطوبت نیز به طور پیوسته میان سطوح خشکی، آبی و جو مبادله می‌گردند می‌توان نتیجه گرفت که مراحل مبادله گرما و رطوبت میان زمین و جو در طی مدت زمانی طولانی باعث بروز وضعی می‌گردد که اقلیم نامیده می‌شود (کاویانی و علیخانی، ۱۳۸۰).

Spores	Botanical affinity
<i>Aequitriradites</i>	Bryophyta
<i>Annulispora</i>	Bryophyta (Sphagnaceae)
<i>Apiculatisporites</i>	Pterophyta (Dipteridaceae)
<i>Aratrisporites</i>	Lycophyta
<i>Camazonosporites</i>	Lycophyta (Lycopodiaceae, Selginellaceae)
<i>Concavissimisporites</i>	Pterophyta (Cyatheaceae, Schizaeaceae, Dicksoniaceae)
<i>Converrucosisporites</i>	Pterophyta (Dicksoniaceae)
<i>Cyathidites</i>	Pterophyta (Cyatheaceae, Dipteridaceae, Dicksoniaceae)
<i>Deltoidospora</i>	Pterophyta (Cyatheaceae, Dipteridaceae, Dicksoniaceae)
<i>Densoisporites</i>	Lycophyta
<i>Dictyophyllidites</i>	Pterophyta (Dipteridaceae, Dicksoniaceae, Cyatheaceae, Matoniaceae)
<i>Dictyosporites</i>	Pterophyta (cf. Pteridaceae)
<i>Foveosporites</i>	Lycophyta (<i>Lycopodium</i>)
<i>Gleicheniidites</i>	Pterophyta (Gleicheniaceae)
<i>Ischyosporites</i>	Pterophyta (Schizaeaceae)
<i>Klukisporites</i>	Pterophyta (Schizaeaceae)
<i>Kyrtomisporis</i>	Pterophyta (Gleicheniaceae)
<i>Limbosporites</i>	Lycophyta
<i>Lycopodiacidites</i>	Lycophyta (Lycopodiaceae)
<i>Matonisporites</i>	Pterophyta (Matoniaceae, Dipteridaceae)
<i>Osmundacidites</i>	Pterophyta (Osmundaceae, Marattiaceae)
<i>Retitriletes</i>	Lycophyta (<i>Lycopodium</i>)
<i>Rugulatisporites</i>	Pterophyta (Osmundaceae)
<i>Striatella</i>	Pterophyta (Pteridaceae)
<i>Todisporites</i>	Pterophyta (Osmundaceae)
<i>Toripustulatisporites</i>	Pterophyta
<i>Trilobosporites</i>	Pterophyta (Schizaeaceae), incertae sedis
<i>Velosporites</i>	Pterophyta (cf. Pteridaceae)
Pollen grains	Botanical affinity
<i>Alisporites</i>	Pteridospermophyta (Corystospermaceae)
<i>Araucariacites</i>	Coniferophyta (Araucariaceae)
<i>Callialasporites</i>	Coniferophyta (Araucariaceae)
<i>Cerebropollenites</i>	Coniferophyta (Taxodiaceae? or Pinaceae?)
<i>Chasmatosporites</i>	Ginkgophyta/Cycadophyta
<i>Classopollis</i>	Coniferophyta (Cheirolepidiaceae)
<i>Cycadopites</i>	Pteridospermophyta (Peltaspermaceae)/Ginkgophyta/Cycadophyta
<i>Perinopollenites</i>	Coniferophyta (Taxodiaceae)
<i>Platysaccus</i>	Pteridospermophyta (Corystospermaceae)
<i>Ricciisporites</i>	Cycadophyta (Bennettitales)

شکل ۵- قرابت میوسپورهای موجود در سازند دلیچای، در برش چینه‌شناسی یونجه‌زار.

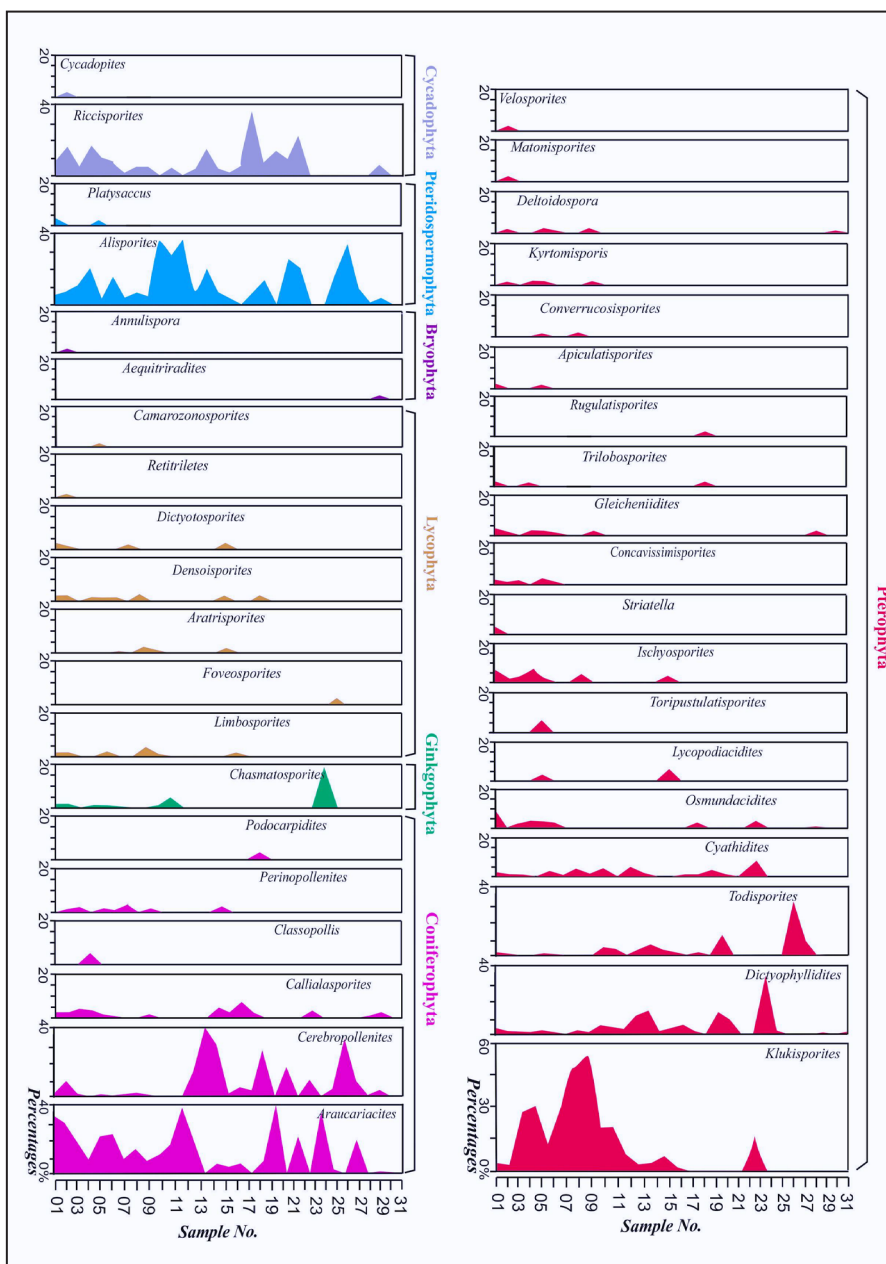
Figure 5. Affinities of miospores found in the Dalichai Formation, Yonjehzar stratigraphic section.

