فصلنامهٔ کواترنری ایران (علمی- پژوهشی)، دورهٔ ۳، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۶
ص ۲۰۵-۲۲۹

تغییرات اقلیم و پوشش گیاهی هولوسن در ایر ان

قاسم عزیزی*؛ دانشیار، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایر ان
سحر ملکی؛ دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران ایر ان
مصطفی کریمی؛ استادیار، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران
رضا شهبازی؛ دکتری مهندسی منابع طبیعی، مرکز پژوهش های کاربردی، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، البرز، ایر ان
هما رستمی؛دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۴/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۳۰

چکیده

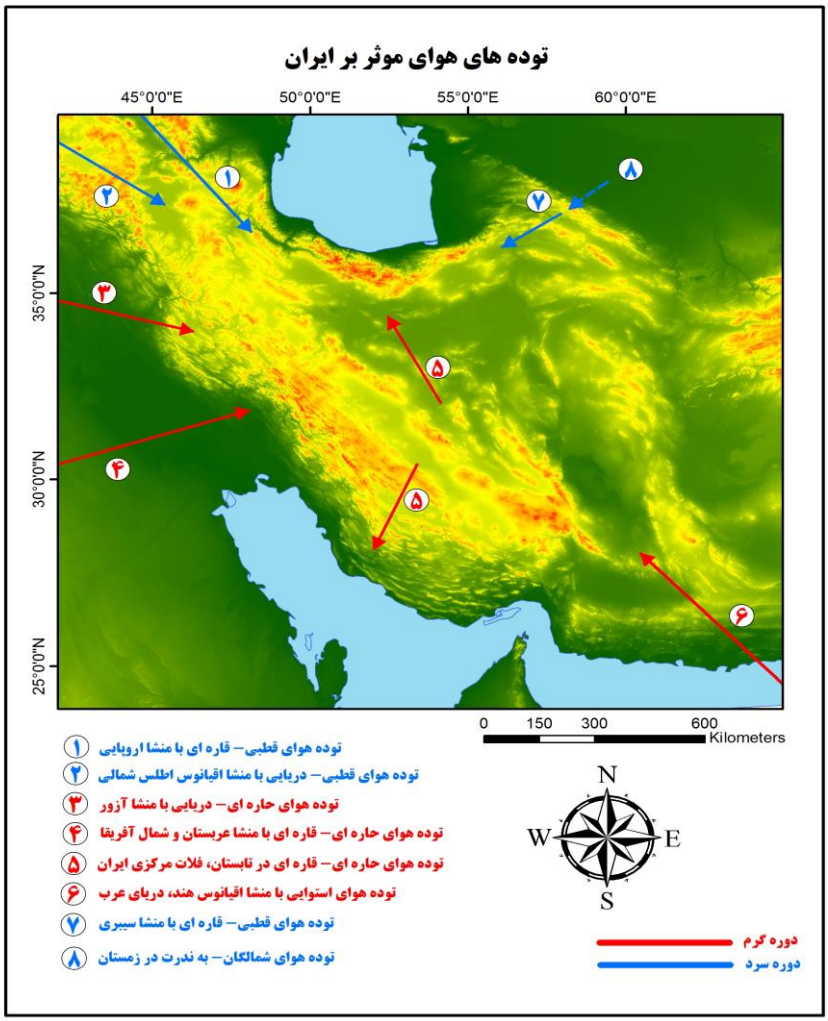
در مورد شرایط اقلیم دیرینهٔ ایران اطلاعات جامع و فراگیری وجود ندارد. غالباً مطالعات به‌صورت پراکنده است و عمدتاً از نظر مکانی در مناطق غرب و شمال‌غرب ایران تمرکز دارد. در این پژوهش، تعداد ۱۱۰ اثر علمی در زمینهٔ اقلیم گذشتهٔ ایران با استفاده از روش‌های مختلف از جمله رسوب‌شناسی، گرده‌شناسی و حلقه‌های درختی بررسی شده است. با توجه به اینکه اخیراً شواهد جدیدی از تغییر پوشش گیاهی کواترنری در ایران به‌دست آمده است، این مقاله به‌اختصار به‌بررسی نتایج حاصل از مطالعات و تحقیقات مربوط به پوشش گیاهی کواترنری ایران می‌پردازد و چشم‌اندازهای ناشی از آب‌وهوای دیرینه را شناسایی می‌کند. مباحث و بررسی‌های پوشش گیاهی دیرینه بر اساس بقایای گیاهی، حلقه‌های درختی، اسپور و گرده است. طبق مطالعات انجام‌شده در شمال و غرب ایران در دوره‌های یخچالی شرایط اقلیمی سرد و خشک و در دوره‌های بین‌یخچالی آب‌وهوای گرم و مرطوب حاکم بوده است. پوشش گیاهی استپی نشان‌دهندهٔ شرایط سرد و خشک و افزایش گیاهان درختی مؤید افزایش رطوبت در دورهٔ بین‌یخبندان است. به‌طور کلی، چرخه‌های اقلیمی و رخدادهای شناخته‌شده در نواحی مختلف دنیا در ایران به‌ندرت مطالعه و شناسایی شده و شناخت ما از شرایط آب‌وهوای گذشته و به‌تبع آن شرایط اکولوژی و پوشش گیاهی کشور بسیار اندک و ناچیز است. برای رسیدن به شناختی دقیق و جامع از شرایط اکولوژیکی دیرینهٔ ایران، به داده‌های ژئوکرونولوژیکی و استفاده از شواهد و پروکسی‌های مختلف، به‌ویژه در نواحی مرکزی و جنوب ایران، نیاز است. اطلاعات گرده‌گرفته‌شده از مغزه‌های رسوبی دریاچه‌ها و حلقه‌های درختی پتانسیل خوبی برای شناسایی وضعیت اکولوژی دیرینهٔ کشور دارد.

