

تحلیل پالینولوژیکی رسوبات دریاچه‌ی نئور به منظور بازسازی فازهای رطوبتی دیرینه

دریاچه‌ی نئور در اواخر پلیستوسن و اوایل هولوسن

قاسم عزیزی* - دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده‌ی جغرافیا، دانشگاه تهران
طیبه اکبری - دانشجوی دکترای اقلیم‌شناسی، دانشکده‌ی جغرافیا، دانشگاه تهران
حسین هاشمی - دانشیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده‌ی علوم، دانشگاه خوارزمی
مجتبی یمانی - دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده‌ی جغرافیا، دانشگاه تهران
مهران مقصودی - دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده‌ی جغرافیا، دانشگاه تهران
علی عباسی جغتاب - کارشناس ارشد جغرافیا، گرایش ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران

پذیرش مقاله: ۱۳۹۱/۱۱/۱۸ تأیید نهایی: ۱۳۹۱/۰۳/۲۳

چکیده

به منظور بررسی تغییرات پوشش گیاهی و فازهای رطوبتی در اواخر پلیستوسن و اوایل هولوسن در شمال غربی ایران، یک مغزه‌ی رسوبی به طول هشت متر از کف دریاچه‌ی نئور در استان اردبیل برداشت و روی سه متر پایینی مغزه، بررسی پالینولوژیک (گرده‌شناسی) انجام شد. بر اساس نمودار گرده‌ی نئور، دو دوره‌ی دیر یخبندان (A_1 و A_2) و هولوسن پیشین (زون‌های B_1 ، B_2 و B_3) در بازه‌ی زمانی ۱۲۸۰۰ تا ۷۸۰۰ سال گذشته قابل شناسایی است. به نظر می‌رسد که در اواخر آخرین دوره‌ی یخبندان و با شروع دوره‌ی سرد یانگدریاس (زون A_2)، درختان، به دلیل پایین بودن دما و رطوبت، از پوشش گیاهی منطقه‌ی نئور حذف شدند. شاخص‌های گرده‌ای (نسبت فراوانی گرده‌های خانواده‌ی گندمیان به درمنه، نسبت فراوانی گرده‌های درختی به علفی، و نسبت فراوانی گرده‌های خانواده درمنه به اسفناجیان) نشان می‌دهد که به احتمال دو فاز مرطوب در حدود ۹۶۰۰ و ۸۲۰۰ سال پیش و همچنین یک فاز خشکی در حدود ۹۴۰۰ سال پیش در هولوسن پیشین رخ داده است.

کلیدواژه‌ها: گرده‌شناسی (پالینولوژی)، تاریخچه پوشش گیاهی، آب‌وهوای دیرینه، دریاچه‌ی نئور، شمال غرب ایران.

مقدمه

تغییرات آب‌وهوا را می‌توان از دسته عوامل اصلی تغییر پوشش گیاهی دانست. از دیدگاه دیرین محیط‌شناسی، محیط‌های دریاچه‌ای می‌توانند مناطق ارزشمندی برای ثبت رخداد‌های اقلیمی، مانند ترسالی و خشکسالی باشند. به‌طوری که بررسی تاریخچه‌ی پوشش گیاهی و آب‌وهوا در این محیط‌ها، می‌تواند برای شناسایی و پیش‌بینی آب‌وهوای آینده راه‌گشا باشد. تاکنون مطالعات دیرینه‌ی محیط‌شناسی چندانی در مناطق شمالی ایران، به‌ویژه البرز غربی انجام نشده است؛ هرچند که پژوهش‌های اخیر در شمال غرب ایران به تغییرات پوشش گیاهی و همچنین تغییرات اقلیمی و رخداد‌های تاریخی پرداخته است (Stevens et al., 2001; Wasylikowa et al, 2005- 2006; Djamali et al, 2008-2009). شمال غرب ایران با داشتن منطقه‌ی فلوربستیکی غنی از انواع فرم‌های رویشی، تاکنون مورد توجه تعدادی از پژوهشگران داخلی و خارجی بوده است. در این پژوهش تغییرات بوم‌شناختی (پوشش گیاهی و اقلیم) منطقه‌ی نئو نسبت به تغییر آب‌وهوای دوره‌ی دیرین‌اندان و هولوسن مورد بررسی قرار گرفته است. مقایسه‌ی این تغییرات با تغییرات شناخته‌شده در مناطق شمال غرب ایران در اواخر پلیستوسن و هولوسن، از جمله سؤال‌هایی است که در این پژوهش مورد توجه بوده است.

آب‌وهوای گذشته و تغییر اقلیم در منطقه‌ی آسیای جنوب غربی از سوی پژوهشگران مختلف مطالعه شده است. استقرار پوشش گیاهی جنگلی در شرق ترکیه و غرب ایران در اوایل هولوسن در مقایسه با نواحی ساحلی آسیای جنوب غربی از نظر زمانی تأخیر دارد. همچنین منطقه‌ی مدیترانه‌ی خاوری در اواخر دوره‌ی دیرین‌اندان^۱ و هولوسن پیشین^۲ دارای رطوبت بیشتری نسبت به شرق ترکیه و غرب ایران بوده و به‌همین دلیل پوشش گیاهی جنگلی در آن مناطق زودتر مستقر شده است. همچنین پژوهشگران با بررسی زمین‌شناسی و چگونگی تکامل پروفیل خاک، شرایط مشابه خشک اقلیمی را برای جنوب زاگرس شناسایی کرده‌اند. بر این اساس، در اوایل هولوسن تا حدود ۷ هزار سال پیش، شرایط خشکی حاکم بود و از آن پس رطوبت بیشتر شده و خاک تکامل بیشتری یافت (Kehl et al., 2009).

مطالعات پالئوآکولوژیک و گرده‌شناسی در منطقه‌ی غرب کشور با مغزه‌برداری رسوبات دریاچه‌هایی مانند زریوار، نیلوفر، ارومیه و میرآباد را پروفسور رایت^۳ از دانشگاه مینه‌سوتا آغاز کرد و نمودار گرده‌ی اولیّه‌ی آن را ون‌زیست^۴ و رایت در سال ۱۹۶۳ منتشر کردند. نتایج مطالعات ون‌زیست و بوتما^۵ در دریاچه‌ی زریوار نشان داد که طی فاصله‌ی زمانی ۴۰ هزار تا ۲۲ هزار سال گذشته، حضور پراکنده‌ی درختان در منطقه‌ی زریوار دیده می‌شده است، در حالی که در بین ۲۲ هزار تا ۱۴ هزار سال گذشته، درختان به‌طور کامل در این منطقه ناپدید شدند و پوشش گیاهی استپی متشکل از درمنه و خانواده‌ی اسفناجیان مستقر شد. عامل محدودکننده‌ی رشد درختان در غرب ایران، به‌احتمال زیاد باید خشکی و سردی آب‌وهوا باشد. از دیگر نتایج این مطالعه اینکه استقرار جنگل‌های بلوط در منطقه‌ی زاگرس، مربوط به ۶۰۰۰ سال گذشته است.

1. Late - glacial
2. Early Holocene
3. Wright, H.
4. Van Zeist
5. Bottema, S.

شرایط دمایی و رطوبتی پس از دوره‌ی دیربخندان در ایران با مطالعات پالینولوژی و ژئومورفولوژیکی حاصل از رسوبات دریاچه‌های غرب زاگرس، مانند زریوار و میرآباد، به‌خوبی بازسازی شده است. پوشش گیاهی استپی با غالبیت گیاه درمنه در دوره‌ی دیربخندان وجود داشت (Van Ziest & Wright, 1963; Van Ziest & Bottema, 1977; میمندی نژاد، ۱۳۴۸؛ معتمد، ۱۳۷۰ و ۱۳۸۲).

بوبک و کرینسلی^۱ جزء نخستین پژوهشگرانی بودند که به بررسی دیرینه‌ی اقلیم‌شناسی ایران پرداختند. بوبک با بررسی ویژگی‌های ژئومورفولوژیک نقاط مختلف ایران، به شناسایی مراکز یخچالی و تغییرات خط مرز دائمی برف طی پلیستوسن پرداخت. او با مطالعه‌ی رشته‌کوه‌های البرز، مهم‌ترین مراکز یخچالی را در البرز غربی معرفی کرده است (Bobek, 1937). کرینسلی نیز براساس مطالعه‌ی پلایاهای ایران، تغییر اقلیم مناطق مختلف ایران، از جمله دامنه‌های البرز را طی دوره‌ی کواترنری شناسایی کرده است (Krinley, 1970). همچنین بیشتر نمودارهای گرده^۲ در نواحی شرق مدیترانه، حاکی از این است که اقلیم دوره‌ی یخچالی خشک‌تر از امروز بوده است (van Zeist and Bottema, 1977).

ال موسلیمانی (El-Moslimany) (۱۹۸۷) به بررسی اقلیم پلیستوسن در دریاچه‌ی زریوار کردستان با مطالعه‌ی شاخص رطوبتی بر اساس نسبت بین گرده‌های خانواده‌ی اسفنجیان و درمنه نشان داد که اقلیم اوایل هولوسن با دوره‌های به‌نسبت شدید خشکی همراه است. جمالی و همکاران (۲۰۰۸) با بررسی رسوبات دریاچه‌ی ارومیه، تغییرات پوشش گیاهی منطقه‌ی شمال غرب ایران را در ۲۰۰ هزار سال گذشته بازسازی کردند. آنها نشان دادند که استقرار پوشش گیاهی شامل، *Hippophae*, *Ephedra*, *Betula*, *Pistacia*, *Juniperus*, *Quercus*، نشانه‌ی مرحله‌ی گذار از دوره‌ی دیربخندان به هولوس است (Djamali et al., 2008). همچنین جمالی و همکاران (۲۰۰۹) تاریخچه‌ی پوشش گیاهی دریاچه‌ی مهارلو در منطقه‌ی زاگرس را طی پنج هزار سال گذشته و با استفاده از روش گرده‌شناسی رسوبات، مورد بررسی قرار دادند. گرده‌های ثبت‌شده نشان دادند که درختزارهای بلوط غرب^۳ و درختچه‌های بنه و بادام^۴ در نیمه‌ی دوم هولوسن در منطقه‌ی مورد مطالعه گسترش داشتند. در یک دوره‌ی خشک این درختزارها، هردو گونه‌ی گیاهی مذکور به حداقل گسترش خود رسیده‌اند. این دوره به‌دنبال گسترش درختچه‌های بنه و بادام در ناحیه و درختان بلوط غرب در عرض‌های بالاتر است (Djamali et al., 2009). رضانی و همکاران (۱۳۸۷) نیز با بررسی گرده‌شناسی رسوبات به‌دست‌آمده از سه تالاب - توربزار در ارتفاعات مختلف جنگل‌های خزری مرکزی در ناحیه‌ی البرز مرکزی، تاریخچه‌ی پوشش گیاهی منطقه‌ی هیرکانی را مطالعه کرده و توانستند تغییرات پوشش گیاهی منطقه را طی سه هزار سال گذشته بازسازی کنند.

این پژوهش ضمن تحلیل گرده‌شناسی (پالینولوژیکی) و شناخت تغییرات پوشش گیاهی منطقه‌ی نئور، به‌دنبال بازسازی فازهای رطوبتی طی گذار از دوره‌ی دیربخندان به هولوسن پیشین است.