مناطق اطراف محیط تشکیل نهشته‌های مورد مطالعه و یا در جزایر موجود در محیط تشکیل سازند دلیچای (دریای دلیچای) می‌باشد. با توجه به فراوانی سرخس‌ها (۶۹٪) و تنوع آنها (۱۹ جنس) می‌توان نتیجه گرفت این گروه از گیاهان در ترکیب پوشش گیاهی اطراف محیط رسوبی

گیاهان والد میوسپورهای موجود در نهشته‌های مورد مطالعه، به ترتیب فراوانی، به سرخس‌ها (۶۹٪)، بازدانگان (شامل مخروطیان (۱۵٪) و ژینکوفیت‌ها (۱٪)، پتریدواسپرموفیت‌ها (۷٪)، سیکادوفیتا (۵٪)، لیکوفیتا (۲٪) و بریوفیتا (۱٪) متنسب هستند (شکل‌های ۷ و ۶) که نشان‌دهنده وجود این گیاهان در ترکیب پوشش گیاهی

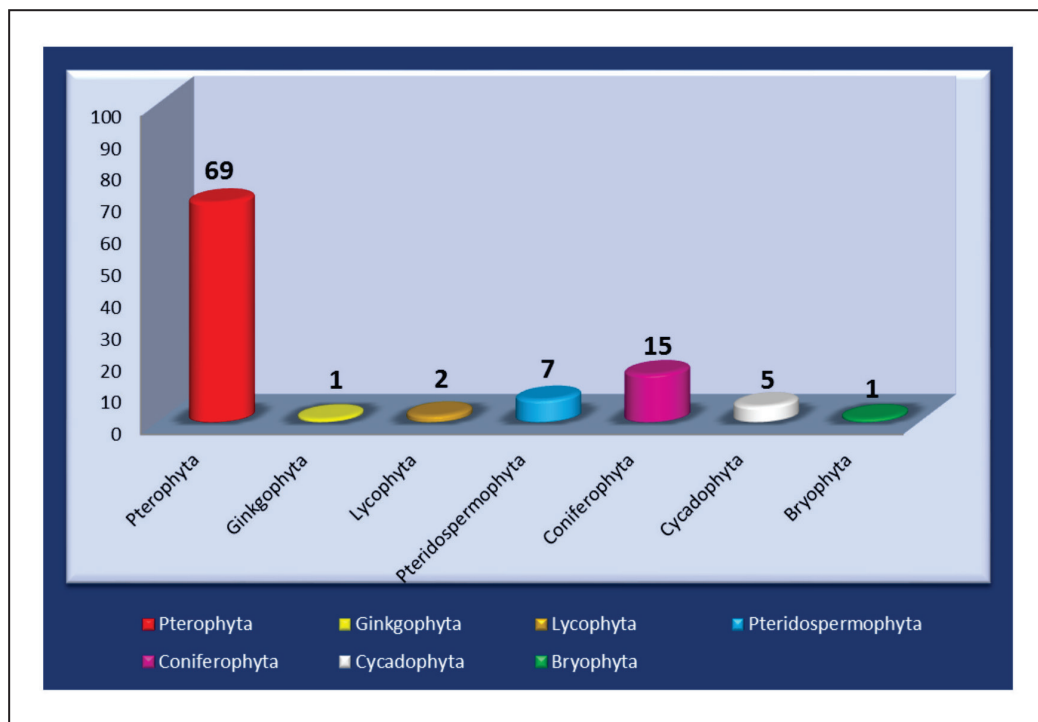
در مناطق باز یا بوته زارهای تقریباً مرطوب و مناطقی مانند باتلاق‌ها، جلگه‌های مرطوب، حاشیه دریاچه‌ها، جنگل‌های کوهستانی مرطوب، محیط‌های ساحلی با رطوبت بالا و نواحی معتدل جنگل‌های بارانی دیده می‌شوند. این گیاهان ممکن است در مناطق کم‌نور، در حاشیه رودخانه‌ها و روی پشته‌های مرطوب (levees) نیز وجود داشته باشند (Fakhr, 1975; Vakhrameev, 1991; Tidwell and Nishida, 1993; Cantrill, 1995; Collinson, 1996; Deng, 2002). در مجموع با توجه به این که امروزه فرم‌های مختلف این خانواده‌ها، عموماً آب و هوای گرم و مرطوب و مناطق استوایی تا نیمه‌استوایی را ترجیح می‌دهند (Vakhrameev, 1991) و بیشتر در مجاورت جریان‌های آبی گسترش دارند، به نظر می‌رسد که در گذشته نیز در چنین شرایطی زندگی می‌کردند.

نهشته‌های مورد مطالعه بیشترین فراوانی را داشتند. سرخس‌ها از فراوان‌ترین شاخه‌های ناهنژادان آوندی شامل گروه‌های مختلفی مانند شیزاسه‌آ (Schizaeaceae)، اسمونداسه‌آ (Osmundaceae)، دیپتیریداسه‌آ (Dipteridaceae)، ماراسیاسه‌آ (Marattiaceae)، دیکسونیاسه‌آ (Dicksoniaceae)، سیاتسه‌آ (Cyathaceae)، گلیکنیاسه‌آ (Gleicheniaceae) و ماتونیاسه‌آ (Matoniaceae) است. نمونه‌های امروزی برخی از این خانواده‌ها مانند سیاتسه‌آ از نظر ریخت‌شناسی و آناتومی در مقایسه با نمونه‌های فسیل آنها تغییر قابل ملاحظه‌ای نشان نمی‌دهند (Villar de Seoane, 1999). بنابراین می‌توان شرایط فعلی محیط زندگی نمونه‌های امروزی آنها را به انواع فسیل نیز تعمیم داد (Van Konijnenburg-Van Cittert, 2002). سرخس‌های امروزی



شکل ۶- نمودار درصد فراوانی انواع میوسپورهای موجود در سازند دلیچای و گیاهان والد احتمالی آنها در برش چینه‌شناسی یونجه‌زار.

Figure 6. Abundance percentage of miospores and their promising parent plants in the Dalichai Formation, Yonjehzar stratigraphic section.



شکل ۷- نمودار مقایسه درصد فراوانی رده‌های مختلف گیاهان والد میوسپورهای سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی یونجه‌زار.

Figure 7. Diagram of abundance percentage of different groups of parent plants of miospores in the Dalichai Formation, Yonjehzar stratigraphic section.

۵-۲- بازسازی اقلیم دیرینه بر پایه داینوسیست‌های شاخص دمایی

پراکندگی کمی اسپورومورف‌ها، براساس تغییر در محیط رسوبی دیرینه (مانند سطح آب دریا و هوا) صورت پذیرفت. مدل یادشده که مبتنی بر شناخت اکوگروه‌های اسپورومورفی (SEGs) بود، منعکس‌کننده ترکیب گیاهان خشکی آن زمان است زیرا اسپورومورف‌ها، نشان‌دهنده گونه‌های گیاهی والد منقرض شده خود هستند. از آنجایی که نوع گیاهان توسط دو عامل جغرافیا و آب و هوا کنترل می‌شوند، تغییر در (۱) فراوانی نسبی اکوگروه‌های اسپورومورفی (۲) تغییر در ترکیب کمی هر یک از اکوگروه‌های اسپورومورفی، می‌تواند بیان‌کننده تغییر در شرایط جغرافیایی و یا آب و هوای آن منطقه باشد. بنابراین، از مدل نام‌برده می‌توان برای تشخیص تغییرات سطح آب دریا و تغییرات آب و هوا استفاده کرد. تغییرات آب و هوایی یا اقلیمی بر تغییرات آب، نور و در دسترس بودن مواد غذایی تأثیرگذار است و این عوامل تأثیری مستقیم بر استراتژی رقابتی در بین گیاهان (و در نتیجه بر اکوگروه‌های اسپورومورفی) می‌گذارند (کاوایانی و علیخانی، ۱۳۸۰).

در این مدل اسپور و پولن‌ها (اسپورومورف‌ها) در گروه‌هایی به نام گروه‌های اسپورومورفی طبقه‌بندی شده‌اند که هر یک معرف محیط اکولوژیکی خاصی می‌باشند. در روش تجزیه و تحلیل کمی اسپورومورفی از ارتباط بین یک گونه میوسپور (اسپور یا پولن) با منشأ گیاهی آن و نیازهای اکولوژیک گیاهان والد میوسپورهای یادشده استفاده شده است. بر اساس این مدل شش گروه اسپورومورفی مطابق با جوامع گیاهی شامل گیاهان مناطق مرتفع، پست، رودخانه، پیشگام، ساحلی و تحت تأثیر جزر و مد معرفی شده است (شکل ۸).