کلیدواژه‌ها: اقلیم دیرینه، حلقهٔ درختی، ژئوکرونولوژی، گرده، مغزهٔ رسوبی.

مقدمه

پوشش گیاهی در هر منطقه تحت تأثیر آب‌وهوا (توده‌های هوای مؤثر بر ایران، شکل ۱) و فعالیت‌های انسانی است؛ بنابراین، بررسی تغییرات پوشش گیاهی در طول زمان اطلاعات سودمندی در مورد تغییرات آب‌وهوایی گذشته و نیز نقش و دخالت انسان در تغییر و تحول درازمدت پوشش گیاهی فراهم می‌کند. علم گرده‌شناسی (پالینولوژی) مهم‌ترین ابزار در بازسازی پوشش گیاهی و محیط‌زیست گذشته است. افزون‌بر این، کاربرد گسترده‌ای در پژوهش‌های تاکسونومی، ژنتیک و تکامل، تغییرات اقلیمی، باستان‌شناسی، زمین‌شناسی، آلرژی‌شناسی و علوم قضایی دارد (فاگری و ایورسن، ۱۹۸۹؛ مور و همکاران، ۱۹۹۱).

* نویسندهٔ مسئول: تلفن: ۰۲۶ ۳۲۸۲۱۰۰۰ Email: ghazizi@ut.ac.ir



شکل ۱. توده‌های هوای مؤثر بر ایران

پژوهش‌های گرده‌شناسی بی‌شماری در خارج از کشور، به‌ویژه در آمریکای شمالی و اروپا، انجام شده و تاریخچهٔ پوشش گیاهی و آب‌وهوای گذشتهٔ زمین در دورهٔ کواترنری بازسازی شده است. لروی و آرپ (۲۰۰۷) پناهگاه‌های بالقوهٔ درختان سبز تابستانه را در اروپا و جنوب‌غربی آسیا طی آخرین دورهٔ یخچالی موسوم به Last Glacial Maximum (LGM) بررسی کرده‌اند. این پژوهش، مناطق کوچکی از جنوب اروپا را– همچون اسپانیا، ایتالیا و یونان و نیز بخش‌هایی از شمال ترکیه، سواحل شرقی دریای سیاه و مناطق جنوبی دریای خزر (جنگل‌های هیرکانی)– پناهگاه‌های درختان سبز تابستانه معرفی می‌کند.

نمونهٔ دیگری از پژوهش‌های گرده‌شناسی در جنوب گرجستان و در امتداد ترانسکت ارتفاعی انجام شده که در آن به اهمیت گرده‌های شاخص به‌عنوان راهنمای تغییرات مرز درختی و جنگل‌تراشی‌ها در هولوسن اشاره شده است (کونور و همکاران، ۲۰۰۴). مطالعات دیرینهٔ اقلیم در خاورمیانه به سبب اینکه جزو نخستین محل‌های اهلی‌کردن حیوانات و یکجانشینی است اهمیت زیادی دارد (بیتنلیف و فون‌زیست، ۱۹۸۳). مطالعات گرده‌های گیاهی شاخصی در تعیین آب‌وهوای گذشته و از دیرباز مورد توجه پژوهشگران بوده است (فاگری و ایورسن، ۱۹۸۹). ازگیاهانی که در درون رسوبات حفظ می‌شود در بررسی شرایط محیطی و پوشش گیاهی دوران گذشته استفاده می‌شود (رایت و همکاران، ۱۹۶۷). مطالعات دانشمندان نشان می‌دهد پالینولوژی روشی معتبر در بازسازی دیرینهٔ اقلیم است.

بازسازی آب‌وهوای گذشته در خاورمیانه عمدتاً بر مبنای گرده‌شناسی بوده است. فراوانی گردهٔ بلوط، پسته، درمنه،

اسفناجیان، گندمیان و سایر گیاهای غالب شاخص‌هایی از تغییرات دما و رطوبت به‌کار برده شده است (هورویتز، ۱۹۷۱؛ فون‌زایست و بوتما، ۱۹۹۱؛ رابرتز و رایت، ۱۹۹۳؛ راسیگنال–استریک، ۱۹۹۵). دریاچهٔ زریبار از نخستین مکان‌های مطالعه‌شده در خاورمیانه از نظر دیرینهٔ آب‌وهواشناسی است. از این دریاچه چندین مغزه در سال‌های ۱۹۶۱ تا ۱۹۷۰ برداشت و مطالعات زیادی روی آن انجام شد. پژوهش‌های پالئواکولوژیکی کواترنری در ایران بیشتر در منطقهٔ زاگرس و روی رسوبات دریاچه‌های زریبار در کردستان (فون‌زایست و رایت، ۱۹۶۳؛ فون‌زیست و بوتما، ۱۹۷۷؛ واسیلیکووا، ۲۰۰۵)، ارومیه در آذربایجان‌غربی (جمالی و همکاران، ۲۰۰۸)، و میرآباد در جنوب‌غربی خرم آباد (گریفیتس و همکاران، ۲۰۰۱؛ استیونز و همکاران، ۲۰۰۶) متمرکز بوده است.

به‌طور کلی، بیشتر مطالعات دربارهٔ آب‌وهوای دیرینهٔ ایران شامل دریاچه‌ها بوده است. جمالی و همکاران (۲۰۰۸) دربارهٔ دریاچهٔ ارومیه و رمضانی و همکاران (۲۰۰۸) دربارهٔ جنگل‌های جنوب خزر مطالعات دیرینهٔ اقلیم‌شناسی انجام داده‌اند. دریاچهٔ میرآباد پلدختر نیز از دیگر سایت‌های دیرینهٔ بوم‌شناسی منطقهٔ زاگرس است که به‌روش‌های گرده‌شناسی (فون‌زیست و بوتما، ۱۹۷۷)، استراکود (گریفیت و همکاران، ۲۰۰۱) و ایزتوپ‌های پایدار (استیونز و همکاران، ۲۰۰۶) مطالعه شده است.