1. Bobek & Krinsley

2. Pollen diagram

نمودار گرده به نموداری گفته می‌شود که در گرده‌شناسی با استفاده از فراوانی گرده‌های گیاهی ترسیم می‌شود. در این نمودار محور افقی در بالای نمودار، نام گیاهان و در پایین، نمایانگر مقدار فراوانی گرده‌های فسیل است. محور عمودی در سمت چپ نمودار زمان، جنس ترکیبات رسوبی دریاچه و ویژگی‌های نمونه‌ها را نشان می‌دهد.

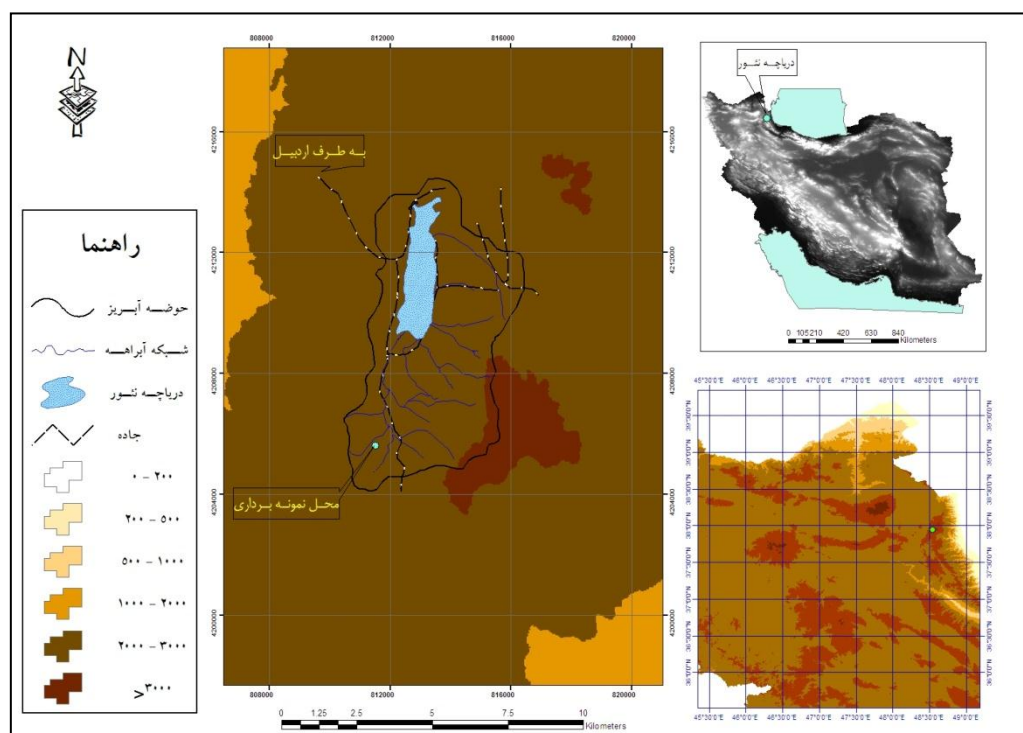
3. *Quercus branti* woodland

4. *Pistacia*-*Amygdalus* scrub

مواد و روش‌ها

منطقه‌ی مورد مطالعه

رشته‌کوه تالش واقع در البرز غربی، با ارتفاع بیش از ۳۰۰۰ متر و در حاشیه‌ی جنوب غربی دریای خزر، نقش مهمی در تعدیل اقلیم منطقه دارد. امتداد شمالی جنوبی این رشته‌کوه با طول تقریبی ۲۰۰ کیلومتر، همانند سدّی در مقابل جریان‌های جوّی عمل می‌کند. به طوری که تفاوت در میزان بارندگی در دو جهت مخالف رشته‌کوه تالش، بیانگر عملکرد آن در مقابل جریان‌های جوّی است. حوضه‌ی آبخیز دریاچه‌ی نئور در مختصات جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۳ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۵۹ دقیقه عرض شمالی در ۴۸ کیلومتری جنوب شرقی اردبیل در دامنه‌ی غربی رشته‌کوه تالش قرار دارد. ارتفاع متوسط دریاچه از سطح دریا ۲۴۸۰ متر و جزو اکوسیستم‌های آب شیرین و دارای گونه‌های متنوع گیاهی، ماهی‌ها، پرندگان و سایر موجودات هستند. بزرگترین طول دریاچه ۴۷۵۰ متر، بزرگترین عرض آن ۱۱۵۰ متر و حجم آب دریاچه حدود ۲۵ میلیون متر مکعب است. به‌علت کاهش نسبی بارش‌های سالانه و استفاده‌ی زیاد از منابع آب دریاچه، سطح دریاچه به‌ندرت به وضعیّت حداکثر می‌رسد و مساحت متوسط برای دریاچه حدود ۲۵۷ هکتار است. بیشترین عمق دریاچه ۵/۵ متر و میانگین ژرفای آن سه متر است. منبع اصلی آب دریاچه چشمه‌های حوضه‌ی آبخیز دریاچه است که تعدادشان به ۳۸ عدد می‌رسد و نزدیک به دریاچه هستند (نژاد ستاری، ۱۳۵۷ و سازمان محیط زیست، ۱۳۷۸) (شکل شماره ۱).



شکل ۱. نقشه‌ی ارتفاعی منطقه‌ی مورد مطالعه و موقعیّت آن در نقشه‌ی ایران

(ترسیم بر اساس نقشه DEM ایران و نقشه‌ی حوضه‌ی آبخیز دریاچه‌ی نئور از عباسی جغتاب، ۱۳۸۴).

براساس داده‌های بارندگی سازمان هواشناسی، میانگین سالانه‌ی بارش در منطقه ۳۹۵ میلی‌متر است که بیشتر در فصل بهار، پاییز و زمستان به صورت برف و باران می‌بارد. دریاچه‌ی نئور در منطقه‌ی گذار از پوشش گیاهی منطقه‌ی استپی - جنگل برگ‌ریز بلوط و منطقه‌ی جنگلی میانی هیرکانی و استپ‌های درمنه قرار دارد (زه‌ری، ۱۳۸۳). انواع گیاهان گون، درمنه، خانواده‌ی گندمیان، چتریان، Asteraceae, Fabaceae Ranunculaceae, Apiaceae, Rosaceae, Scrophulariaceae را می‌توان به عنوان پوشش گیاهی فعلی منطقه نام برد. خانواده‌ی Ranunculaceae و گیاه جگن *Juncus* از جمله گیاهان آبی فراوان در دریاچه فراوان هستند (سازمان محیط زیست، ۱۳۷۸).

داده‌های پالینولوژیک

در این پژوهش با همکاری مؤسسه‌ی تحقیقات اکولوژی و دیرینه‌ی اقلیم‌شناسی مدیترانه‌ی فرانسه و مرکز ملی اقیانوس شناسی ایران، در فصل تابستان سال ۱۳۸۷، همزمان با حداکثر کاهش سطح آب از قسمت جنوبی دریاچه‌ی نئور، مغزه‌ی به طول ۸ متر به وسیله‌ی مغزه بردار روسی^۱ برداشت شده است. مغزه‌ی مذکور بعد از برداشت به آزمایشگاه پالینولوژی مؤسسه‌ی تحقیقات اکولوژی و دیرینه‌ی اقلیم‌شناسی مدیترانه‌ی فرانسه منتقل شد. در این پژوهش سه متر پایینی مغزه‌ی رسوبی به منظور بررسی تغییرات دوره‌ی دیربخندان - هولوسن مورد مطالعه قرار گرفت. برای بررسی گرده‌شناسی، تعداد ۴۵ نمونه با فواصل پنج سانتی‌متر از مغزه برداشت و به روش مور و همکاران (Moore et al., 1991) آماده‌سازی شد. نمونه‌ها با استفاده از گلسیرین ۸۰ درصد روی اسلاید قرار گرفتند. سپس شمارش میکروسکوپی گرده‌ها روی ۳۰ نمونه با فواصل ۱۰ سانتی‌متری به وسیله‌ی میکروسکوپ نوری Laica با بزرگنمایی ۵۰۰ برابر، انجام شد. پس از ترسیم نمودار گرده‌ی اولیه، در نقاطی که برای تبیین و بازسازی رخداد‌های آب‌وهوایی نیاز به مطالعه با قدرت تفکیک بالاتر احساس شد، تعدادی از نمونه‌های با فواصل پنج سانتی‌متری نیز شناسایی و پس از شمارش، نمودار نهایی ترسیم شد.

بررسی میکروسکوپی و شناسایی گرده‌های موجود در نمونه با کمک اطلس‌های گرده‌شناسی مربوط به منطقه‌ی اروپا و شمال آفریقا، انجام گرفت. اطلس موریس ری (REILLE, 1992, 1995, 1998) در سه جلد، اطلس هانس یورگن بویگ (Beug, 2003) و همچنین کلکسیون اسلایدهای گرده‌های امروزی، از جمله مراجع موجود در آزمایشگاه میکروسکوپی مؤسسه‌ی مطالعات اکولوژی و پالتواکولوژی فرانسه هستند که برای شناسایی گرده‌های فسیل گیاهان تا سطح خانواده، جنس یا گونه استفاده شد. طی مرحله‌ی شمارش، دست‌کم تعداد سیصد گرده بدون احتساب گیاهان آبی مانند خانواده‌ی Cyperaceae و همچنین محلی مانند خانواده‌ی بید و میخک، در هر لایه شمارش شد. پس از شمارش گرده‌ها، اطلاعات به دست آمده وارد نرم‌افزار تی.جی.ویو^۲ (Grimm, 2004 & 2005) و نمودار گرده ترسیم شد.

تعداد ۱۴ نمونه برای تعیین سن به روش رادیوکربن به دست آقای دکتر پورمند^۳ برداشت شد و نتایج منتشر نشده‌ی آن در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفت. داده‌های سن سنجی رادیوکربنی نمونه‌ها، بازه‌ی زمانی ۱۲۸۸۵ تا ۷۸۶۲ سال گذشته را پوشش می‌دهد (جدول شماره‌ی ۱).

1. Russian corer

2. TGView

3. Dr. Ali Pourmand, Rosenstiel School of Marine & Atmospheric Science, Division of Marine Geology and Geophysics, University of Miami, 4600 Rickenbacker Causeway, Miami, Florida 33149, USA.