با توجه به مدل آبینک (Abbink, 1998)، طبقه‌بندی گروه‌های اسپورومورفی میوسپورهای شناسایی شده در سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی یونجه‌زار صورت پذیرفت. نتایج حاصل از این طبقه‌بندی نشان می‌دهد که میوسپورهای تمامی شش گروه گیاهی یادشده در مجموعه میوسپورهای مورد مطالعه وجود دارند (شکل ۹).

میزان فراوانی داینوفلاژله‌ها به شرایط محیط دریایی شامل ژرفای آب، دما، شوری و در دسترس بودن مواد غذایی وابسته است (Gotz et al., 2008). عرض جغرافیایی یکی از عوامل مهم در پراکندگی و انتشار داینوفلاژله‌ها محسوب می‌شود. داینوفلاژله‌ها در محدوده‌های دمایی خاصی قادر به ادامه حیات می‌باشند به عبارت دیگر آنها به تغییرات دما حساس می‌باشند. امروزه داینوفلاژله‌ها بیشترین فراوانی و تنوع را در آب‌های نرمال (از نظر دما و میزان شوری) دارا می‌باشند. داینوفلاژله‌های ژوراسیک نیز از این قاعده مستثنی نبوده و از نظر تحمل دما، به سه گروه اصلی (فرم‌های آب‌های سرد (cold water taxa)، فرم‌های آب‌های حد واسط یا معتدل (intermediate water taxa) و فرم‌های آب‌های گرم (warm water taxa) تقسیم شده‌اند (Riding and Hubbard, 1999). با مطالعه داینوفلاژله‌های شاخص دما در محدوده زمانی ژوراسیک، می‌توان تا حدودی وضعیت کلی دمای آب دریا را در زمان تشکیل رسوبات حاوی آنها بازسازی کرد. حضور برخی از گونه‌های داینوفلاژله شاخص آب‌های گرم تا معتدل در برش چینه‌شناسی مورد مطالعه مانند:

Pareodinia halosa, *P. ceratophora*, *Nannoceratopsis pellucida*, *Compositosphaeridium polonicum*, *Endoscrinium luridum*, *E. anceps*, *Gonyaulacysta centriconnata*, *G. jurassica*, *Tubotuberella apatela*.

نشان‌دهنده شرایط آب و هوای گرم تا معتدل در زمان تشکیل آنها است.

۵-۳- بازسازی اقلیم دیرینه با استفاده از مدل گروه‌های اسپورومورفی (Sporomorph EcoGroups: SEGs)

آبینک و همکاران (Abbink et al., 2004) بر اساس پراکندگی پوشش گیاهان عهد حاضر و تلفیق اطلاعات گیاهی و پالینولوژی، یک مدل اجتماع دیرینه (palaeocommunity) را مورد بررسی قرار دادند. در این مدل تفسیر دقیقی از نحوه

انواع اکو گروه‌های اسپورومورفی	ویژگی	میوسپوره‌های نسبت داده شده
۱ اکو گروه‌های اسپورومورفی سازگار با مناطق مرتفع (Upland SEGs)	- رشد خوب در نواحی مرتفع - هرگز به زیر آب فرو نمی‌روند و در آب غوطه ور نمی‌شوند. - مقاوم در برابر شرایط نامساعد محیطی	- پلن‌های دو باله از خانواده پودوکاریاسه آ از مخروطیان. - پلن‌های دو باله از پتریدواسپرموفیتا.
۲ اکو گروه‌های اسپورومورفی سازگار با مناطق پست و دشت‌ها (Lowland SEGs)	- رشد در دشت‌ها و مرداب‌ها - دسترسی آسان به مواد غذایی و آب - در وضعیت‌های حاد تحت نفوذ دریا قرار می‌گیرند. - گاهی تحت تأثیر سیلاب‌ها قرار می‌گیرند و به صورت دورهای در آب شیرین غوطه‌ور می‌شوند.	- دانه‌های پلن - سیکادالها - بنتیتالها - زینکوالها - بعضی مخروطیان (تاکسودایاسه آ) - لیکوفیت‌ها
۳ اکو گروه‌های اسپورومورفی سازگار با مناطق رودخانه‌ای (River SEGs)	- در حاشیه رودخانه‌ها رشد می‌کنند. - به صورت متناوب زیر آب فرو می‌روند و در معرض فرسایش قرار می‌گیرند.	- میوسپوره‌های متنب به - بریوفیت‌ها - پتریدوفیت‌ها
۴ اکو گروه‌های اسپورومورفی سازگار با مناطق پیشگام (Pioneer SEGs)	- به مدت طولانی‌تر در آب غوطه‌ور می‌باشند. - از نظر فیزیولوژیکی مستحکم نمی‌باشند.	- میوسپور <i>Cerebropollenites</i> از - تاکسودایاسه آ متعلق به مخروطیان
۵ اکو گروه‌های اسپورومورفی سازگار با مناطق ساحلی (Coastal SEGs)	- رشد در کنار سواحل. - دانما از تنش‌های اکولوژی از قبیل نفوذ آب شور و جریانات نمکی تأثیر می‌پذیرند.	- میوسپوره‌های متنب به آراکاریاسه آ و کایرولییدیاسه آ (از مخروطیان)
۶ اکو گروه‌های اسپورومورفی سازگار با مناطق جزر و مدی - (Tidally-influenced SEGs)	- روزانه (به صورت منظم) تحت تأثیر تغییرات جزر و مدی قرار می‌گیرند. - در هنگام مد (با بالا آمدن آب دریا) به زیر آب فرو می‌روند.	- برخی از میوسپوره‌های متنب به - پتریدواسپرموفیتا - لیکوفیت‌ها

شکل ۸- انواع اکو گروه‌های اسپورومورفی (Abbink et al., 2004; Abbink, 1998).

Figure 8. Types of Sporomorph EcoGroups (Abbink et al., 2004; Abbink, 1998).

Upland	
<i>Podocarpidites</i> sp.; <i>Platysaccus papilionis</i> Other bisaccate pollen	
River	
<i>Lycopodiacidites rugulatus</i> <i>Camazonosporites ramosus</i> <i>Foveosporites pseudoalveolatus</i>	<i>Limbosporites antiquus</i> <i>Limbosporites denmeadii</i> <i>Annulispora densata</i>
Coastal	
<i>Araucariacites australis</i> <i>Araucariacites fischeri</i> <i>Callialasporites dampieri</i>	<i>Callialasporites turbatus</i> <i>Callialasporites minus</i> <i>Callialasporites segmentatus</i>
Tidally-influenced	
<i>Alisporites australis</i> <i>Alisporites lowoodensis</i> <i>Alisporites similis</i>	<i>Alisporites grandis</i> <i>Densoisporites velatus</i> <i>Retitriletes</i> sp.
Pioneer	
<i>Cerebropollenites macroverrucosus</i>	
Lowland	
<i>Apiculatisporites</i> sp. <i>Chasmatosporites apertus</i> <i>Chasmatosporites major</i> <i>Concavissimisporites punctatus</i> <i>Concavissimisporites verrucosus</i> <i>Convruccosisporites</i> sp. <i>Convruccosisporites pricei</i> <i>Cycadopites grandis</i> <i>Cyathidites minor</i> <i>Cyathidites australis</i> <i>Cyathidites asper</i> <i>Deltoidospora hallii</i> <i>Dictyophyllidites mortonii</i> <i>Dictyophyllidites harrisii</i> <i>Dictyotosporites complex</i> <i>Dictyotosporites speciosus</i> <i>Gleicheniidites senonicus</i>	<i>Ischyosporites crateris</i> <i>Klukisporites scaberis</i> <i>Klukisporites variegatus</i> <i>Kyrtomisporis laevigatus</i> <i>Kyrtomisporis speciosus</i> <i>Matonisporites crassiangulatus</i> <i>Osmundacidites senectus</i> <i>Osmundacidites injunensis</i> <i>Osmundacidites wellmanii</i> <i>Perinopollenites elatoides</i> <i>Perinopollenites mckellarii</i> <i>Ricciisporites tuberculatus</i> <i>Striatella patenii</i> <i>Toripustulatisporites kainophyticus</i> <i>Todisporites major</i> <i>Trilobosporites antiquus</i> <i>Velosporites</i> sp.