دریاچه نئور را نیز عزیزی و همکاران (۱۳۹۲)، اکبری (۱۳۹۱)، و سلمانی (۱۳۹۲) مطالعهٔ گرده‌شناسی کردند. پونل و همکاران (۲۰۱۳) نیز مطالعه‌ای روی گرده‌شناسی و فسیل حشرات این دریاچه انجام دادند. جمالی و همکاران (۲۰۰۹) در دریاچهٔ مهارلو و صفایی‌راد (۱۳۹۲) در تالاب هشیلان مطالعات گرده‌شناسی انجام داده‌اند. حسینی (۱۳۹۰) تغییرات اقلیم را با تحلیل ایزوتوپ پایدار رسوبات دشت ارژن مطالعه کرد. لشکری و همکاران (۱۳۹۲) با استفاده از شواهد استراکود دشت ارژن را بررسی کردند. طیبی (۱۳۹۰) نیز از شواهد رسوبی در تالاب گاوخونی بهره برده است. لشکری و همکاران (۱۳۸۹) تغییرات اقلیمی دریاچهٔ بختگان را بر اساس شواهد کانی‌شناسی رسی بازسازی کردند. چندین مطالعه نیز دربارهٔ تغییرات اقلیمی ایران روی لس‌ها انجام شده است، از جمله لطیف (۱۹۸۸) و کهل و همکاران (۲۰۰۵a، ۲۰۰۵b). مطالعات اخیر بیشتر در غرب ایران انجام شده و به سایر نقاط ایران کمتر توجه شده است.

پژوهش‌های دیرین آب‌وهواشناسی نشان می‌دهد که دورهٔ هولوسن به‌دنبال ذوب یخچال‌ها در دورهٔ دیریخبندان و گرم‌شدن هوا، حدود یازده هزار سال پیش شروع شده است. در این دوره، سطح آب دریاها افزایش یافت. همچنین، شرایط برای رشد درختان و گسترش جنگل‌ها مناسب‌تر شد. حدود ۸۲۰۰ سال پیش، در اوایل هولوسن، پدیدهٔ غیرمنتظره‌ای رخ داد. دانشمندان نشان داده‌اند که طی دو دهه، درجه حرارت حدود ۳/۳ درجهٔ سلسیوس کاهش یافت (الی و همکاران، ۱۹۹۷).

نتایج پژوهش‌های گرده‌شناسی سایت‌های دیرینه‌بوم‌شناسی غرب ایران نشان داد که در دوره‌های یخبندان پوشش گیاهی استپی جنس درمنه و تیرهٔ اسفناجیان و نشان‌دهندهٔ آب‌وهوای سرد و خشک، در این منطقه حاکم بوده است. از دورهٔ دیریخبندان تا هولوسن پیشین به‌تدریج پوشش گیاهی پسته–بلوط جایگزین پوشش استپی جنس درمنه و تیرهٔ اسفناجیان شده است. همچنین، گیاهان تیرهٔ گندمیان با شروع هولوسن به‌صورت ناگهانی جایگزین جنس درمنه و تیرهٔ اسفناجیان شده است.

در ۱۲۰۰۰ تا ۶۰۰۰ سال قبل، نواحی جنوب‌غربی آسیا شرایط اقلیمی حادی با تابستان‌های گرم‌تر و بسیار طولانی‌تر از شرایط کنونی داشته است. شرایط اقلیمی حاکم موجب ازبین‌رفتن بسیاری از دریاچه‌های کم‌عمق و رودهای فصلی شد و در تغییر پوشش گیاهی منطقه نیز مؤثر بود. گیاهان با سازگاری بیشتر با شرایط محیطی و فصول خشک غالباً جزو گیاهان یک‌ساله بودند (شامل غلات وحشی نخود، عدس، نخودفرنگی، گندم و جزآن) و با ایجاد تغییراتی در لگوم و شکل دانه چرخهٔ حیات یک‌سالهٔ خود را تکمیل کردند. سرزمین‌های واقع در خاورمیانه در منطقه‌ای است که همواره متأثر از موسمی‌های آسیایی و جریان بادهای غربی بوده است. در نتیجه هر گونه تغییری در رژیم بارش‌های موسمی تابستانه یا شدت بادهای غربی ایجادشده تغییر شرایط اقلیمی و به‌تبع آن تغییر چشم‌انداز گیاهی و جانوری را به‌همراه داشته است. دوره‌های مختلف اقلیمی همواره موجب گسترش یا زوال جوامع گیاهی و جانوری در منطقه شده است. زمانی که این تغییرات در مدت زمان طولانی‌تر و به‌کندی صورت می‌گرفته است، گیاهان قدرت و زمان لازم برای سازگاری و افزایش انطباق با شرایط اقلیمی را داشته‌اند. اما زمانی که گذار از یک شرایط اقلیمی به شرایط متفاوت دیگر