جدول ۱. مشخصه‌های نمونه‌های مورد مطالعه از مغزه رسوبی دریاچه‌ی نئور*

سن برحسب سال پیش از سال ۱۹۵۰ میلادی (year Cal BP)	عمق (میلی‌متر)	نمونه‌های گرفته شده برای مطالعات گرده‌شناسی	سن برحسب سال پیش از سال ۱۹۵۰ میلادی (year Cal BP)	عمق (میلی‌متر)	نمونه‌های گرفته شده برای مطالعات گرده‌شناسی
۱۰۵۰۱	۶۶۰۰	۱۹	۷۸۶۱	۵۰۵۰	۱
۱۰۶۷۱	۶۷۰۰	۲۰	۷۹۴۷	۵۱۰۰	۲
۱۰۸۴۲	۶۸۰۰	۲۱	۸۰۳۲	۵۱۵۰	۳
۱۱۰۱۲	۶۹۰۰	۲۲	۸۱۱۷	۵۲۰۰	۴
۱۱۱۸۲	۷۰۰۰	۲۳	۸۲۰۲	۵۲۵۰	۵
۱۱۳۵۲	۷۱۰۰	۲۴	۸۲۸۷	۵۳۰۰	۶
۱۱۵۲۳	۷۲۰۰	۲۵	۸۴۵۷	۵۴۰۰	۷
۱۱۶۹۳	۷۳۰۰	۲۶	۸۶۲۸	۵۵۰۰	۸
۱۱۸۶۳	۷۴۰۰	۲۷	۸۷۹۸	۵۶۰۰	۹
۱۲۰۳۴	۷۵۰۰	۲۸	۸۹۶۸	۵۷۰۰	۱۰
۱۲۱۱۹	۷۵۵۰	۲۹	۹۱۳۹	۵۸۰۰	۱۱
۱۲۲۰۴	۷۶۰۰	۳۰	۹۳۰۹	۵۹۰۰	۱۲
۱۲۲۸۹	۷۶۵۰	۳۱	۹۴۷۹	۶۰۰۰	۱۳
۱۲۳۷۴	۷۷۰۰	۳۲	۹۶۵۰	۶۱۰۰	۱۴
۱۲۵۴۴	۷۸۰۰	۳۳	۹۸۲۰	۶۲۰۰	۱۵
۱۲۷۱۵	۷۹۰۰	۳۴	۹۹۹۰	۶۳۰۰	۱۶
۱۲۸۸۵	۸۰۰۰	۳۵	۱۰۱۶۰	۶۴۰۰	۱۷
			۱۰۳۳۱	۶۵۰۰	۱۸

* نتایج منتشر نشده‌ی سن سنجی رسوبات دریاچه‌ی نئور به روش کربن ۱۴ (معادله‌ی خطی $Y=1.7029 X - 737.67$, $R^2=0.9878$) که در آن Y سن بر حسب سال واستنجی شده و پیش از زمان حاضر است و X عمق مغزه‌ی رسوبی بر اساس میلی‌متر است.

یافته‌های پژوهش

یافته‌های به‌دست‌آمده از شناسایی و شمارش گرده‌های گیاهی نئور

گرده‌های گیاهی موجود در نمونه‌ها طی مراحل میکروسکوپی شناسایی شدند. در مورد گرده‌هایی که با بیش از یک گونه‌ی گیاهی تولید می‌شوند، کلمه type به کار برده شد. سپس برای به‌دست آوردن فراوانی انواع گیاهان موجود، گرده‌های موجود در هر یک از نمونه‌ها با میکروسکوپ شمردند. در هر عمق، دست کم سیصد دانه‌ی گرده از گیاهان منطقه شمارش شد.

سپس نمودار گرده‌ی دریاچه‌ی نئور بر اساس فراوانی گرده‌های گیاهی به‌دست آمده در مرحله‌ی شمارش

میکروسکوپی، با استفاده از نرم‌افزار تیلیا و تی جی ویو^۱ ترسیم شد. گرده‌های گیاهان آبزی و همچنین گیاهان محلی مانند، خانواده‌ی میخک و بید برای محاسبه‌ی درصد فراوانی گرده‌ها از مجموع گرده‌های گیاهی^۲ حذف شدند. در مرحله‌ی شناسایی و شمارش گرده‌های گیاهی، هرچه دقت بیشتری اعمال شود، نمودار گرده و درصد فراوانی گرده‌ها با دقت بیشتری تهیه و محاسبه می‌شود. در منطقه‌ی نئو، به دلیل کم بودن گرده‌های گیاهی در نمونه‌های مورد مطالعه، این مرحله زمان زیادی را به خود اختصاص داد. برای هر لایه به‌طور متوسط حدود ۱۲ تا ۲۵ اسلاید شمارش شد تا تعداد ۳۰۰ گرده از مجموع گونه‌های گیاهی منطقه شمرده شود. نمودار گرده‌ی مربوط به گونه‌های گیاهی درختی، علفی و آبزی منطقه‌ی نئو در شکل‌های ۲، ۳ و ۴ نشان داده شده است.

توصیف نمودارهای گرده

نمودار گرده‌ی دریایچه‌ی نئو بر اساس داده‌های سن به‌دست آمده از روش رادیوکربنبا استفاده از معادله‌ی خطی (نتایج منتشر نشده)، محدوده‌ی سنی ۷۸۶۲ تا ۱۲۸۸۵ سال پیش^۳ را به ترتیب از عمق ۵۰۵ تا ۸۰۰ سانتی‌متر پوشش می‌دهد (جدول شماره‌ی ۱ و شکل‌های شماره‌ی ۲ و ۳). در منطقه‌ی نئو در مجموع دو گروه اصلی گرده‌ای (PAZ)^۴ و پنج زیرمجموعه مشخص شده است. در این قسمت تلاش می‌شود که با توصیف گروه‌های اصلی گرده و توسعه‌ی پوشش گیاهی بر اساس تغییرات اصلی در نمودار گرده، به ترتیب تغییرات پوشش گیاهی منطقه توصیف و تفسیر شود.

مجموعه‌ی گرده‌ای زون A₁ (از ۷۸۰ تا ۸۰۰ سانتی‌متر، ۱۲۷۰۰ تا ۱۲۸۸۵ هزار سال پیش)

اجتماع گرده‌ای A₁ فاصله‌ی ۷۶۵ تا ۸۰۰ سانتی‌متری بخش پایینی مغزه‌ی رسوبی را دربرمی‌گیرد و دوره‌ی زمانی ۱۲۲۸۹ تا ۱۲۸۸۵ سال پیش از زمان حال را پوشش می‌دهد. براساس نمودار، به‌طور متوسط تعداد مجموع گرده‌های شمارش شده برابر ۵۳۱ است. از مجموع گرده‌ها، به ترتیب به‌طور متوسط ۹۴/۷ درصد گیاهان علفی و ۵/۳ درصد گیاهان درختی و درختچه‌ای (AP)^۵ هستند. گرده‌ی گیاهان درختی، به ترتیب شامل جنس‌های *Ephedra* به‌طور متوسط (۲/۶ درصد)، بلوط (۱/۸ درصد)، راش (۰/۴ درصد)، توس *Betula* (۰/۱ درصد) و افرا (۰/۱) درصد است که از بین آنها، گرده‌ی گیاهان درختی رطوبت‌پسند^۶، مانند بید در این زون به‌طور متوسط برابر ۱۰/۸ درصد است. این مقدار نسبت به درصد فراوانی بید در سایر زون‌ها بیشتر است. گیاهان علفی به‌طور عمده در این مجموعه، شامل خانواده‌های اسفناجیان^۷ به‌طور متوسط (۲۶ درصد)، درمنه^۸ (۱۹/۴ درصد) و گندمیان^۹ (۶/۲ درصد) است. مقدار گیاهان آبزی نیز در این زون حداکثر است و مجموع گیاهان آبزی به‌طور عمده متشکل از خانواده *Cyperaceae* است.

1. Tilia & TGView

2. Pollen Sum

۳. منظور از پیش از زمان حال، پیش از سال ۱۹۵۰ میلادی یا ۱۳۲۰ هجری شمسی است

4. Pollen assemblage zones

5. Arboreal pollen

6. Riparian Tree

7. Chenopodiaceae

8. Artemisia

9. Poaceae

مجموعه‌ی گرده‌ای زون A₂ (از ۷۴۰ تا ۷۸۰ سانتی‌متر، ۱۱۸۰۰ تا ۱۲۷۰۰ هزار سال پیش)

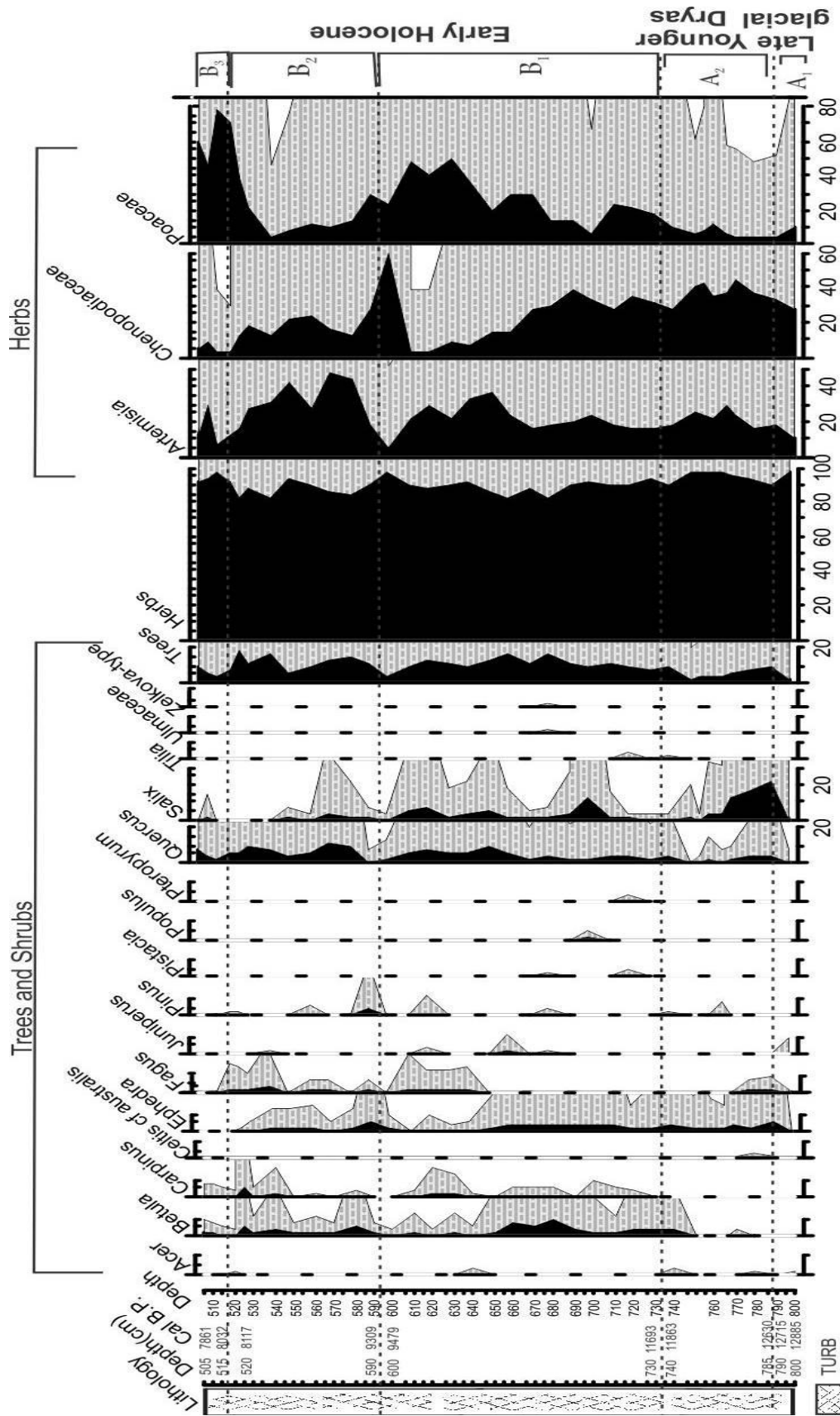
زون A₂ که فاصله‌ی ۷۴۰ تا ۷۸۰ سانتی‌متری مغزه‌ی رسوبی را شامل می‌شود، بازتابی از تغییرات بازه‌ی زمانی ۱۱۸۰۰ تا ۱۲۷۰۰ سال قبل است. تغییرات پوشش گیاهی طی این زون نسبت به زون A₁ قابل توجه است. این زون با کاهش گرده‌های گیاهی، به‌خصوص گونه‌های درختی مشخص شده است. درصد گونه‌های علفی و درختی، به‌ترتیب در این مجموعه‌ی گرده‌ای به‌طور متوسط ۹۵/۶ و ۴/۴ درصد است. گیاهان درختی به‌ترتیب شامل، ریش بز *Ephedra* به‌طور متوسط (۲/۳ درصد)، بلوط (۱/۲ درصد)، توس *Betula* (۰/۷ درصد) و افرا (۰/۱ درصد) است. نکته‌ی قابل توجه در این زون، حذف تعدادی از گونه‌های درختی مانند راش است. گیاهان درختی در این مجموعه‌ی گرده‌ای، به‌طور متوسط ۴/۴ درصد است که از بین گیاهان درختی، گیاهان درختی رطوبت‌پسند، مانند بید، در این زون نسبت به زون A₁ کاهش یافته است و به‌طور متوسط برابر ۱/۵ درصد است. گیاهان علفی به‌طور عمده در این مجموعه‌ی گرده‌ای شامل خانواده‌های اسفناجیان به‌طور متوسط (۳۶/۸ درصد)، درمنه (۲۲/۵ درصد)، *Asterioideae* (۱۰/۵ درصد)، گندمیان (۹/۵ درصد) است. مقدار گیاهان آبی نیز در این زون حداکثر است و مجموع گیاهان آبی به‌طور عمده متشکل از خانواده‌ی *Cyperaceae* و *Myriophyllum* است. همچنین خانواده‌ی میخک حدود ۸/۷ درصد است. (شکل‌های شماره‌ی ۲، ۳ و ۴).