شکل ۹- طبقه‌بندی اکو گروه‌های اسپورومورفی سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی یونجه‌زار برگرفته از آبینک (Abbink, 1998)، آیینک و همکاران (Abbink et al., 2004) و لی و همکاران (Li et al., 2017).

Figure 9. Classification of Sporomorph EcoGroups of the Dalichai Formation, Yonjehzar stratigraphic section; taken from Abbink (1998); Abbink et al. (2004) and Li et al. (2016).

به آب (محیط مرطوب یا خشک) و سازش آنها با محیط در چهار گروه طبقه‌بندی می‌گردند: (۱) گیاهان رطوبت دوست (Wetter)، (۲) گیاهان خشکی دوست (drier)، (۳) گیاهان گرما دوست (Warmer)، (۴) گیاهان سرما دوست (Cooler). به‌منظور بازسازی آب و هوای گذشته در برش چینه‌شناسی یونجه‌زار، با توجه به مدل گروه‌های اسپورومورفی، درصد فراوانی چهار گروه یادشده محاسبه و نمودارهای اکولوژی مربوط به فراوانی نسبی جوامع گیاهی سازگار با شرایط drier/wetter و warmer/cooler رسم شد (شکل ۱۱).

همانطور که نمودارها نشان می‌دهند شرایط غالب اقلیمی در هنگام تشکیل رسوبات مورد مطالعه، آب و هوای گرم تا نیمه گرم و مرطوب بوده‌است. این نتیجه با فراوانی بالای سرخس‌ها در برش مورد مطالعه دور از انتظار نیست (شکل ۶، ۶۹٪). شرایط گلخانه‌ای (greenhouse) به همراه سطح نسبتاً بالای دی‌اکسید کربن (CO₂) جوی و حرارت‌های بالا در سطح جهانی در طول ژوراسیک پیشین و میانی شاهد دیگری بر صحت نتایج به‌دست آمده است (Cleal et al., 2001).

به‌منظور بازسازی آب و هوای گذشته، از میان گروه‌های اسپورومورفی یاد شده، تنها از سه گروه گیاهی شامل گیاهان (۱) سازگار با مناطق پست و دشت‌ها (۲) سازگار با مناطق ساحلی (۳) سازگار با مناطق مرتفع استفاده شد (Abbink et al., 2001; Barrón et al., 2006, 2010; Galfetti et al., 2007; Hochuli and Vigran, 2010; Galloway et al., 2013). این امر به دلیل حساس‌تر بودن این گروه‌ها نسبت به تغییرات اقلیمی است.

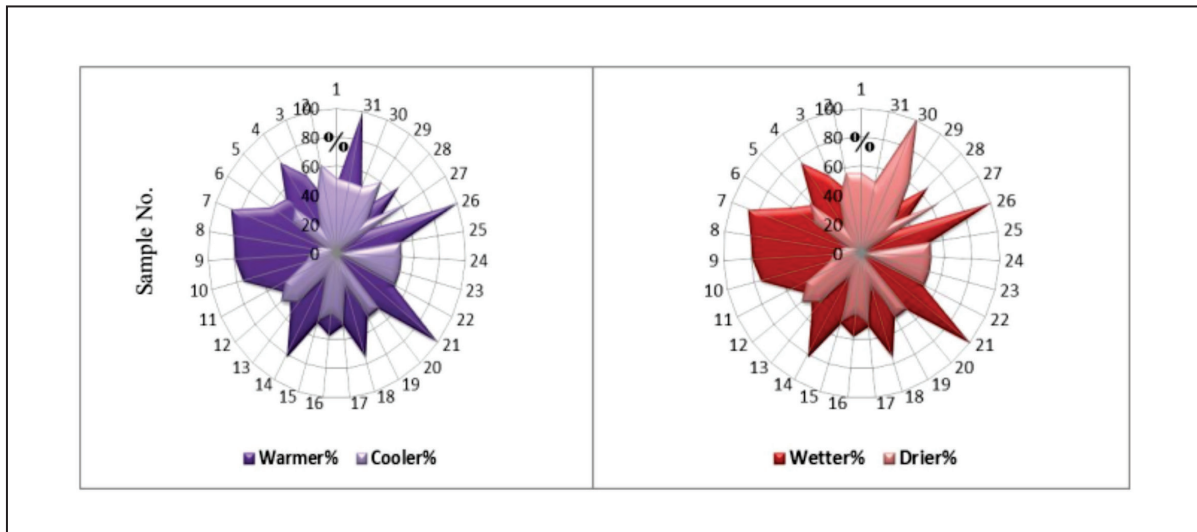
همچنین در این مطالعه میوسپورهای شاخص متناسب به این سه جامعه گیاهی در چهار گروه اقلیمی (گرم، سرد، مرطوب و خشک) طبقه‌بندی شدند (شکل ۱۰).

بر طبق مدل ارائه شده توسط آبینک (Abbink et al., 2001)، تغییرات اقلیمی به طور قابل توجهی باعث تغییر در ترکیب و فراوانی تشکیل‌دهندگان جوامع اکوگروه‌های اسپورومورفی می‌شوند. بر این اساس گیاهان والد میوسپورها با توجه به تمایلات اکولوژیکی آنها (محیط گرم یا سرد) و میزان نیازمندی گیاهان

Spore/pollen genera	Ecological type
<i>Araucariacites</i>	Cooler
<i>Callialasporites</i>	Cooler
<i>Ricciisporites</i>	Warmer
<i>Platysaccus</i>	Warmer
<i>Podocarpidites</i>	Warmer
<i>Chasmatosporites</i>	Cooler/drier
<i>Perinopollenites</i>	Cooler / Wetter
<i>Cyathidities</i>	Warmer/Wetter
<i>Dictyophyllidites</i>	Warmer/Wetter
<i>Kyrtomisporis</i>	Warmer/Wetter
<i>Striatella</i>	Warmer/Wetter
<i>Klukisporites</i>	Warmer/Wetter
<i>Todisporites</i>	Warmer/Wetter
<i>Calamospora</i>	Warmer/Wetter
<i>Osmundacidites</i>	Warmer/Wetter
<i>Matonisporites</i>	Warmer/drier
<i>Concavissimisporites</i>	Warmer/drier
<i>Deltoidospora</i>	Warmer/drier
<i>Cycadopites</i>	Warmer/drier
<i>Deltoidospora</i>	Warmer/drier
<i>Trilobosporites</i>	Warmer/drier
<i>Gleicheniidites</i>	Warmer/drier

شکل ۱۰- اسپورومورف‌های شاخص گروه‌های گیاهی سه‌گانه (سازگار با مناطق پست و دشت‌ها، سازگار با مناطق ساحلی و سازگار با مناطق مرتفع) و ارتباط آنها با تغییرات اقلیمی.

Figure 10. Indicative sporomorphs of three plant ecogroups (adapted to lowlands and plains, adapted to coastal areas and adapted to uplands) and their relationship with climatic changes.