به‌سرعت رخ داده است، غالباً جوامع گیاهی ازبین‌رفته و با گونه‌های متفاوت و سازگار دیگری جایگزین شده است (رابرتز، ۱۹۹۸). این منطقه برای انجام مطالعات دیرینهٔ آب‌وهواشناسی و زیست‌بوم محیطی بکر محسوب می‌شود. در واقع، کمبود این‌گونه مطالعات در این منطقه به‌شدت احساس می‌شود. بازسازی آب‌وهوای گذشته در خاورمیانه عمدتاً بر مبنای گرده‌شناسی بوده است و فراوانی گردهٔ بلوط، پسته، درمنه، اسفناجیان، گندمیان و سایر گیاهان غالب شاخص‌هایی برای تغییرات دما و رطوبت به‌کار برده شده است (هورویتز، ۱۹۷۱). در بررسی‌های انجام‌شده در شمال و غرب ایران، آب‌وهوا بین شرایط اقلیمی سرد و خشک در دوره‌های یخچالی و گرم و مرطوب در دوره‌های بین‌یخچالی تغییر داشته است. رسوبات دریاچه‌ای و میان لایه‌های پالئوسل در نهشته‌های لسی نشان‌دهندهٔ افزایش رطوبت در دورهٔ بین‌یخبندان یخچالی پایانی و قبل از پایانی است (کهل، ۲۰۰۹).

حدود ۶۵۰۰ سال پیش، جنگل‌های بلوط زاگرس جایگزین پوشش گیاهی پسته- بلوط شد. نتایج مطالعات نشان‌دهندهٔ اقلیم سرد و خشک در دوره‌های یخبندان و گرم و مرطوب در دوره‌های بین‌یخچالی است. مطالعات انجام‌شده در ایران مانند دریاچهٔ زریبار، دریاچهٔ ارومیه، دریاچهٔ میرآباد و مقایسهٔ آن با دریاچهٔ وان در ترکیه دارای تغییرات پوشش گیاهی تقریباً مشابهی است. در تمامی این مطالعات پایان یانگردریاس و شروع هولوسن با کاهش ناگهانی اسفناجیان (معرف آب‌وهوای سرد و خشک) و افزایش ناگهانی گندمیان (معرف آب‌وهوای گرم و خشک) مشخص می‌شود (داوودی و همکاران، ۱۳۹۳). دورهٔ بهینهٔ اقلیمی نیز از دوره‌های مشهود در هولوسن است. این دوره در مناطق معتدلهٔ نیمکرهٔ شمالی در حدود ۵۵۰۰ سال پیش به پایان رسید. در این زمان تمدن‌های بشری نیز در مناطقی از کرهٔ زمین، مانند آفریقا و آسیا، شروع به گسترش کرد. دورهٔ گرم سده‌های میانه از حدود قرن دهم تا چهاردهم حاکم بود. رژیم آب‌وهوایی فعلی از میانه‌های هولوسن (۶۰۰۰-۵۵۰۰ سال پیش) حاکم و جنگل‌های کنونی زاگرس از آن زمان مستقر شده است (رایت و همکاران، ۲۰۰۳؛ جمالی و همکاران، ۲۰۰۸؛ استیونز و همکاران، ۲۰۰۱؛ ال-موسلیمنی، ۱۹۸۶).

پژوهش‌های گرده‌شناسی دیگری هم در منطقهٔ زاگرس انجام‌شده که اطلاعات باارزشی از فعالیت‌های انسان و تحولات فرهنگی و تاریخی گذشتهٔ این پهنه را در اختیار می‌گذارد. در نموداری گرده‌ای از دریاچهٔ مهارلو در استان فارس، آغاز کاشت گردو در حدود ۲۵۰۰ سال پیش از میلاد و چنار در حدود ۱۹۰۰ سال پیش از میلاد ثبت شده است (جمالی و همکاران، ۲۰۰۹c). در نمودار گرده‌ای سایت آلمالو (بر دامنه‌های شرقی کوه‌های سهند)، آغاز کاشت درخت گردو به اندکی دیرتر و در حدود ۲۰۰۰ سال پیش به دورهٔ پارتی بازمی‌گردد. نکتهٔ جالب در این دو بررسی، هم‌زمانی تغییرات چشمگیر در فراوانی گرده‌های درختان کاشته‌شده با برخی وقایع تاریخی مانند پیدایش، شکوفایی یا پایان امپراتوری‌های بزرگ است (جمالی، ۲۰۰۹a). در چند سال اخیر، تاریخچهٔ پوشش گیاهی جنگل‌های هیرکانی در اواخر هولوسن با بررسی پالینولوژیکی چند توربزار در مناطق جلگه‌ای و کوهستانی در بخش‌های مرکزی البرز، بازسازی و نشانه‌هایی از تأثیر آب‌وهوا و نقش انسان در این تغییرات مشاهده شده است (رمضانی، ۲۰۰۹؛ رمضانی و همکاران، ۲۰۰۸).

فوردین و ویلیس (۲۰۰۸) با هدف بررسی قدمت جوامع جنگلی کنونی نژاد اروپایی (*Abies alba*) در جنگل‌های شمال‌غربی رومانی و عوامل تأثیرگذار بر تغییرات این جنگل‌ها طی ۶۰۰۰ سال گذشته به این نتیجه رسیدند که این توده‌های جنگلی حداقل از حدود ۵۷۰۰ سال قبل در منطقه می‌روییده و تا ۴۲۰۰ سال پیش فراوانی کمی داشته است. پس از آن، طی دورهٔ زمانی ۴۲۰۰ تا۱۲۰۰ سال پیش، این گونه توسعه‌یافته و در توده‌های جنگلی آمیخته به‌همراه راش، نوئل، ممرز، نمدار، بلوط و ملج ظاهر شده است. کاهش نهایی در فراوانی و انتشار نراد از حدود ۱۲۰۰ سال قبل آغاز شده و طی ۳۰۰ سال گذشته کاهش بی‌سابقه‌ای یافته که به‌طور عمده به‌دلیل افزایش دخالت‌های انسانی در منطقه، چرای دام و آتش‌سوزی در جنگل و جنگلداری صنعتی بوده است (برگرفته از رمضانی، ۱۳۹۲).