مجموعه‌ی گرده‌ای زون B₁ (از ۷۳۰ تا ۶۰۰ سانتی‌متر، ۹۴۰۰ تا ۱۱۶۰۰ هزار سال پیش)

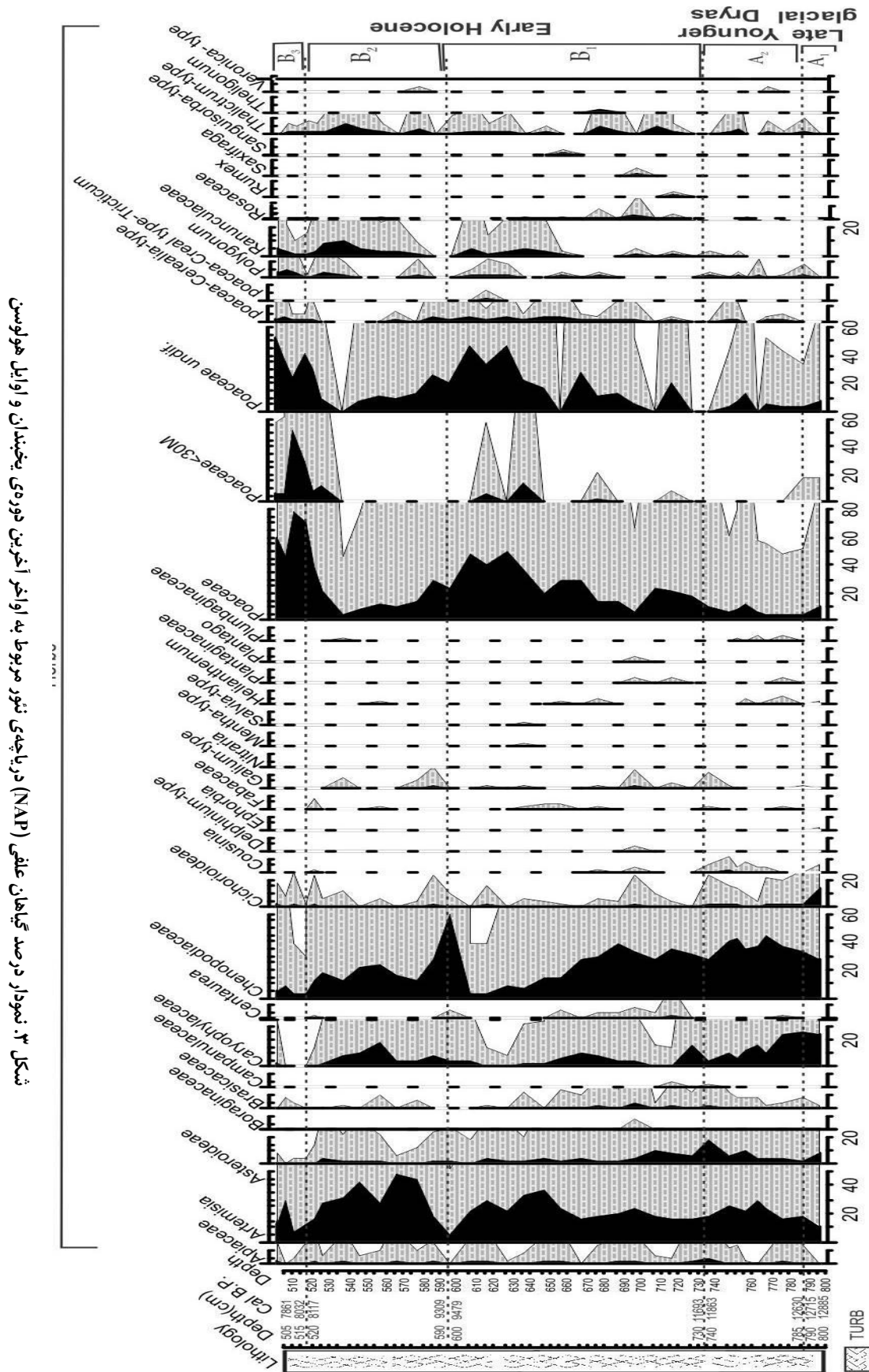
مجموعه‌ی گرده‌ای زون B₁، فاصله‌ی ۶۰۰ تا ۷۳۰ سانتی‌متری مغزه‌ی رسوبی را دربرمی‌گیرد و دوره‌ی زمانی ۹۴۷۹ تا ۱۱۶۹۳ سال پیش از زمان حال را پوشش می‌دهد. از مجموع گرده‌ها، به‌ترتیب به‌طور متوسط ۸۹/۳ درصد گیاهان علفی و ۱۰/۷ درصد گیاهان درختی هستند. گیاهان درختی در این مجموعه‌ی گرده‌ای به‌طور متوسط ۵/۳ درصد است که از بین گیاهان درختی، گیاهان درختی رطوبت‌پسند مانند بید، به‌طور متوسط برابر ۲/۹ درصد است. گیاهان علفی به‌طور عمده در این مجموعه‌ی گرده‌ای شامل خانواده‌های گندمیان به‌طور متوسط ۲۶/۹، اسفناجیان ۲۳/۹ و درمنه ۲۱/۷ درصد است. گیاهان آبی به‌طور عمده متشکل از خانواده‌ی *Cyperaceae* و گیاه *Thypha latifolia* و *Myriophyllum* است (شکل شماره‌ی ۴).

مجموعه‌ی گرده‌ای زون B₂ (از ۵۲۰ تا ۵۹۰ سانتی‌متر، ۸۱۰۰ تا ۹۳۰۰ هزار سال پیش)

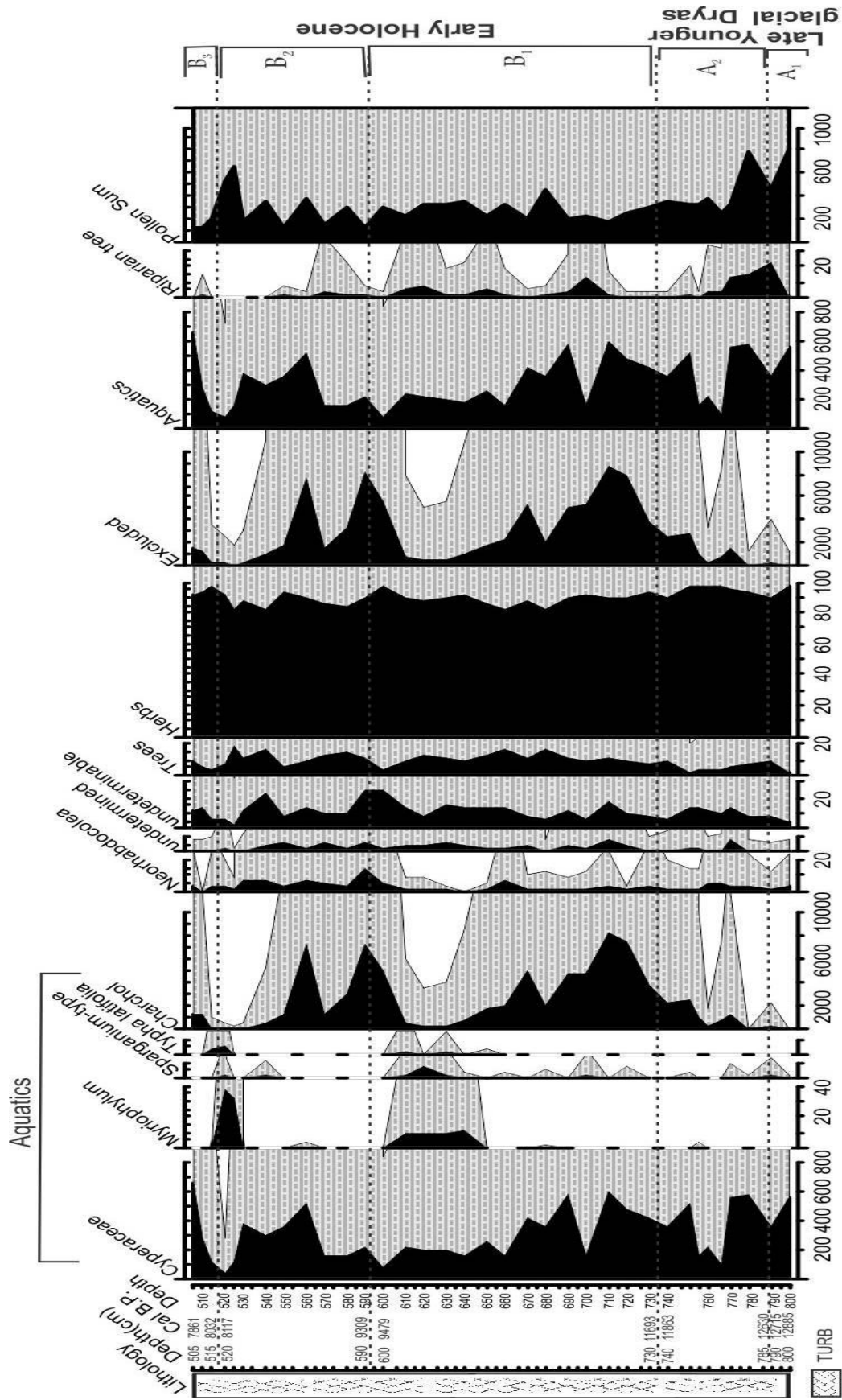
مجموعه‌ی گرده‌ای B₂، فاصله‌ی ۵۲۰ تا ۵۹۰ سانتی‌متری انتهای مغزه‌ی رسوبی را دربرمی‌گیرد و دوره‌ی زمانی ۸۱۱۷ تا ۹۳۰۹ سال پیش را پوشش می‌دهد. مجموع گرده‌ای زون B₂، نسبت به منطقه‌ی قبلی دارای مجموع گرده‌ی بیشتری (به‌طور متوسط مقدار ۳۱۸) است. درصد گیاهان علفی و درختی در این زون به‌طور متوسط به‌ترتیب برابر ۸۷/۷ و ۱۲/۲ درصد است. گیاهان درختی در این مجموعه‌ی گرده‌ای به‌طور متوسط ۱۲/۲ درصد است که به‌ترتیب شامل ریش بز *Ephedra* به‌طور متوسط (۱/۳ درصد)، بلوط (۶/۳ درصد)، راش (۱ درصد)، ممرز *Carpinus* (۱ درصد) و توس *Betula* (۲ درصد) است (شکل‌های ۳ و ۴).