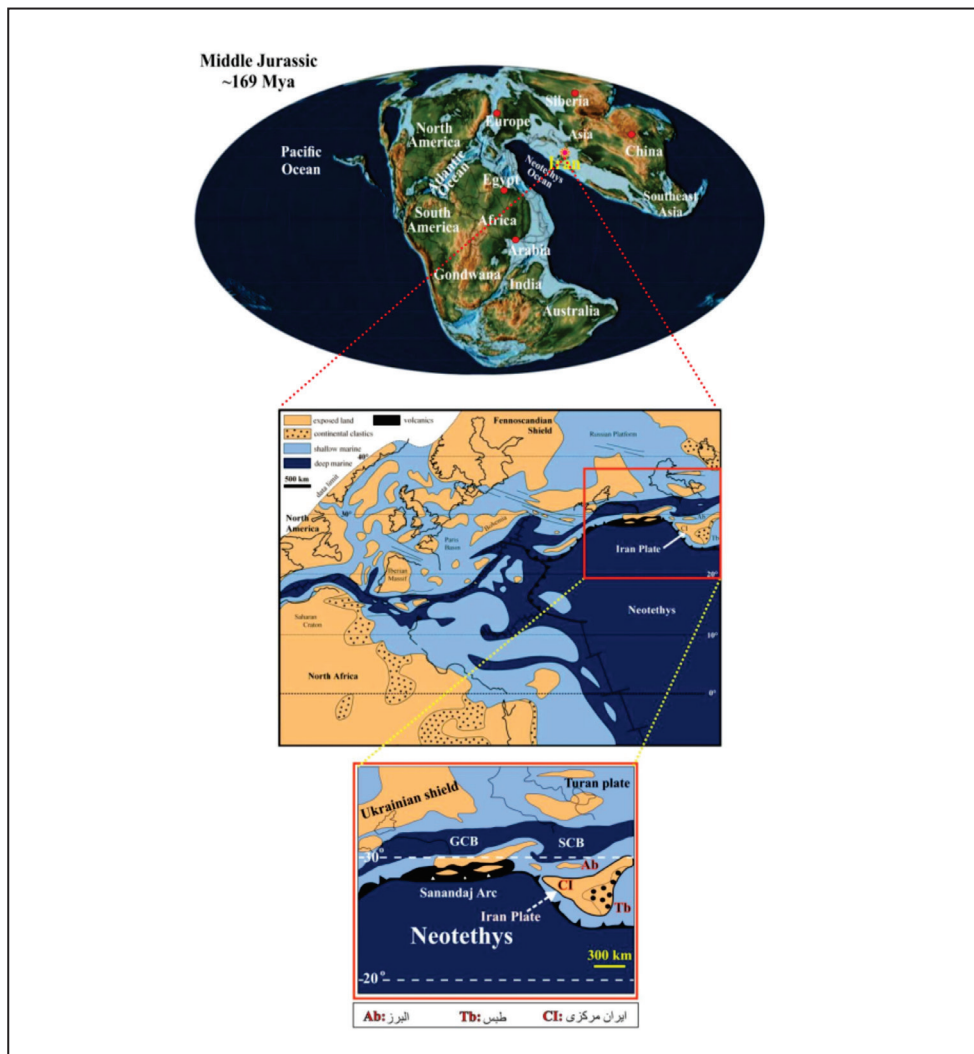
شکل ۱۱- نمودار چگونگی توزیع فراوانی گروه‌های مختلف گیاهی سازگار با شرایط مختلف آب و هوایی (خشکی دوست، رطوبت دوست، گرمادوست و سرما دوست) نسبت به هم در سازند دلیچای، برش چینه‌شناسی یونجه‌زار.

Figure 11. Diagrams of abundance distribution of different plant groups adapted to different weather conditions (drier, wetter, warmer, cooler) in relation to each other in the Dalichai Formation, Yonjehzar stratigraphic section.

۶- تطابق نتایج حاصل از مطالعه میوسپورهای سازند دلیچای با اقلیم گیاهی ایران در دوره ژوراسیک

همچنین ماکروفسیل‌های گیاهی گزارش شده از شمال و مرکز ایران در محدوده زمانی ژوراسیک (Schweitzer and Kirchner 1995, 1996, 1998, 2003; Schweitzer, 1997; Poole and Mirzaei Ataabadi, 2005) نشان می‌دهد که ایران در این محدوده زمانی متعلق به کمربند گرم تا نیمه گرم و مرطوب (اقلیم Euro-Sinian) بوده است. شرایط اقلیمی گرم در ژوراسیک با وجود گونه‌های گیاهی حرارت دوست در زون‌های گرمسیری وسیع آشکار است (Vajda and Wigforss – Lange, 2009). یک نگاه کلی به جایگاه زمین‌ساختی و اقلیم گیاهی ایران در دوره ژوراسیک، نشانگر آب و هوای گرم تا نیمه گرم و مرطوب ایران در این محدوده زمانی می‌باشد که نتایج به‌دست آمده از پالینومورف‌ها نیز آن را تایید می‌کند.

ایران از جمله مناطقی است که در دوره ژوراسیک در قاره اورازیا قرار داشته است (Wilmsen et al., 2009; Robert, 2014). نقشه‌های پالئوژئوگرافی موجود (Thierry, 2000; Robert, 2014) نشان می‌دهد که در ژوراسیک میانی، شمال و مرکز صفحه ایران در حاشیه شمال خاوری اقیانوس نتوتیس و در عرض‌های جغرافیایی ۲۰ تا ۳۰ درجه شمالی قرار داشته است (Seyed-Emami et al., 2008; Wilmsen et al., 2009, 2010). مطالعاتی که بر اساس ترکیب و توزیع جهانی گیاهان در دوره ژوراسیک در اورازیا انجام شده است منجر به تعیین دو اقلیم گیاهی Siberian در شمال و Euro-Sinian در جنوب اورازیا شده است (Vakhrameev, 1987). موقعیت جغرافیایی یادشده (شکل ۱۲)،



شکل ۱۲- نقشه پالئوژئوگرافی ژوراسیک میانی و موقعیت صفحه ایران (برگرفته از ویلمسن و همکاران (Wilmsen et al., 2009; 2010) و رابرت (Robert, 2014).

Figure 12. Middle Jurassic paleogeography map and the position of the Iran plate, after Wilmsen et al. (2009; 2010) and Robert (2014).

۷- نتیجه‌گیری

شناسایی شد. همچنین داینوفلاژله‌های شاخصی مانند *Cribroperidinium crispum*, *Meiourogonyaux valensii* *Carpatodinium predae*, *Ctenodinium combazii* و *Compositosphaeridium polonicum* شناسایی شدند. مجموعه پالینومورف‌های فوق سن ژوراسیک میانی (بازوسین پسین - کالوین میانی) را برای سازند دلیچای تایید می‌نمایند.

گیاهان والد میوسپورهای موجود متعلق به سرخس‌ها، بازدانگان (شامل مخروطیان و ژینکوفیت‌ها)، لیکوفیتا و بریوفیتا هستند که از میان آنها سرخس‌ها حداکثر فراوانی و بریوفیتا و ژینکوفیت‌ها حداقل فراوانی را به خود اختصاص داده‌اند. با توجه به فراوانی نسبی سرخس‌ها، شرایط آب و هوای گرم تا نیمه گرم و با رطوبت بالا در زمان تشکیل نهشته‌های مورد مطالعه حاکم بوده است.

برپایه اکوگروه‌های اسپورومورفی و جوامع گیاهی مرتبط با آنها، فراوانی نسبی چهار گروه اقلیمی گیاهان گرما دوست، سرما دوست، رطوبت دوست و خشکی دوست محاسبه شد. نسبت زیاد اسپورومورف‌های warmer/cooler و نسبت کم اسپورومورف‌های drier/wetter آب و هوای فوق را تایید می‌نمایند.

مجموعه پالینومورف‌های متنوع و فراوان با حفظ شدگی بسیار خوب شامل ۴۰ گونه اسپور (متعلق به ۲۹ جنس)، ۱۸ گونه پولن (منتسب به ۱۰ جنس)، ۵۴ گونه داینوفلاژله (متعلق به ۲۸ جنس) به همراه اسپور قارچ، آستر داخلی فرامنیفرها و آکریتارک‌ها در نهشته‌های سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی یونجه‌زار، در شمال خاور تهران، البرز مرکزی وجود دارند.