به‌طور کلی، چرخه‌های اقلیمی و رخدادهای شناخته‌شده در نواحی مختلف دنیا در ایران به‌ندرت مطالعه و شناسایی شده است و شناخت ما از شرایط آب‌وهوای گذشته و تبع آن شرایط زیست‌بوم و پوشش گیاهی کشور بسیار اندک و ناچیز است. برای رسیدن به شناختی دقیق و جامع از شرایط زیست‌بوم دیرینهٔ ایران به داده‌های ژئوکرونولوژیکی و استفاده از شواهد و پروکسی‌های مختلف، به‌ویژه در مرکز و جنوب ایران، نیاز است. اطلاعات گرده‌گرفته‌شده از مغزه‌های رسوبی دریاچه‌ها و حلقه‌های درختی پتانسیل خوبی در شناسایی وضعیت زیست‌بوم دیرینهٔ کشور دارد. در این پژوهش سعی بر

این است تا بتوان به اختصار و با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از مطالعات و تحقیقات پیشین، پوشش گیاهی کواترنری ایران را بازسازی و چشم‌اندازهای ناشی از آب‌وهوای دیرینه را شناسایی کرد.

مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر، بر اساس مطالعات کتابخانه‌ای، منابع مرتبط با اقلیم‌شناسی دیرینهٔ ایران از حدود ۱۳۶ اثر علمی، مقاله، پایان‌نامه (دکتری، کارشناسی‌ارشد)، گزارش و جزآن شامل ۱۱۰ مقاله و ۲۶ رساله و پایان‌نامه (جدول ۱) از منابع اطلاعاتی معتبر دریافت شد. پس از بررسی یکایک این پژوهش‌ها، اطلاعات مربوط به پوشش گیاهی در هر دوره تفکیک و دسته‌بندی شد. اطلاعات استخراج‌شده عبارت بود از نام منطقه، طول و عرض جغرافیایی، روش مورد استفاده، سن‌سنجی و نتیجه‌ای که پژوهش‌های انجام‌شده در اختیار محقق قرارمی‌دهد (شکل ۲). اطلاعات استخراج‌شده به‌منظور استفادهٔ دیگر محققان، به‌صورت بانک اطلاعاتی از پژوهش‌های اقلیم دیرینهٔ ایران درآمد. این منابع در حال به‌روزرسانی است و در صورت اضافه‌شدن منابع جدید به بانک اطلاعات اضافه می‌شود. غالب مطالعات گرده‌شناسی دربارهٔ ایران به بخش‌های شمال‌غربی و شمالی کشور اختصاص دارد و اطلاعات چندانی در زمینهٔ سایر نواحی وجود ندارد. نبود شواهد گرده، نبود امکانات و منابع دریاچه‌ای کافی برای مطالعه، شرایط سخت محیطی و بسیاری از عوامل دیگر موجب شده است که در نواحی مرکزی، شرقی و جنوب‌شرقی ایران مطالعات گرده‌شناسی به‌صورت کامل صورت نگیرد.

جدول ۱. تعداد پایان‌نامه‌ها و مقاله‌ها

نوع کار و روش	گرده‌های گیاهان	حلقه‌های درختی	زمین‌شناسی، نهشته‌های رسوبی	تعداد کل
پایان‌نامه و رساله	۶	۱	۱۹	۲۶
مقاله	۲۴	۶	۸۰	۱۱۰

ID	Num	name	Y	X	metod	depth of core (m)	age	result	refrenc
28	25- 7Core	Gavkhouni	32.18	52.85	Sedimentary-granolometery	1- 2.1	Quaternary	One of the major indices of studying climatic changes is changes in precipitation and current of river waters. By the study of sedimentation process of the alluvia, the hydrological changes	Review and analysis of Gavkhoni swamps paleoclimatology base on the sedimentology studies, Safiyeh Tayebi, Mostafa Khabazi, Hossein
29	26	Talesh	38.14	48.19	Sedimentary & Pollen Core	3	6500	A short sediment core (300 cm) was retrieved from a peaty deposit in the northeastern corner of Lake Neor in NW Iran yielding a 6500-year-old sequence relatively rich in pollen and beetle remains. Beetle assemblages contained a significant amount of coprophagous and coprophilous species all along the	Fossil beetles as possible evidence for transhumance during the middle and late Holocene in the high mountains of Talysch (Talesh) in NW Iran?, 2016, Philippe Ponel, Valérie Andrieu-Ponel, Morteza Djamali, Hamid Lahijani,
30	27	Jajroud	35.83	51.83	glacier evidence, Remote Sensing, Climatology analyses	Surface	Pleistocene	Introduction Since determining climate zones in the mountainous areas are considered as height levels, so researchers have more attention to get height numbers that identifies a special border of	Renovation of Pleistocene Snow Line on Jajroud Basin, Mojtaba Yamani, et al.1390
31	28	Jajroud	36	51.31	glacier evidence	Surface	Pleistocene	Periodicity of climate change during the Quaternary period has been the origin of many land forms and the formation of human civilizations. In this study, we seek to utilize this	Investigation of Paleoclimatology of Jajrood Basin in Iran by Glacial Evidence, 1392, Morteza Abtahi
32	29	Arjan plain	27.26	58.83	Sedimentary-granolometery	Surface	Quaternary	Playa lakes are an important source for aeolian and dust storm sediments, because of their location in low land, arid and desert regions with strong wind systems and existence of fine and	Sedimentology and sedimentary geochemistry of Jazmuriyan playa, A. Mohammadi, 2010
33	30	Nimbulk Plain	34.02	58.49	Sedimentary core, (OSL) dating	1	7.3-9.9 ka	We have investigated an optically stimulated luminescence (OSL) dating study in the Nimbluk lake bed in Khorasan, northeast Iran. Two samples of the lake-bed sediments from ~1	Optical dating of Holocene lake bed sediments of the Nimbluk Plain, Khorasan, Northeast Iran: Implications for the climate change and palaeo-
34	31	Kalat-e Naderi	36	60	loess deposits, IRSL Dating	12	13.7±1.0 ka and 25.9±1.8	Little information is available on the paleoclimate evolution of northeast Iran relating to global cold and warm stages. The loess/paleosol sequences from southern Mashhad and Kalat-e	Chronostratigraphy of loess deposits in northeast Iran, 2011, Alireza Karimi, Manfred Frechen, Hossein Khademi, Martin Kehl, Ahmad Jalalian