شکل ۳. نمودار درصد گردگی گیاهان درختی و درختچه‌ای (AP) دریاچهی نئور مربوط به اواخر آخرین دوره‌ی یخبندان و اوایل هولوسن



شکل ۳. نمودار درصد گیاهان علفی (NAP) دریاچهای نئور مربوط به اواخر آخرین دوره یخبندان و اوایل هولوسن



شکل ۴. نمودار گرده، نمایش منحنی گردههای رطوبت‌پسند و آبی، نمودار فراوانی زغال، مجموع گردههای درختی و علفی مغزه رسوبی دریاچهی نئور اواخر دوره یخچالی و هولوسن

از بین گیاهان درختی، گیاهان درختی رطوبت‌پسند مانند بید، در این زون نسبت به زون قبلی یکباره کاهش یافته است و به‌طور متوسط برابر ۰/۹ درصد است. گیاهان علفی به‌طور عمده در این مجموعه‌ی گرده‌ای، شامل خانواده‌های گندمیان به‌طور متوسط (۲۳/۱ درصد)، اسفناجیان (۱۶/۴ درصد) و درمنه (۲۹/۹ درصد) است. مجموع گیاهان علفی آبی‌زی به‌طور عمده متشکل از گیاهان *Myriophyllum*، *Thypha latifolia* و خانواده‌ی Cyperaceae است. مجموع گرده‌های زون B₂ به‌طور متوسط دارای بیشترین درصد *Myriophyllum* (۷/۸ درصد) نسبت به سایر زون‌ها است. در این زون دوباره فراوانی درختان افزایش یافته است، به‌طوری‌که در طول نمودار گرده، متوسط درصد فراوانی در این زون به حداکثر و حدود ۱۲ درصد است.

در این دوره به تدریج گیاه علفی درمنه به حداکثر فراوانی خود رسیده است. در پایان این زون دوباره گونه‌های درختی کاهش یافته‌اند. از مهم‌ترین تغییرات این زون می‌توان به حداکثر درصد فراوانی زغال اشاره کرد. تغییرات پوشش گیاهی درختان رطوبت‌پسند در مقابل درختان این زون به‌نسبت هماهنگ است، اما در انتهای زون B₂ کمابیش از پوشش گیاهی منطقه حذف شده است.

مجموعه‌ی گرده‌ای زون B₃ (از ۵۰۵ تا ۵۱۵ سانتی‌متر، ۷۸۶۲ تا ۸۰۳۲ هزار سال پیش)

مجموعه‌ی گرده‌ای B₃، فاصله‌ی ۵۰۵ تا ۵۱۵ سانتی‌متری انتهای مغزه‌ی رسوبی را دربرمی‌گیرد و دوره‌ی زمانی ۷۸۶۲ تا ۸۰۳۲ سال پیش از زمان حال را پوشش می‌دهد. مجموع گرده‌های شمارش شده در این بخش از نمودار، کمتر از بخش‌های دیگر است. از مجموع گرده‌ها، به‌ترتیب به‌طور متوسط ۹۴ درصد گیاهان علفی و ۶ درصد گیاهان درختی هستند. گیاهان علفی به‌طور عمده در این مجموعه، شامل خانواده‌های گندمیان به‌طور متوسط (۶۱/۴ درصد)، درمنه (۱۵/۷ درصد) و اسفناجیان (۶/۳ درصد) است. گیاهان درختی به‌ترتیب شامل بلوط به‌طور متوسط (۴/۶ درصد)، ممرز *Carpinus* (۰/۷ درصد) و توس *Betula* (۰/۷ درصد) است. گیاهان درختی رطوبت‌پسند که در محاسبه‌ی مجموع گرده‌ها در نظر گرفته نشد، در این مجموعه گرده‌ای به‌طور متوسط ۵/۳ درصد است که از بین این گیاهان، درختان رطوبت‌پسند بید در این زون به‌طور ناگهانی ظاهر شده‌اند و سپس به‌سرعت کاهش یافته و دوباره از پوشش گیاهی حذف شده‌اند. درصد فراوانی گیاه بید در این زون به‌طور متوسط برابر ۰/۵ درصد است. این درحالی است که درصد فراوانی گیاهان علفی آبی‌زی در این زون افزایش یافته است و مجموع گیاهان آبی‌زی به‌طور عمده متشکل از خانواده‌ی Cyperaceae و گیاه *Thypha latifolia* است (شکل‌های ۲، ۳ و ۴). براساس نمودار گرده، این زون که نماینده‌ی مراحل پایانی هولوسن پیشین و مرحله‌ی گذار از هولوسن پیشین به هولوسن میانی است، همراه با کاهش درصد فراوانی زغال و کاهش گونه‌های درختی است (شکل شماره‌ی ۳).

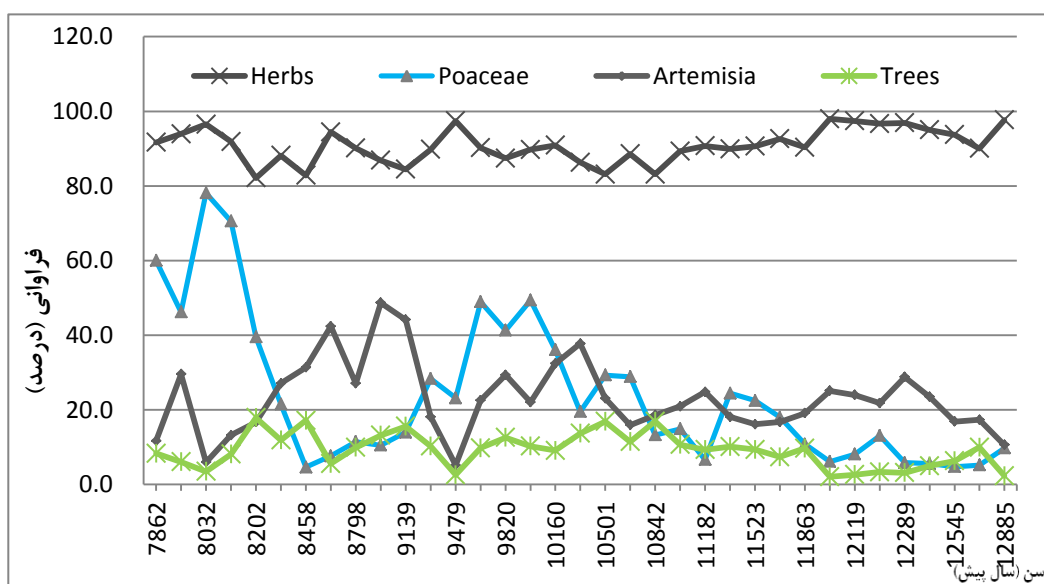
بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش پالینولوژیک با هدف بررسی تغییرات آب‌وهوایی دیرینه و بازسازی شرایط محیطی و پوشش گیاهی منطقه‌ی نئور، طی دوره‌ی دیربخندان و اوایل هولوسن انجام شد. با بررسی نمودار گرده و اطلاعات مربوط به تغییر فراوانی

گرده‌های درختی، علفی و آبی، می‌توان در منطقهی نئور دو دوره‌ی زمانی اصلی یا زون مشخص اصلی را شناسایی کرد. این دوره‌ها به ترتیب شامل زون A دوره‌ی دیربخندان و B هولوسن پیشین است. براساس تغییرات پوشش گیاهی به دست آمده از نمودار گرده‌ی دریاچه‌ی نئور، به ترتیب دوره‌ی دیربخندان A به دو زیردوره‌ی دیربخندان A₁ (بازه‌ی زمانی از ۱۲۸۸۵ تا ۱۲۷۰۰ سال پیش) و یانگردریاس A₂ (دوره‌ی زمانی از حدود ۱۲۷۰۰ تا ۱۱۶۰۰ سال پیش) و هولوسن پیشین B به سه زیردوره‌ی B₁ (بازه‌ی زمانی از حدود ۱۱۶۰۰ تا ۹۳۰۰ سال پیش)، B₂ (بازه‌ی زمانی از حدود ۹۳۰۰ تا ۸۱۰۰ سال پیش) و B₃ (بازه‌ی زمانی از حدود ۸۱۰۰ تا ۷۸۰۰ سال پیش) بخش می‌شود.

تفسیر تغییرات فراوانی گرده‌ها از جنبه‌ی پالئوکولوژیک و دیرینه‌ی آب‌وهواشناسی

با نگاه کوتاهی به نمودار گرده مشخص می‌شود که در منطقه‌ی نئور، گرده‌های گیاهان علفی شامل سه خانواده‌ی اسفناجیان، درمنه و گندمیان، به ترتیب گیاهان غالب غیر آبی در دوره‌ی دیربخندان و هولوسن پیشین بوده‌اند. تغییرات فراوانی گونه‌های علفی خانواده‌ی درمنه و گندمیان در هولوسن پیشین، در منطقه‌ی نئور برعکس عمل کرده است. این ویژگی در سایر مناطق شمال غرب ایران، همچون دریاچه‌ی ارومیه نیز دیده شده است (Bottema, 1985). مقایسه‌ی درصد فراوانی گرده‌های درختی با گرده‌های علفی، نشان می‌دهد که زیاد شدن پوشش گیاهان علفی همزمان با کاهش پوشش درختی است و این تغییرات نیز آینه‌وار در شکل شماره‌ی ۵ دیده می‌شود.