حضور فراوان و مستمر *Klukisporites variegatus* به همراه *Osmundacidites senectus*, *Concavissimisporites verrucosus* *Striatella seebergensis* *Callialasporites* و *Klukisporites scaberis*, *Convruccisporites pricei dampieri* نشانگر سن ژوراسیک میانی برای پالینوفلورای یادشده هستند. برپایه میوسپورها یک پالینوزون تجمعی به نام *Klukisporites variegatus-Araucariacites australis-Cerebropollenites macroverrucosus Assemblage Zone* شناسایی شد. برپایه داینوسیست‌ها سه پالینوزون به نام‌های *Cribroperidinium crispum* *Total Range Biozone*، *Dichadogonyaulax sellwoodii Interval Biozone* Subzone a و یک ساب‌زون به نام *Ctenodinium continuum Interval Biozone*

نقشه‌های پالئوژئوگرافی و موقعیت جغرافیایی ایران در ژوراسیک میانی نیز تاییدی دیگر بر آب و هوای گرم تا نیمه گرم و مرطوب در زمان تشکیل رسوبات سازند دلیچای است.

وجود سیست داینوفلاژله‌های شاخص آب‌های گرم تا معتدل مانند *Gonyaulacysta centriconnata*, *G. jurassica*, *Nannoceratopsis pellucida*, *Tubotuberella* و *apatela*, *Ctenidodinium continuum*, *Pareodinia halosa*, *P. ceratophora*

کتابنگاری

- ارکانی، ع.، ۱۳۹۷، پالینوستراتیگرافی و دیرین بوم شناسی سازند دلیچای در روستای بار (شمال نیشابور) به منظور تهیه نقشه دیرین بوم‌شناسی البرز و کپه‌داغ در تریاس و ژوراسیک، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده زمین‌شناسی، دانشگاه تهران، ۱۰۷ص.
- افشار، آ.، ۱۳۹۹، پالینوستراتیگرافی قسمت فوقانی سازند شمشک و قاعده سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی برهان، شمال نیشابور، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده زمین‌شناسی دانشگاه تهران، ۲۱۷ص.
- بشیری، ن.، ۱۳۹۸، پالینولوژی سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی اندریه، شمال غرب فیروزکوه، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده زمین‌شناسی دانشگاه تهران، ۲۰۷ص.
- خاکی، و.، ۱۳۸۰، پالینوستراتیگرافی رسوبات ژوراسیک بالایی منطقه کوه سفید کوه‌های سلطانیه در جنوب شرق زنجان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم، دانشگاه تهران، ۱۴۴ص.
- درمنکی‌فراهانی، س.، ۱۳۹۵، پالینولوژی سازند دلیچای در جنوب شرق (برش گویداغ) و شمال غرب (برش آهق) مراغه، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده زمین‌شناسی، دانشگاه تهران، ۱۸۸ص.
- ده‌بزرگی، ا.، ۱۳۹۲، پالینولوژی و پالئوآکولوژی رسوبات ژوراسیک میانی (سازندهای دلیچای و بغمشاه) شرق سمنان (منطقه جام). پایان‌نامه دکتری، دانشکده زمین‌شناسی، دانشگاه تهران، ۳۲۰ص.
- ده‌بزرگی، ا. و سنماری، س.، ۱۳۹۹، پالینوستراتیگرافی، آب و هوا و محیط دیرینه سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی بشم (البرز شرقی)، مجله دو فصلنامه رخساره‌های رسوبی، سال ۱۶، شماره ۸، ۲۰-۱۲. <https://doi.org/10.22067/SED.FACIES.V13I1.87380.12-20>
- سجادی‌هزاوه، ف. و درمنکی‌فراهانی، س.، ۱۳۹۶، پالینوستراتیگرافی و پالئوآکولوژی نهشته‌های ژوراسیک میانی در جنوب شرقی مراغه، براساس پالینومورف‌های خشکی مجله پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب شناسی شماره ۶۷، ص ۴۱-۶۴. <https://doi.org/10.22108/JSSR.2017.21622.64-41>
- سجادی‌هزاوه، ف.، درمنکی‌فراهانی، س. و هاشمی‌یزدی، ف.، ۱۳۹۷، پالینولوژی سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی گویداغ، جنوب شرقی مراغه بر مبنای داینوفلاژله‌ها، مجله پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، شماره ۳۴، ص ۹۱-۱۰۸. <https://doi.org/10.22108/JSSR.2018.84036.0.108-91>
- سجادی‌هزاوه، ف.، ده‌بزرگی، ا. و هاشمی‌یزدی، ف.، ۱۴۰۰، میوسپورهای ژوراسیک میانی ایران. انتشارات دانشگاه تهران. ۱۸۰ صفحه.
- صباغیان، ح.، ۱۳۸۸، پالینوستراتیگرافی سازند دلیچای در کوه راهبند مهدی شهر، البرز مرکزی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده زمین‌شناسی، دانشگاه تهران، ۱۱۰ص.
- کاوپانی، م. و علیخانی، ب.، ۱۳۸۰، مبنای آب و هواشناسی، انتشارات سمت تهران، ۵۸۲ص.
- محمدخانی، خ. و زارعی، ا.، ۱۳۹۷، پالینوستراتیگرافی سازند دلیچای در برش درجین در شمال سمنان، مجله پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، سال ۳۴، ۳۴، ۷۳، ۲۱-۳۸. <https://doi.org/10.22067/10.22108/JSSR.2019.112088.1062>
- نویدی‌ایزدی، ن.، ۱۳۹۲، پالینوستراتیگرافی سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی دیکتاش، شمال شرق سمنان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده زمین‌شناسی، دانشگاه تهران، ۲۲۰ص.
- هاشمی‌یزدی، ف.، ۱۳۸۷، پالینوستراتیگرافی سازند دلیچای در برش بلو، شمال سمنان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده زمین‌شناسی، دانشگاه تهران، ۱۲۹ص.
- هاشمی‌یزدی، ف. سجادی، ف. و هاشمی، ح.، ۱۳۹۳، پالئوآکولوژی رسوبات ژوراسیک میانی در البرز مرکزی و شرقی، فصلنامه زمین‌شناسی ایران، سال ۸، شماره ۳۲، ص ۳-۱۷. <https://doi.org/20.1001.1.17357128.1393.8.32.2.5>
- هاشمی‌یزدی، 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، ۳۸۸ص.
- هاشمی‌یزدی، ف.، ده‌بزرگی، 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 تبال (البرز شرقی)، مجله پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، سال ۳۳، شماره ۶۸، ص ۱-۱۴. <https://doi.org/10.22108/JSSR.2017.104681.1017.14-1>
- هاشمی‌یزدی، ف.، سجادی، ف. و هاشمی، ح.، ۱۳۹۷، پالینوستراتیگرافی رسوبات ژوراسیک میانی (دوگر) البرز مرکزی و شرقی، مجله پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، سال ۳۴، شماره ۷۲، ص ۲۱-۳۶. <https://doi.org/10.22108/JSSR.2018.109218.1039.36-21>

References

- Abbink, O.A., 1998. Palynological investigations in the Jurassic of the North Sea region. Laboratory of palaeobotany and palynology. Contribution Series 8, 192 (PhD thesis).
- 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. [https://doi.org/10.1016/S0921-8181\(01\)00101-1](https://doi.org/10.1016/S0921-8181(01)00101-1).
- Abbink, O.A., Van Konijnenburg-Van Cittert, J.H.A., and Visscher, H., 2004. A sporomorph ecogroup model for the Northwest European Jurassic-Lower Cretaceous: concepts and framework. Netherlands, *Journal of Geosciences, Geologieen Mijnbouw*, 83, 17-38. <https://doi.org/10.1017/S0016774600020436>.
- Afshar, A., 2020. *Palynostratigraphy of the upper part of the Shemshak Formation and the base of the Dalichai Formation (north of Neishabor)*. M.Sc. thesis, Faculty of Geology, College of Science, University of Tehran, Iran. (in persian)