شکل ۲. نمونه جدول بانک داده‌ای اقلیم دیرینهٔ ایران

یافته‌ها

بیشتر پژوهش‌ها دربارهٔ ایران، پوشش گیاهی را متأثر از سامانه‌های آب‌وهوایی مختلف از جمله فعالیت پرفشار سیبری، فروبارهای غربی و موسمی‌های جنوب‌غربی دانسته‌اند. شواهد دیرینهٔ حاصل از موقعیت و تنوع پوشش‌های گیاهی نشان‌دهندهٔ دوره‌های مختلف آب‌وهوایی است که بر تنوع پوشش گیاهی ایران تأثیرگذار بوده است. اخیراً شواهد جدیدی از تغییر پوشش گیاهی کواترنری در ایران به‌دست‌آمده است که حاکی از انطباق رویش گیاهی با شرایط آب‌وهوایی است.

این مسئله در بازسازی اقلیم دیرینهٔ مناطق به یاری متخصصان شتافته و روند تغییرات در آن راهی است برای پیش‌بینی آینده و ارائهٔ چشم‌انداز به آیندگان با توجه به تکرارپذیری سامانه‌های متفاوت.

تقسیم‌بندی نواحی رویشی کنونی ایران بر مبنای خصوصیات اقلیمی

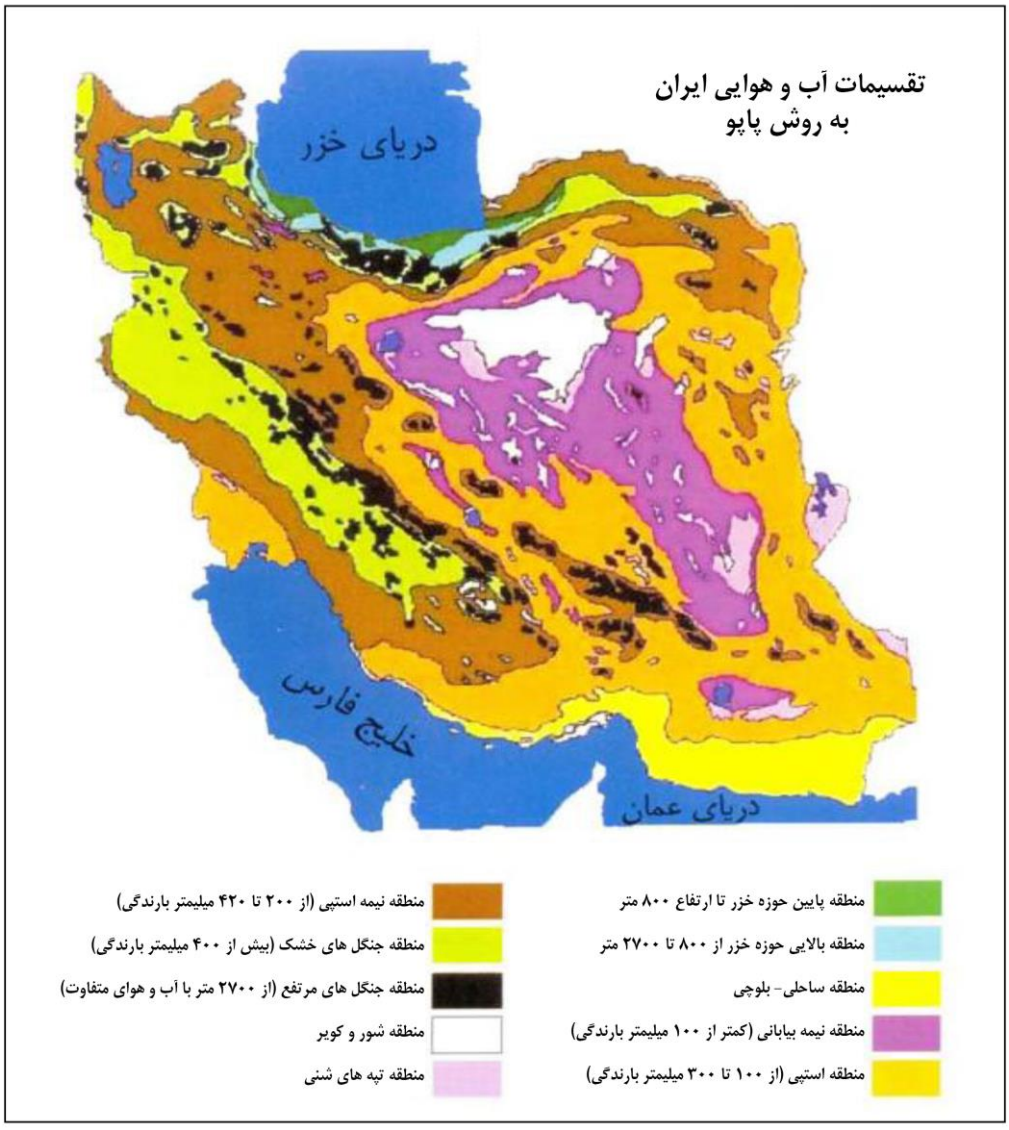
با توجه به اینکه حضور پوشش گیاهی متنوع در کشورمان ارتباط تنگاتنگی با خصوصیات اقلیمی دارد، مطالعه و تفکیک پوشش گیاهی بدون توجه به خصوصیات اقلیمی امکان‌پذیر نیست. در تقسیم ایران به مناطق بزرگ اقلیمی باید عوامل حاکم را مبنا قرارداد. فراوانی بارندگی و بالابودن رطوبت نسبی در شمال، منطقهٔ خزر را به‌صورت واحد اقلیمی کاملاً متمایز از دیگر نقاط کشور تبدیل کرده است. زمستان گرم و رطوبت نسبی زیاد نواحی مجاور دریای عمان و خلیج‌فارس در جنوب، شاخص اقلیم نیمه‌خشک خاصی است. بین این دو منطقهٔ کاملاً متفاوت، قسمت عمده و وسیعی از اراضی کشور با تابستان‌های بسیار خشک و زمستان‌های کم‌وبیش سرد با اختلاف شدید دما واقع شده است. این اقلیم بری که تابستان‌های خشک دارد، هر چند به ظاهر مشابه آب‌وهوای مدیترانه‌ای است، از حیث دما با اقلیم مزبور تفاوت زیادی دارد. انباشته‌شدن توده‌های برف روی کوه‌های مرتفع و دوام چند ماههٔ برف در این مناطق معرف آب‌وهوای نزدیک به آب‌وهوای استپی است، با این تفاوت که تابستان در مناطق مذکور به‌مراتب خشک‌تر است. ربیعی (۱۳۹۱) نواحی رویشی کنونی ایران بر اساس خصوصیات اقلیمی را به پنج منطقه تقسیم کرده که هر کدام زیرمجموعه‌های کوچک‌تری دارد (جدول ۲؛ ربیعی، ۱۳۹۱: ۶–۱۰).