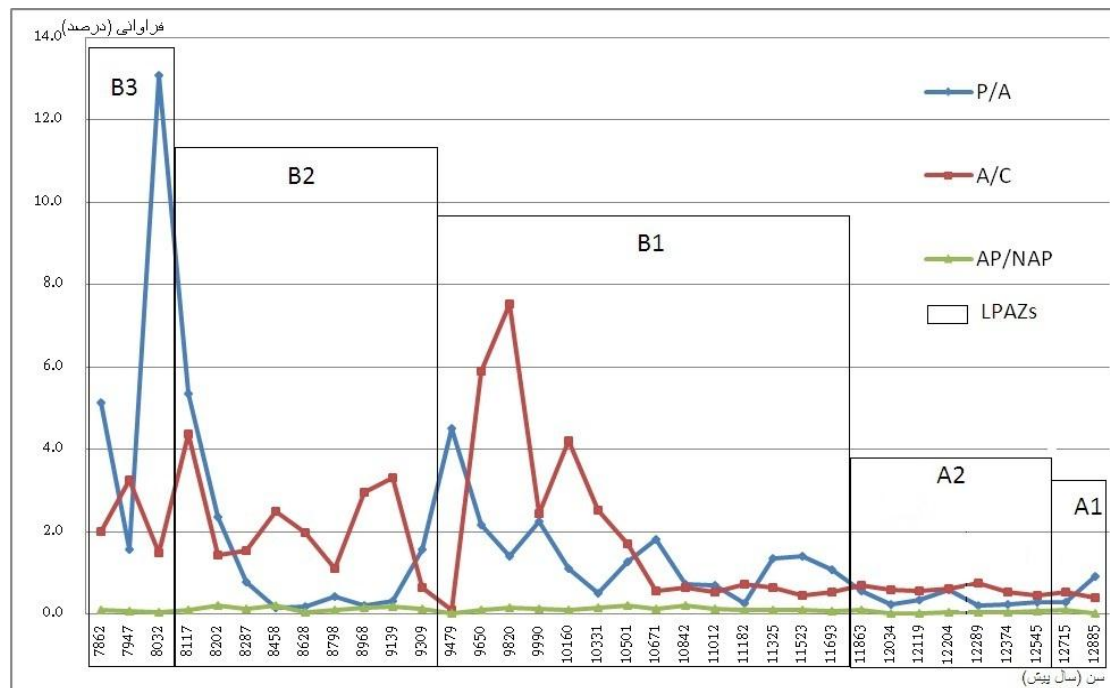
شکل ۵. مقایسه‌ی تغییرات گرده‌های درختی و علفی دریاچه‌ی نئور

ترسیم بر اساس آمار به دست آمده از ترسیم نمودار گرده با نرم‌افزار تی.جی ویو

بازسازی و شناسایی فازهای رطوبتی با استفاده از شاخص رطوبتی مناسب

در گرده‌شناسی برای تفسیر و تحلیل نمودارهای گرده در ارتباط با اقلیم گذشته، بر اساس هدف پژوهشگر، از شاخص‌های گرده‌ای استفاده می‌شود. این شاخص‌ها از نسبت فراوانی گرده‌های گیاهی به دست می‌آیند و می‌توان از آنها برای بررسی

آب‌وهوای گذشته منطقه استفاده کرد (El-Moslimany, 1987). شاخص‌های رطوبتی محاسبه شده برای منطقه‌ی نئور عبارتند از، نسبت درصد گرده‌ی خانواده‌ی گندمیان به درمنه (P/A)، خانواده‌ی درمنه به اسفناجیان (A/C) و نسبت گرده‌های درختی به علفی^۱ (AP/NAP). به نظر می‌رسد محاسبه‌ی این سه شاخص رطوبتی، می‌تواند نماینده‌ی خوبی برای تفسیر و بازسازی شرایط محیطی منطقه‌ی نئور باشد (شکل شماره‌ی ۶). بر اساس شکل شماره‌ی ۶، کمترین درصد پوشش گیاهی درختی، همزمان با مقادیر کم گونه‌های علفی درمنه و گندمیان در دوره‌ی دیریخبندان و همچنین فازهایی از هولوسن پیشین رخ داده است. تغییرات پوشش گیاهی و تحلیل و تفسیر نمودار گرده‌ی دریاچه‌ی نئور نشان داد که به احتمال، زون A₁ همزمان با فاز گرم Allerød-Bølling در انتهای دوره‌ی دیریخبندان است. بر اساس مطالعات انجام شده، درجه حرارت میانگین ماه ژوئیه در پایان دوره‌ی دیریخبندان (فاز گرم Allerød-Bølling)، در غرب و مرکز اروپا تنها ۲-۳ درجه سانتی‌گراد کمتر از زمان فعلی بوده است (Van Ziest & Bottema, 1977). بر این اساس برآورد می‌شود که طی این دوره، حتی در ارتفاعات بالاتر مانند منطقه‌ی نئور، درجه حرارت عامل محدود کننده‌ی رشد درخت نبوده است. منطقه‌ی نئور با ارتفاع حدود ۲۵۰۰ متر از سطح دریا، در این زون دارای پوشش استپی اسفناجیان، درمنه و گندمیان، به همراه درختچه‌های افرا و بلوط بوده است. دریاچه‌ی زیروار با ارتفاع حدود ۱۳۰۰ متر در دوره‌ی زمانی ۱۰۵۰۰ تا ۱۴۰۰۰ سال پیش، همزمان با دوره‌ی دیریخبندان و یخبندان وورم اروپا، شاهد افزایش جهانی درجه حرارت تنها تا حدود ۲-۳ درجه سانتی‌گراد کمتر از مقدار امروزی است. به نظر می‌رسد با بهبود شرایط رشد درختان در این زمان در زیروار، افزایش کمی در مقدار گرده‌های درختی بلوط و پسته رخ داده است. به احتمال خشکی عامل جلوگیری از رشد بیشتر درختان شده است. افزایش فراوانی گیاهان اسفناجیان نشان می‌دهد که درجه حرارت افزایش یافته و شرایط خشکی همچنان برقرار بوده است (Van Ziest & Bottema, 1991). در منطقه‌ی وان ترکیه با ارتفاع ۱۶۵۰ متر در دوره‌ی دیریخبندان، یعنی از ۱۲۷۰۰ تا ۱۰۴۶۰ سال گذشته، همزمان با دوره‌ی سرد و خشک با پوشش استپی غالب از خانواده‌های اسفناجیان، آرتمیذیا، چتریان و درختچه‌های افرا همراه با افزایش شوری آب دریاچه بوده است (Wick et al., 2003). در منطقه‌ی نئور تغییرات پوشش گیاهی درختی نسبت به گیاهان درختی آبی نیز، در این دوره کمابیش با تغییرات درختان هماهنگ است و ابتدا افزایشی و در اواخر دوره‌ی دیریخبندان کاهش است. به احتمال شرایط رطوبتی برای رشد درختانی همچون بید مناسب نبوده است (شکل شماره‌ی ۲). در دوره‌ی سرد یانگردریاس، یعنی در فاصله‌ی زمانی حدود ۱۲۷۰۰ تا ۱۲۸۰۰ سال پیش، پوشش گیاهی درختی به شدت کاهش یافته و پوشش علفی از نوع اسفناجیان غالب شده است. در پایان دوره‌ی سرد یانگردریاس، یعنی از حدود ۱۱۸۶۳ سال پیش، پوشش گیاهی درختی دوباره شروع به افزایش می‌کند. در هولوسن پیشین (مجموعه‌ی B) در حدود ۹۴۷۹ سال پیش، حداقل شاخص A/C نشانه‌ی زیاد شدن خانواده‌ی اسفناجیان و همزمان با حداقل گونه‌های درختی است. به نظر می‌رسد دوره‌ی خشک هولوسن پیشین در این زمان رخ داده باشد.

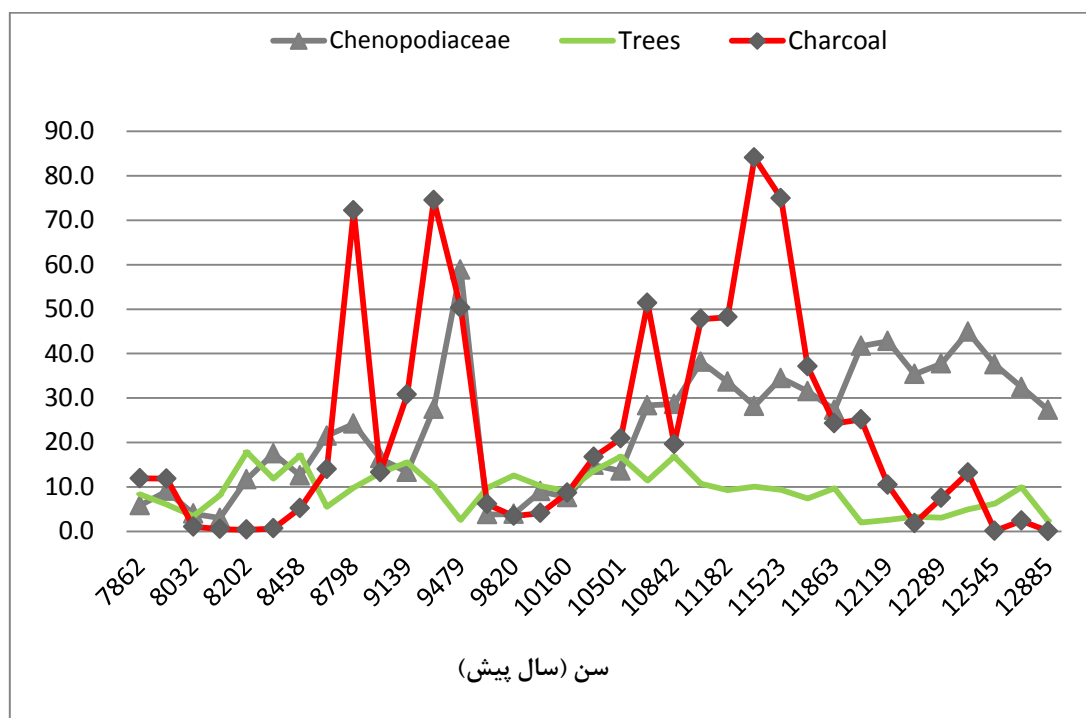


شکل ۶. مقایسه‌ی سه شاخص رطوبتی شامل نسبت فراوانی گرده‌ی خانواده گندمیان به درمنه (P/A)، نسبت فراوانی گرده‌ی درمنه به اسفناجیان (A/C) و نسبت فراوانی گرده‌های درختی به علفی (AP/NAP). (هر یک از اجتماعات گرده‌ای (PAZ)، در داخل مستطیل به‌طور جداگانه نشان داده شده‌اند. افزایش هر کدام از این شاخص‌ها نشان دهنده‌ی افزایش رطوبت یا کاهش تبخیر است).

با محاسبه‌ی شاخص‌های گرده‌ای AP/NAP و P/A نیز، می‌توان دو دوره‌ی مرطوب در هولوسن پیشین را شناسایی کرد. دو دوره‌ی مرطوب در هولوسن پیشین به ترتیب حدود ۹۶۵۰ سال پیش و دیگری در حدود ۸۲۰۲ سال گذشته، همزمان با حداقل فراوانی گیاهان خانواده‌ی اسفناجیان و حداکثر شاخص A/C است. رخداد اخیر کمابیش می‌تواند با وقایع معروف ۸۲۰۰ سال پیش در ارتباط باشد. حدود ۸۲۰۰ سال پیش، در هولوسن پیشین پدیده‌ی نامنتظره‌ای رخ داد. این پدیده که به رخداد ۸۲۰۰ سال پیش معروف است، برای نخستین بار در مغزه‌ی یخی گرینلند در نیمکره‌ی شمالی شناسایی شد. دانشمندان نشان داده‌اند که طی دو دهه، درجه حرارت حدود ۳/۳ درجه سلسیوس کاهش یافت (Alley et al., 1997; Kobashi et al., 2007). به‌طور کلی این دوره‌ی سرد حدود ۱۵۰ سال طول کشید و سپس با گرم شدن هوا، درجه حرارت دوباره به میزان قبلی رسید (Kobashi et al., 2007; Thomas et al., 2007) (شکل شماره‌ی ۶).