- Alavi-Naini, M., Hajian, J., Ahmadi, M., and Bolourchi, H., 1982. *Geology of Takab-Sain-Qaleh 1:250000. Geological Survey of Iran. Report No.50:1-99. (in persian)*
- Alvani, P., 2006. *Study of rock and biofacies of Dalichai Formation in the Gazanak area of Bayjan (Central Alborz) [MSc. thesis]. Islamic Azad University. North Tehran Branch. (in persian)*
- Arkani, A., 2018. *Palynostratigraphy and paleoecology of the Dalichai Formation in Bar village (north of Neishabor) in order to prepare Triassic and Jurassic paleoecological map of Alborz and Koppeh Dagh. M.Sc. thesis, Faculty of Geology, College of Science, University of Tehran, Iran. (in persian)*
- Balme, B. E., 1995. Fossil in situ spores and pollen grains, 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 Lassaletta, 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.2010.04.003>.
- Bashiri, B., 2019. *Palynology of the Dalichai Formation, Andariyeh stratigraphic section, northwestern Firuzkuh. M.Sc. thesis, Faculty of Geology, College of Science, University of Tehran, Iran. (in persian)*
- Bolourchi, M.H., 1975. Etude geologique de la region d Avaj (NW de Ilran). Geological Survey of Iran, Report No. 45, 1-233.
- Boroumand, Z., Ghasemi-Nejad, E., and Majidifard, F., 2013. *Palynostratigraphy of the Dalichai Formation at Talu (North-eastern of Damghan) based on the dinoflagellates. Journal of Earth Sciences* 87, 3-8. <https://doi.org/10.22071/gsj.2013.53825>. (in persian)
- Boroumand, Z., Ghasemi-Nejad, E., and Majidifard, F., 2011. *Palynofacies and interpretation of sedimentary environments of the Dalichai Formation at Talu section (NW Damghan) based on palynomorphs. Proceedings of the thirteenth Earth Science Forum, Geological Survey of Iran, Institute of Earth Sciences. (in persian)*
- Cantrill, D.J., 1995. The occurrence of the fern *Hausmannia Dunker* (Dipteridaceae) in the Cretaceous of Alexander Island, Antarctica. *Alcheringa* 19, 243-254. <https://doi.org/10.1080/03115519508619508>.
- Cleal, C.J., Thomas, B.A., Batten, D.J., and Collinson, M.E., 2001. Mesozoic and Tertiary Palaeobotany of Great Britain. Geological Conservation Review Series, 22, Joint Nature Conservation Committee. Peterborough.
- Collinson, M.E., 1996. What use are fossil ferns- with a review of the fossil history of extant pteridophyte families and genera. In: Camus, J.M., Gibby, M., and Johns, R.J. (Eds.), *Pteridology in Perspective*, Royal Botanical Gardens, Kew, 349-394.
- Couper, R.A., 1960. New Zealand Mesozoic and Cainozoic plant microfossils. *New Zealand Geological Survey, Palaeontological Bulletin*, 32, 87.
- Dehbozorgi, A., and Senemari, S., 2020. *Palynostratigraphy, paleoclimate, and paleoenvironment of the Dalichai Formation in the Bashm stratigraphic section (Eastern Alborz). Sedimentary Facies* 13(1), 1-21. <https://doi.org/10.22067/sed.facies.v13i1.87380>. (in persian)
- Dehbozorgi, A., 2013. *Palynology and paleoecology of the Middle Jurassic (Dalichai and Baghamshah formations) east of Semnan (Jam area), Ph.D. thesis, Faculty of Geology, College of Science, University of Tehran, 320p. (in persian)*
- Dehbozorgi, A., Sajjadi, F., and Hashemi, H., 2013. Middle Jurassic palynomorphs of the Dalichai Formation, central Alborz Ranges, northeastern Iran: Paleoecological inferences, *Science China Earth Sciences*, 56, 12, 2107-2115. <https://doi.org/10.1007/s11430-013-4697-z>
- 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).
- Dermanaki Farahani, S., 2016. *Palynology of Dalichai Formation in south-east (Guydagh Section) and north-west (Ahagh Section) of Maragheh, M.Sc. thesis, Faculty of Geology, University of Tehran, 188p. (in persian)*
- Dettmann, M.E., 1963. Upper Mesozoic microfloras from South-Eastern Australia. *Proceeding of the Royal Society Victoria*, 77 (1), 1-148.
- 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>.
- Dodd, J.R., and Stanton, J.R.S., 1990. *Paleoecology: concepts and applications*. 2nd ed., Wiley, New York, 501.
- Fakhr, M.S., 1975. Contribution a l'etude de la flore rheto-liassique de la formation de Shemshak de l'Elbourz (Iran). These, Uni. Pierre et Marie Curie Paris VI; Publication du Laboratoire de Paleobotanique de l'Universite Paris VI 2, 421.
- Farisi Kermani, M., 2003. *Palynostratigraphy of Middle and Upper Jurassic sediments in the Frisian section (Binalud zone) northwest of Mashhad [master's thesis]. Geosciences Research Institute, Geological Survey of Iran. (in persian)*
- Filatoff, J., 1975. Jurassic palynology of the Perth Basin, Western Australia. *Palaeontographica, Abteilung B*, 154(1-4), 1-113.

- 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>.
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2011.08.006>.
- Ghasemi-Nejad, E., Sajjadi, F., and Hashemi Yazdi, F., 2008. *Palaeoenvironmental reconstructions of the Dalichai Formation at the Balu section, northern Semnan, based on palynomorphs. Iranian Journal of Geology*. 2(8), 85-94. (in persian)
- Ghasemi-Nejad, E., and Khaki, V., 2002. *Palynostratigraphy of the Middle - Upper Jurassic sediments of the Agh-Dagh area Soltaniyeh Mountains south – east Zanjan. Journal of Science University of Tehran*. 28, 111-130. (in persian)
- Götz, A.E., Feist-burkhardt, S., and Ruckwied, K., 2008. Palynofacies and sea-level changes in the Upper Cretaceous of the Vocontian Basin, southeast France. *Cretaceous Research*, 29(5-6), 1047-1057. <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2008.05.029>.
- Hashemi Yazdi, F., Sajjadi, F., and Hashemi, H., 2018. *Palynostratigraphy of the Middle Jurassic strata of central and eastern Alborz. Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches* 34(3), 21-36. <https://doi.org/10.22108/jssr.2018.109218.1039>. (in persian)
- Hashemi, Yazdi F., Dehbozorgi, A., Sajjadi, F., and Hashemi, H., 2017. *Paleoenvironmental implications for the Dalichai Formation in two stratigraphic sections, Sharaf and Tapal (central and eastern Alborz Mountains) based on Sporomorph EcoGroups. Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches*, 33(3), 1-14. <https://doi.org/10.22108/JSSR.2017.104681.1017>. (in persian)
- Hashemi Yazdi, F., Sajjadi, F., and Hashemi, H., 2015. Palaeoecology of the Middle Jurassic deposits in central and eastern Alborz. *Iranian Journal of Geology* 32(8), 3-17. <https://doi.org/10.1001.1.17357128.1393.8.32.2.5>. (In Persian)
- 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), 251-260. <https://doi.org/10.4072/rbp.2015.2.06>
- Hashemi Yazdi, F., 2015. *Palynology and palaeoecology of the Dalichai Formation in central-eastern Alborz Basin and the Hojedk Formation at the east-central Iran. Ph.D. thesis, Faculty of Geology, College of Science, University of Tehran, 388 p. (In Persian)*
- Hashemi Yazdi, F., 2008. *Palynostratigraphy of Dalichai Formation in the Blue section, north of Semnan. M.Sc. thesis, Faculty of Geology, University of Tehran, 129 p. (in persian)*
- 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>.
- Kavyani, M., R. and Alikhani, B., 2001. *The foundations of climatology. Samt Publishers, 600 p. (in persian)*
- Khaki, V., 2001. *Palynostratigraphy of the Upper Jurassic sediments at Kuh-e- Sefid area, Soltaniyeh Mountains South - East Zanjan. M.Sc. thesis, Faculty of Geology, College of Science, University of Tehran, Iran. (in persian)*
- Li, L., Wang, Y., Liu, Z., Zhou, N., and Wang - Palz, Y., 2017. Late Triassic palaeoclimate and palaeoecosystem variations inferred by palynological record in the northeastern Sichuan Basin, China. *Geological Magazine*, 155(8), 1793–1810. <https://doi.org/10.1007/s12542-016-0309-5>.
- Mädler, K., 1964. Bemerkenswerte Sporenformen aus dem Keuper und unteren Lias, *Fortschr. Geol. Rheinld-Westf.*, 12, 169-200.
- 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. <https://doi.org/10.1007/s12517-013-0976-4>.
- Makvandi, R., 2000. *Stratigraphic and fossil Study of Dalichai Formation and Lar Formation in Abgarm (Avaj Hamadan) [master's thesis]. Islamic Azad University, North Tehran Branch. (in persian)*
- 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 Microcachryditites 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 pp.
- Mohammad Khani, Kh., and Zarei, E., 2019. *Palynostratigraphy of the Dalichai Formation in Darjazin section, North of Semnan. Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches*, 34(4), 21-38. <https://doi.org/10.22067/10.22108/JSSR.2019.112088.1062>. (In Persian)
- Nabavi, M.H., and Seyed-Emami, K., 1977. *Sinemurian ammonites from the Shemshak Formation of North Iran (Semnan area, Alborz). Neues Jahrbuch für Geologie und Palaeontologie, Abhandlungen*, 153, 70-85. (in persian)