جدول ۲. تقسیم‌بندی نواحی رویشی کنونی ایران بر اساس خصوصیات اقلیمی

نام	محدوده	بارش سالیانه	ویژگی‌ها	وسعت
۱. ناحیهٔ اروپا – سیبری	در نوار شمالی کشور قراردارد و از شمال به دریای خزر و از جنوب تا خط‌الرأس‌های شمالی البرز امتداد یافته است.	۶۰۰ تا ۲۰۰۰ میلی‌متر	دورهٔ خشکی واقعی ندارد. بارش از غرب به شرق کاهش می‌یابد. اقلیم معتدل و مرطوب، پتانسیل شکل‌گیری جنگل‌های انبوه را افزایش داده است. بر حسب ارتفاع از سطح دریا شامل سه اشکوب است.	پنج میلیون هکتار
۱.۱. اشکوب تحتانی			ارتفاع از سطح دریا بین ۸۰۰ تا ۱۰۰۰ متر است. برحسب عوارض ژئومورفولوژی، دو بخش جلگه‌ای و کوهستانی دارد. گونه‌های درختی غالب آن شامل بلند مازو، ممرز، انجیلی و آزاد است. جنگل‌های ناحیهٔ جلگه‌ای رویشگاه اصلی گونهٔ شمشاد است که به‌دلیل تخریب زیاد تنها لکه‌هایی از جامعهٔ گیاهی کهن در برخی نقاط بخش جلگه‌ای (سی‌سنگان) به‌چشم می‌خورد.	
۲.۱. اشکوب میانی			در ارتفاع بین ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ متر قراردارد. جنگل‌های صنعتی به‌ویژه راش با گونه‌های افرا اوجا و ون دارد. گونه‌های مرتعی چندساله نسبت به یک‌ساله‌ها فراوان‌تر است.	
۳.۱. اشکوب فوقانی			در ارتفاع ۲۰۰۰ تا ۲۷۰۰ متر قراردارد. آب‌وهوای آن سرد و شبیه مراتع مرتفع استپی است. مناطق با ارتفاع بیش از ۲۷۰۰ متر، دارای گیاهان بالشتکی از جمله اسپرس بوته‌ای و انواع گون‌های بالشتکی است که مربوط‌به پوشش کوه‌های مرتفع ایران– تورانی است. گونهٔ درختی شاخص این اشکوب‌آوری است.	
۲. ناحیهٔ صحارا– سندی	مناطق کرانه‌ای دریای عمان و خلیج فارس	میانگین بارش کمتر از ۳۰۰ میلی‌متر است، اما رطوبت نسبی زیاد تا حدی کمبود بارش را جبران می‌کند.	از نظر فلور، به‌ویژه گیاهان یک‌ساله، بسیار غنی است. رطوبت نسبی بسیار بالا و دورهٔ خشکی طولانی است. جنگل‌های ماندابی حرا و چندل در سواحل این ناحیه می‌روید. نخل بومی این ناحیه است. گیاهان تیرهٔ بقولات فراوان است. گونه‌های درختی و درختچه‌ای شاخص ناحیهٔ بلوچی عبارت است از کهور، آکاسیا، کنار، رملیک، استبرق و درخت مسواک، و گندمیان چندساله با گونه‌های مختلف.	۹ میلیون هکتار