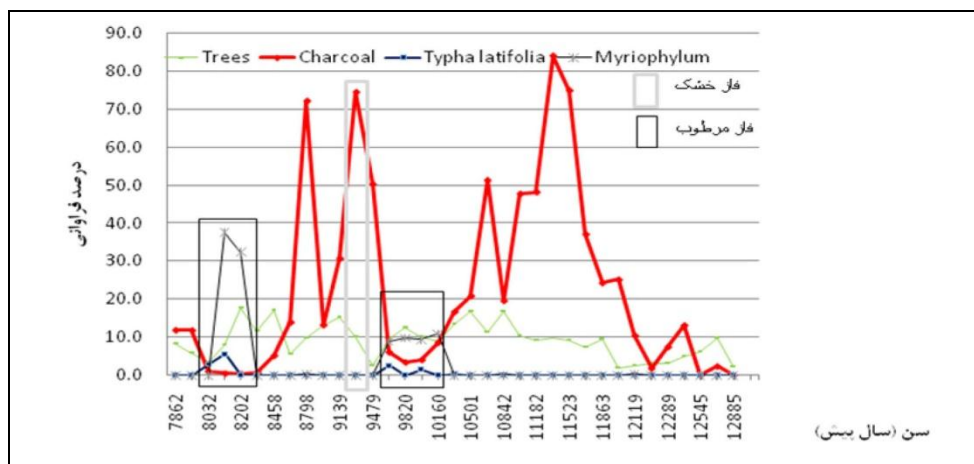
تحلیل و تفسیر نمودار گرده به‌همراه محاسبه‌ی شاخص‌های گرده‌ای، نشان داد که در بخش‌هایی از هولوسن پیشین، فاز خشکی در منطقه دیده می‌شود که با حداکثر فراوانی گرده‌های گیاهان علفی مانند خانواده‌ی اسفناجیان هماهنگ است. از آنجا که افزایش ریزدانه‌های زغال^۱ در اوایل هولوسن، می‌تواند نشانه‌ی افزایش شدت و فراوانی آتش‌سوزی مناطق استپی باشد (Wick et al., 2003) با بررسی نمودار گرده و فراوانی زغال در منطقه‌ی نئور، فراوانی

ذرات زغال در زون B₁, B₂ اوایل هولوسن بیشتر است. در حال حاضر شواهدی که بتوان افزایش فراوانی زغال را نتیجه‌ی بروز آتش‌سوزی منطقه در ارتباط با دخالت انسان در این دوره دانست موجود نیست. با مقایسه‌ی تغییرات فراوانی زغال با فراوانی گرده‌های گیاهی، به نظر می‌رسد که آهنگ تغییرات فراوانی زغال، مشابه آهنگ تغییرات فراوانی گرده‌های خانواده‌ی اسفنجیان است. براساس شکل شماره‌ی ۷ به نظر می‌رسد حدود ۹۴۰۰ سال پیش، فاز خشکی همزمان با حداکثر فراوانی زغال، حداقل پوشش درختی و حداکثر پوشش خانواده‌ی اسفنجیان رخ داده است.



شکل ۷. مقایسه‌ی تغییرات فراوانی زغال و گرده‌های گیاهان خانواده‌ی اسفنجیان و گرده‌های درختی دریاچه‌ی نئور ترسیم بر اساس آمار مستخرج از ترسیم نمودار گرده با نرم‌افزار تی.جی ویو

چینه‌شناسی رسوبات دریاچه‌ی نئور، نشان‌دهنده‌ی وجود تورب در تمام طول مغزه‌ی رسوبی است. بنابراین می‌توان فراوانی گرده‌های گیاهان آبی را مرتبط با شرایط تورب‌زار دانست. نوع گرده‌های گیاهی آبی در آخرین دوره‌ی یخبندان و هولوسن، کمابیش با گرده‌های امروزی منطقه مانند گیاهان خانواده‌ی *Cyperaceae* تطابق دارد. با بررسی فراوانی گرده‌های گیاهان آبی (شکل شماره‌ی ۴) تغییرات فراوانی گرده‌های علفی رطوبت‌پسندی چون *Typha latifolia* و *Myriophyllum* و همچنین فراوانی حداقل درصد ذرات زغال در بخش‌هایی از هولوسن پیشین B₂ و B₃ همزمان با دو دوره‌ی مرطوب است و وجود این دو دوره را تأیید می‌کند (شکل‌های شماره‌ی ۷ و ۸).



شکل ۸. نمایش فازهای مرطوب و خشک هولوسن و مقایسه‌ی تغییرات فراوانی گرده‌های گیاهان علفی آبی به همراه گرده‌های درختی و ذرات زغال در منطقه‌ی نئور

ترسیم بر اساس آمار مستخرج از ترسیم نمودار گرده توسط نرم‌افزار تی.جی ویو

با در نظر گرفتن داده‌های سن سنجی و مقایسه‌ی نتایج منطقه‌ی نئور با سایر مناطق نظیر دریاچه‌ی زیروار، ارومیه و وان ترکیه، به نظر می‌رسد که تغییرات پوشش گیاهی از نظر زمانی، دارای هماهنگی کامل با سایر مناطق شمال غرب کشور مانند ارومیه و زیروار نیست. همچنین دریاچه‌ی نئور دارای ترکیب پوشش گیاهی و آب‌وهوایی متفاوتی نسبت به سایر دریاچه‌های شمال غرب ایران، نظیر زیروار و آسیای جنوب غربی طی دوره‌ی دیرینه‌اند و هولوسن است. به نظر می‌رسد شروع دوره‌ی یانگردریاس و هولوسن پیشین در حوزه دریاچه‌ی نئور، نسبت به سایر دریاچه‌های شمال غرب نظیر ارومیه یا وان ترکیه - که ارتفاع کمتری نسبت به دریاچه‌ی نئور دارند - متفاوت باشد. با محاسبه‌ی شاخص‌های اقلیمی منطقه‌ی نئور مانند نسبت خانواده‌ی گندمیان به درمنه (P/A)، درمنه به اسفنجیان (A/C)، گونه‌های درختی به علفی (AP/NAP) و همچنین بررسی تغییرات فراوانی زغال، به نظر می‌رسد که طی هولوسن پیشین، دو فاز مرطوب به ترتیب در حدود ۹۶۵۰ و در ۸۲۰۲ سال پیش و همچنین یک فاز خشک در حدود ۹۴۷۹ سال پیش رخ داده باشد. به ترتیب فاز خشک همراه با حذف پوشش درختان، افزایش گیاهان خانواده‌ی اسفنجیان و حداکثر فراوانی زغال در منطقه و فاز مرطوب با افزایش پوشش گیاهی از نوع جنگلی - استپی، غلبه‌ی گیاه درمنه و کاهش فراوانی زغال همراه بوده است. به نظر می‌رسد این دو دوره‌ی مرطوب با حداکثر فراوانی گونه‌های علفی رطوبت‌پسند نظیر *Typha latifolia* و *Myriophyllum* و حداقل درصد زغال در ارتباط باشد (شکل شماره ۸). مطالعه‌ی موردی دریاچه‌ی نئور در شمال غرب ایران به روش گرده‌شناسی، توانایی این روش را در یافتن شاخص‌های مطالعه‌ی آب‌وهوای دیرینه تأیید می‌کند.

سپاسگزاری

از همکاری اساتید محترم مؤسسه‌ی تحقیقات اکولوژی و دیرینه اقلیم‌شناسی مدیرانه‌ی فرانسه (IMEP)، آقایان دکتر جمالی، دکتر پونل، خانم دکتر پونل و آقای دکتر پورمند عضو هیئت علمی دانشگاه میامی آمریکا و مساعدت مرکز ملی اقیانوس‌شناسی (INIO) در انجام این پژوهش قدردانی می‌شود.

منابع

- رمضانی کاکرودی، الیاس. ۱۳۸۷. بررسی پالینولوژیک (گرده‌شناسی) تحول جنگل‌های خزری در هولوسن و کاربردهای جنگل‌شناسی آن (مطالعه‌ی موردی: جنگل‌های ماشالک نوشهر)، پایان‌نامه‌ی دکتر، دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
- زهری، میکائیل. ۱۳۸۳. درباره‌ی ساختار ژئوبوتانیکی ایران، مترجم: هنریک مجنونیان، دایره‌ی سبز، چاپ اول، سازمان حفاظت محیط زیست، تهران.
- سازمان محیط زیست. ۱۳۷۸. مطالعه‌ی جامع اکوسیستم حناس دریاچه‌ی نئور، گزارش زمستان. شهرابی، مصطفی. ۱۳۷۳. دریاها و دریاچه‌های ایران، طرح تدوین کتاب، سازمان زمین‌شناسی کشور، تهران.
- عباسی جغنا، علی. ۱۳۸۴. بررسی عوامل مؤثر در تشکیل و تکامل دریاچه‌ی نئور و نقش آن در بهره‌برداری و توریسم، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، گرایش ژئومورفولوژی، دانشکده‌ی جغرافیا، دانشگاه تهران.
- عزیزی، قاسم. ۱۳۸۳. تغییر اقلیم، انتشارات قومس، تهران.
- قوبدل سیوکی، محمد. ۱۳۷۱. مبانی پالینولوژی، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور، تهران.
- معتمد، احمد. ۱۳۷۰. نگاهی به شرایط آب‌وهوایی ایران مرکزی، مجله‌ی دانشکده‌ی علوم، دوره‌ی اول، ج ۱۷، صص. ۳۱-۲۳.
- معتمد، احمد. ۱۳۸۲. جغرافیای کواترنر، چاپ اول، انتشارات سمت، تهران.
- میمندی نژاد، محمد جواد. ۱۳۴۸. اکولوژی، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
- نژادستاری، طاهر. ۱۳۵۷. مطالعه‌ی سیستماتیک جلبک‌های دریاچه‌ی نئور، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد دانشکده‌ی علوم، گروه زیست‌شناسی، دانشگاه تهران.
- Abasi Jaghanab, A., 2005, **The Identification of Effective Factors information of Lake Neor and It's Role in Tourism**, Master Dissertation, University of Tehran, Iran.
- Alley, R.B., Mayewski, P.A., Sowers, T., Stuiver, M., Taylor, K.C., and Clark P.U., 1997, **Holocene Climatic Instability: A Prominent, Widespread Event 8,200 Years Ago**, Geology, No.25, PP. 483-486.
- Azizi, Gh., 2004, **Climate Change**, Ghoms Publication, Tehran.
- Beug H.J., 2004, **Atlas: Leitfaden der Pollenbestimmung fur Mitteleuropa und angrenzende Gebiete**, Published by Verlag Dr Friedrich Pfeil, Göttingen.
- Bobek, H., 1937, **Nature and Implications of Quaternary Climatic Changes in Iran**, Proceedings of Symposium on Changes of Climate with Special Reference to and Zones, Rome, UNESCO, PP. 403-413.
- Bottema, S., 1985, **a Late Quaternary pollen Diagram from Lake Urmia (Northwest of Iran)**, Review of Palaeobotany and Palynology, No. 47, PP. 241-261.
- Djamali, M, de Beaulieu, J. L., Miller N. F, Andrieu-Ponel, V., Ponel, P., Lak, R., Sadeddin, N., Akhiani, H., Fazeli, H., 2009 b, **Vegetation History of the SE Section of the Zagros Mountains During the Last Five Millennia; a Pollen Record from the Maharlou Lake, Iran**, Veget Hist Archaeobot, No.18, PP.123-136.