- Navidi Izad, N., 2013. *Palynostratigraphy of the Dalichai Formation at Diktash section, north east of Semnan. M.Sc. thesis. Faculty of Geology, College of Science, University of Tehran, 197p. (in persian)*
- Niknahad, M., 2007. *Paleontology and stratigraphy of the Dalichai Formation in southeast Maragheh (West Alborz) with special attention to the Fauna ammonite. M.Sc. Thesis, Institute of Earth Sciences, Geological Survey of Iran. (in persian)*
- Orak, Z., 2010. *Biostratigraphy and lithostratigraphy of the Dalichai Formation in Malekan of Maragheh. MSc thesis, Islamic Azad University. Science and Research Branch of Tehran. (in persian)*
- 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.J., 1970. Palynology of the Jurassic sediments of Western Canada. Part 1 (continued). Terrestrial species. *Palaeontographica Abt, B* 130, 73-136.
- Poole, I., and Mirzaie Ataabadi, M., 2005. Conifer Woods of the Middle Jurassic Hojedk Formation (Kerman Basin) Central Iran. *Iawa Journal*, 26(4), 489-505. <https://doi.org/10.1163/22941932-90000130>
- 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. <https://doi.org/10.34194/geusb.v1.4650>.
- Riding, J.B., and Hubbard, N.L.B., 1999. Jurassic (Toarcian to Kimmeridgian) Dinoflagellate Cysts and Paleoclimates. *Palynology*, 23, 15-30. <https://doi.org/10.1080/01916122.1999.9989516>
- Riding, J.B., and Thomas, J.E., 1992. Dinoflagellate cysts of the Jurassic System: In: Powell, A.J. (Eds.), *A stratigraphic index of dinoflagellate cysts. British Micropalaeontological Society Publications Series. Chapman and Hall, London* 7-97.
- Robert, C., 2014. *Scotese Atlas of Jurassic Paleogeographic Maps, Paleomap Atlas for ArcGIS, volume 3, The Jurassic and Triassic, Maps 32 - 42, Mollweide Projection, Paleomap Project, Evanston, IL.*
- Saadati Jafarabadi, S.H., Allameh, M., Poursoltani, M.R., and Sajjadi, F., 2013. *Paleoecology and palynostratigraphy of the Dalichai Formation, according to miospores at the Bar Village section, East of Binalud Basin. Paleontology Journal, Iranian Paleontological Society* 1(1), 67-80. (in persian)
- Sabbaghiyan, H., 2009. *Palynostratigraphy of the Dalichai Formation at Kuhe Rahband, South of Mahdishahr, Central Alborz, Iran. M.Sc. thesis. Faculty of Geology, College of Science, University of Tehran, 120p. (in persian)*
- Shahrabi, M., 1994. *Description of the Urumieh geological map (scale 1/250000). Geological Survey of Iran. B3: P. 90. (In Persian)*
- Sajjadi, F., Dehbozorghi, A., and Hashemi Yazdi, F., 2021. *Miospores from Middle Jurassic of Iran. University of Tehran press. 180p. (in persian)*
- Sajjadi, F., Dermanaki Farahani, S., and Hashemi Yazdi, F., 2018. *Palynology of the Dalichai Formation in the Guydagh section, western Hashtrud, according to dinoflagellate. Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches*, 34(1), 91-108. <https://doi.org/10.22108/JSSR.2018.84036.0>. (in persian)
- Sajjadi, F., Dermanaki Farahani, S., 2016. *Palynostratigraphy and paleoecology of Middle Jurassic strata, southeastern Maragheh, according to terrestrial palynomorphs. Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches*, 33(2), 41-64. <https://doi.org/10.22108/jssr.2017.21622>. (in persian)
- Sajjadi, F., Hashemi, H., and Hashemi Yazdi, F., 2009. *Miospores-based palynostratigraphy of the Dalichai Formation at the Balu section, north of Semnan. Iranian Journal of Geology*, 3(10), 59-68. (in persian)
- Sajjadi, F. and Playford, G., 2002. Systematic and stratigraphic palynology of Late Jurassic - earliest Cretaceous strata of the Eromanga Basin, Queensland, Australia, Part 2, *Palaeontographica, Abteilung B*, 261(4-6): 99-165. <https://doi.org/10.1127/palb/261/2002/99>.
- Schairer, G., Seyed-Emami, K., and Zeiss, A., 1991. Ammoniten aus der oberen Dalichai-Formation (Callovian) ostlich von Semnan (SE-Alborz, Iran). *Mitteilungen der Bayerische Statsammlung für Paläontologie Historische und Geologie*, 31, 47-67. <https://biostor.org/reference/206456>.
- Schweitzer, H.J., and Kirchner, M., 1995. Die rhäto-jurassischen Floren des Iran und Afghanistans: 8. Ginkgophyta. *Palaeontographica, Abteilung B*, 237(1-3), 1-58.
- Schweitzer, H.J., and Kirchner, M., 1996. Die rhäto-jurassischen Floren des Iran und Afghanistans: 9. Coniferophyta. *Palaeontographica, Abteilung B*, 238(4-6), 77-139.
- Schweitzer, H.J., 1997. Die Rhäto-Jurassischen Floren des Iran und Afganistans 4. Die ratische Zwitterblute *Irania hermaphroditica* nov. spec. und ihre Bedenirtrung für die Phylogenie du Angiospermen. *Palaeontographica, Abteilung B*, 161, 98-145.
- Schweitzer, H.J., and Kirchner, M., 1998. Die rhäto-jurassischen Floren des Iran und Afghanistans. 11. Pteridospermophyta und Cycadophyta I. Cycadales. *Palaeontographica, Abteilung B*, 248(1-3), 1-85.

- Villar de Seoane, L., 1999. Estudio comparado de *Cyathea cyathifolia* comb. nov. del Cretacico inferior de Patagonia, Argentina. *Revista Espanoa de Paleontologia*, 14, 157-163.
- 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.
- Wilmsen, M., Fürsich, F.T., Seyed-Emami, K., and Majidifard, M.R., 2009. An overview of the stratigraphy and facies development of the Jurassic System on the Tabas Block, east - central Iran. *Geological Society London. Special Publication*, 312, 323-343. <https://doi.org/10.1144/SP312.15>.
- Wilmsen, M., Fürsich, F.T., Seyed-Emami, K., Majidifard, M.R., and Zamani-Pedram, M., 2010. Facies analysis of a large-scale Jurassic shelf-lagoon: the Kamar-e-Mehdi Formation of east-central Iran. *Facies*, 56, 59-87. <https://doi.org/10.1007/s10347-009-0190-8>.
- Woollam, R., and Riding, J.B., 1983. Dinoflagellate cyst zonation of the English Jurassic, *Institute of Geological Sciences Report No.83/2*, 52p.
- Wood, G.D., Gabriel, A.M., and Lawson, J.C., 1996. Palynological techniques processing and microscopy. In: Jansonius, J. and McGregor, D.C. (Eds.): *Palynology: Principles and Applications*. American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, 1, 29-50.