- Djamali, M., de Beaulieu, J.L., Miller, N., Andrieu-Ponel, V., Berberian, M., Gandouin, E., Lahijani, H., Ponel, P., Salimian, M., Guiter, F., 2009a, **A Late Holocene Pollen Record from Lake Almalou in NW Iran: Evidence for Changing Land-use in Relation to Some Historical Events During the Last 3700 Years**, *Archaeological Science*, No., PP.1364-1375.
- Djamali, M., de Beaulieu, J.L., Shah-Hosseini, M., Andrieu-Ponel, V., Ponel, P., Amini, A., Akhiani, H., Leroy, A.S., Stevens, L., Alizadeh, H., Brewer, S., 2008, **A Late Pleistocene Long Pollen Record from Lake Urmia, NW Iran**, *Quaternary Research*, Vol. 69, No. 3, PP. 413-420.
- El-Moslimany, A. P., 1987, **The Late Pleistocene Climates of the Lake Zeribar Region**, *Vegetation*, Vol. 72, No. 3, PP. 131-139.
- Environmental Organization of Iran, 1999, **The Comprehensive Study of Lake Neor Watershed**, Tehran, Iran.
- EPICA Community Members, 2004, **Eight Glacial Cycles from an Antarctic Ice Core**, *Nature*, No. 429, PP. 623-628.
- Ghavidel Soyouki, M., 1992, **Basics of Palynology**, Geology Survey Organization of Iran Pub, Tehran, Iran.
- Grimm, E.C., 2004 & 2005, **TILIA and TGView Software, Ver 2.0.2**, Illinois State University, Illinois.
- Kehl, M., 2009, **Quaternary Climate Change in Iran**, *Erdkunde*, Vol. 63, No.1, PP. 1-17.
- Kobashi, T., Severinghaus, J.P., Brook, E.J., Barnola, J.M., Grachev, A.M., 2007, **Precise Timing and Characterization of Abrupt Climate Change 8200 Years Ago**, *Quaternary Science Reviews*, No.26, PP. 1212-1222.
- Krinsley, D. B., 1970, **A Geomorphological and Paleoclimatological Study of the Playas of Iran**, U.S. Geological Survey Interagency Report IR-Military-1, p.329.
- Moore, P.D., J.A. Webb, and M.E. Collinson, 1991, **Pollen Analysis**, Second Edition, Oxford, Blackwell.
- Nejadsatari, T., 1978, **An Ecological and Systematic Study of Phytoplankton and Epiphytic Algae of Neur Lake, Iran**, Master Dissertation, University of Tehran, Iran.
- Ramezani Kakroudi, E., 2008, **the Palynologis Study of Hyrcanian Forests**, Ph.D. Dissertation, University of Tehran, Iran.
- Reille, M., 1992-1998, **Pollen et Spores D'Europe et D'Afrique du Nord, Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie**, Marseille, France.
- Shahrabi, M., 1994, **Lakes and Seas of Iran**, Geology Survey Organization of Iran Pub., Tehran, Iran.
- Stevens, L.R., Wright, Jr., H.E., Ito, E., 2001, **Proposed Changes in Seasonality of Climate during the Late-glacial and Holocene at Lake Zeribar, Iran**, *the Holocene*, Vol. 11, No. 6, PP. 747-756.
- Thomas, E.R., Wolff, E.W., Mulvaney, R., Steffenson, J.P., Johnsen, S.J., Arrowsmith, C., White, J.W.C., Vaughn, B., and Popp, T., 2007, **the 8.2 Ka Event from Greenland Ice Cores**, *Quaternary Science Reviews*, No., PP. 70-81.

- Van Zeist W. & Bottema, S., 1991, **Late Quaternary Vegetation of the Near East**, Wiesbaden, Germany.
- Van Zeist, W. & Bottema, S., 1977, **Palynological Investigations in Iran**, Palaeohistoria, Vol.19, PP. 19-85.
- Van Zeist, W. and Wright, H. E.1963. Preliminary pollen studies at Lake Zeribar, science 140, 65-67.
- Wasylikowa, K., Witkowski, A., 2008, **Diatom Monographs, Vol.8, The Palaeoecology of Lake Zeribar and Surrounding Areas; Western Iran; During The Last 48000 Years**, A.R.G. Gantner Verlag K.G., Koeltz Science books, Germany.
- Wasylikowa, K., Witkowski, A., Walanus, A., Hutorowicz, A., Alexandrowicz, S.W., Langer, J.J., 2006, **Palaeolimnology of Lake Zeribar, Iran, and Its Climatic Implications**, Quaternary Research, Vol. 66, No. 3, PP. 477-493.
- Wasylikowa. K., 2005, **Palaeoecology of Lake Zeribar, Iran, in the Pleniglacial, Lateglacial and Holocene**, Reconstructed from Plant Macrofossils, The Holocene, Vol. 15, PP.720-735.
- Wick, L., Lemke, G., Sturm, M., 2003, **Evidence of Lateglacial and Holocene Climatic Change and Human Impact in Eastern Anatolia: High Resolution Pollen, Charcoal, Isotopic and Geochemical Records from the Laminated Sediments of Lake Van, Turkey**, The Holocene, Vol. 13, PP. 665-675.
- Wright, H.E., McAndrews, J.H., van Zeist, W., 1967, **Modern Pollen Rain in Western Iran, and its Relation to Plant Geography and Quaternary Vegetational History**, Journal of Ecology, Vol. 55, No. 2,PP. 415-443.
- Zohary, M., 2004, **The Geobotanical Structure of Iran**, Translation by Majnounian, Dayereh Sabz Publication, First Pub, Tehran, Iran.

*Pollen Analysis for Reconstruction the Palaeoclimatic Phases in Lake
Neor during the Late-Pleistocene to Holocene*

Azizi Gh. *

Associate Prof., Dep. of Physical Geography, University of Tehran

Akbari T.

Ph.D. Candidate in Climatology, Faculty of Geography, University of Tehran

Hashemi H.

Associate Prof., Dep. of Geology, Faculty of Sciences, University of Kharazmi, Tehran

Yamani M.

Associate Prof., Dep. of Physical Geography, University of Tehran

Maghsoudi M.

Associate Prof., Dep. of Physical Geography, University of Tehran

Abasi A.

Geomorphology Graduate, University of Tehran

Received: 02/05/2012 Accepted: 08/09/2012

Extended Abstract

Introduction

Numerous palaeoclimatologists have studied the climate of different regions of Iran during Quaternary based on palynology of lake sediments. In this study the paleoclimatic phases of northwest of Iran have been discussed. We used pollen analysis for reconstructing the past vegetation and palaeoclimate of Lake Neor area located in the northwest of Iran. In this research a high resolution pollen study has been done for reconstruction the climate of study region during the late- glacial to early Holocene.

Methodology

In this study we used samples with interval distance equal 5 cm from the 3 meters of lower part

of the core in which the samples cover 500 cm to 800 cm high of the core. The pollen extraction followed the chemical treatment methods based on Moor et al. (1991). The chemical treatment carried out in Institut Méditerranéen d'Ecologie et de Paléocologie (IMEP, UMR 6116 CNRS). Pollen determinations were performed by using the IMEP pollen reference slides collection and pollen atlases of Reille (1992, 1995, 1998), Beug (2004) and pollen morphological descriptions by van Zeist and Bottema (1977). Then during microscopic analysis we identified and counted the pollen grains by magnification equal 500X by using microscope Laica model. The pollen diagram drawn by the aide of TILIA and TGVIEW (Grimm, 2004, 2005). At the first we analyzed the samples by interval distance equal 10 cm. After finding some important events we also analyzed the samples by interval distance equal 5 cm. Therefore in this study the vegetation dynamic studied by relatively high resolution for understanding more about some events which extracted from the pollen diagram.

Results and Discussion

This research showed the vegetation change from ~12800 to ~7800 years B.P. It represented the transition stage of the late-glacial to early Holocene in Neor Lake. The zonation was based on arboreal vegetation change. We detected the last warm phase of late-glacial (A_1 zone), the last cold phase of late-glacial or Younger Dryas (A_2 zone) and early Holocene (B_1 , B_2 , & B_3 zones) by interpretation of pollen diagram of Lake Neor. *Chenopodiaceae*, *Artemisia*, and *Poaceae* were dominant herbal vegetation cover during late-glacial. While *Ephedra*, *Quercus*, and *Betula* was dominant arboreal pollen at the same time. The tree pollen was absent from the area during Younger Dryas. It implied colder and dryer climatic condition during Younger Dryas. After ~11800 years B.P. the climate became warmer and early Holocene detected at the same time by increasing tree cover. According to dating result, B_1 zone was from ~11600 to ~9300 years B.P. This period indicated a dominant herbal vegetation cover of *Chenopodiaceae*, *Poaceae*, and *Artemisia* and also tree cover of *Quercus*, *Ephedra*, and *Betula*. The dominant arboreal and non-arboreal pollen during early Holocene (B_2 & B_3 zones) were respectively *Quercus*, *Betula*, *Ephedra*, and *Poaceae*, *Artemisia*, and *Chenopodiaceae*.

Conclusion

As a result, the pollen analysis as well as dating results revealed some minor differences in vegetational and environmental changes in Lake Neor area compared with other sites in the north-west of Iran. The different changes are probably related to high elevation of Neor region about 2500 m a.s.l.

The climatic indicators for detecting the wet and dry phases during the early Holocene consist of *Artemisia* to *Chenopodiaceae* ratio (A/C), *Poaceae* to *Artemisia* ratio (P/A), and Arboreal Pollen to Non-Arboreal Pollen ratio (AP/NAP). A dry phase detected during B_1 zone ~9400 years B.P. This dry phase detected by the minimum amount of AP/NAP and A/C indicator.

It also seems that there were two wet phases at B_1 zone ~9600 years B.P and at B_2

zone~8200 years B.P. respectively. The decrease of Charcoal and increase of *Typha latifolia* and *Myriophyllum* is evident during wet phases. The interpretation of pollen diagram of Lake Neor suggested that there were the forest-steppe vegetation cover with *Artemisia* dominated in the Neor region about 8000-9000 yr B.P during the wet phase.

Keywords: *Palynology, Palaeoclimate, Late-Glacial, Younger Dryas, Lake Neor, Northwest of Iran.*