نام	محدوده	بارش سالیانه	ویژگی‌ها	وسعت
۳. ناحیهٔ ایران– تورانی	دامنه‌های جنوبی البرز و دامنه‌های زاگرس و تمام مناطق دشتی ایران مرکزی	بر اساس میزان بارندگی به پنج منطقه تقسیم می‌شود.	از نظر پستی و بلندی، اقلیم، خاک و پوشش گیاهی بسیار متنوع است. درمنهٔ دشتی، گونه‌های متنوع گون گیاهان غالب منطقه است.	۱۵۱ میلیون هکتار (بیش از ۸۵ درصد مساحت ایران)
۱.۳. منطقهٔ نیمه‌بیابانی		میانگین بارش سالیانه در این منطقه کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر است.	رطوبت نسبی هوا کم است. خشکی محیط و املاح زیاد خاک عامل اصلی محدودیت رشد گیاهان است. بیشتر گیاهان این منطقه به‌ترتیب تیره‌های اسفناجیان، هفت‌بند، کاسنی، بقولات و گندمیان است. گیاهان بیابانی و بوته‌ای دارد که براساس ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک به انواع زیر طبقه‌بندی می‌شود.	
۱.۱.۳. گیاهان شورپسند			در برابر تجمع درصد زیادی از املاح در خاک تحمل و مقاومت دارد. اغلب بافت‌های گوشتی و ذخیره‌کنندهٔ آب دارد. تیرهٔ اسفناجیان نسبت به دیگر تیره‌های گیاهی درصد بیشتری دارد.	
۲.۱.۳. گیاهان شن‌دوست			در خاک‌های با بافت بسیار سبک از نوع ماسه‌ای رشد می‌کند. در برابر خشکی مقاومت بالایی دارد. اغلب روی تپه‌های ماسه‌ای مشاهده می‌شود. سیاه‌تاغ و اسکنبیل دارد.	
۳.۱.۳. گیاهان گچ‌دوست			در خاک‌های گچی رشد می‌کند. در برابر خشکی مقاومت بالایی دارد. گونه‌های آن عبارت است از Anabasis setifera, Ephedra intermedia, Hammada salicornica, Seidlitzia rosmarinus.	
۴.۱.۳. گیاهان صخره‌دوست			مناطق صخره‌ای و سنگلاخی که خاک تکامل‌نیافته دارد و عمق خاک بسیار کم و در برخی موارد فاقد خاک است. گونه‌های غالب آن عبارت است از Amygdalus spp., Juniperus spp., Zygophyllum atriplicoides.	
۲.۳. منطقهٔ استپی		متوسط بارندگی سالیانه ۱۰۰ تا ۲۳۰ میلی‌متر	در مجاورت منطقهٔ بیابانی قراردارد، اما نسبت به آن رطوبت بیشتری دارد. برحسب فراوانی به‌ترتیب عبارت است از تیره‌های اسفناجیان، کاسنیان، شب‌بو و گندمیان. مهم‌ترین گونهٔ این منطقه درمنهٔ دشتی همراه با گونه‌های جنس‌گون است.	
۳.۳. منطقهٔ نیمه‌استپی		متوسط بارندگی سالیانه ۲۳۰ تا ۴۵۰ میلی‌متر	پوشش غالب آن درمنه و گون است. درمنهٔ دشتی کمتر و درمنهٔ کوهی بیشتر است. برحسب فراوانی به‌ترتیب گیاهان تیرهٔ کاسنی، نعناع، چتریان، میمون، چلیپاییان، گاوزبان، گندمیان و بقولات است. فلور این بخش نسبت به دو منطقهٔ بیابانی و استپی غنی‌تر و اقلیم آن معتدل‌تر است. پوشش کلیماکس این منطقه جنگل‌های پستهٔ وحشی است. عمده‌ترین دلیل تخریب مراتع در این منطقه تبدیل مراتع به دیمزار است. گونهٔ Bromus tomentellus از گونه‌های بسیار مرغوب مرتعی این مناطق است که به‌دلیل چرای مفرط گونه‌های Carex stenophylla و Poa bulbosa جایگزین آن می‌شود.	
۴.۳. منطقهٔ جنگل‌های خشک		بارندگی سالیانه بیش از ۴۰۰ میلی‌متر	در داخل رشته‌کوه‌های زاگرس از کردستان تا فارس ادامه دارد و روی ارتفاعات آذربایجان، همچنین شیب‌های دامنهٔ البرز تا قسمت خاوری (به‌صورت نوار باریکی) قرار گرفته است، دامنهٔ ارتفاعی آن ۸۰۰ تا ۲۶۰۰ متر است. در گذشته، جنگل‌های انبوهی با گونه‌های بلوط ایرانی، پسته، بادام و ارس وجود داشت. این منطقه استعداد جنگل‌شدن را دارد.	

نام	محدوده	بارش سالیانه	ویژگی‌ها	وسعت
۵.۳. منطقهٔ کوه‌های مرتفع		متوسط بارندگی سالیانه آن بین ۴۰۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر یا بیشتر است.	در ارتفاع ۲۷۰۰ متر به بالا قراردارد. طول دورهٔ رشد گیاه به‌دلیل میانگین دمای سالیانهٔ کم در ارتفاعات بالا و سردی هوا کوتاه است. گیاهان یک‌سالهٔ بسیار کم، تیپ‌های گیاهی بالشتکی همچون برخی گونه‌های جنس Astragalus،Acanthophyllum،Acantholimon، Onobrychis همراه با جنس‌هایی همچون Festuca و Agropyron،Dactylis سیمای خاص و متمایزی را در این منطقه تشکیل می‌دهد. درختان و درختچه‌های این منطقه اغلب تا ارتفاع ۳۰۰۰ متری از سطح دریا حضور دارد. از جنس‌های Prunus، Lonicera، Daphne، Amygdalus و Rosa است که در ارتفاعات بالا اغلب گونه‌های بوته‌ای ظاهر شده است. درختچهٔ ارس تا ارتفاع ۳۲۰۰ متری نیز مشاهده می‌شود.	



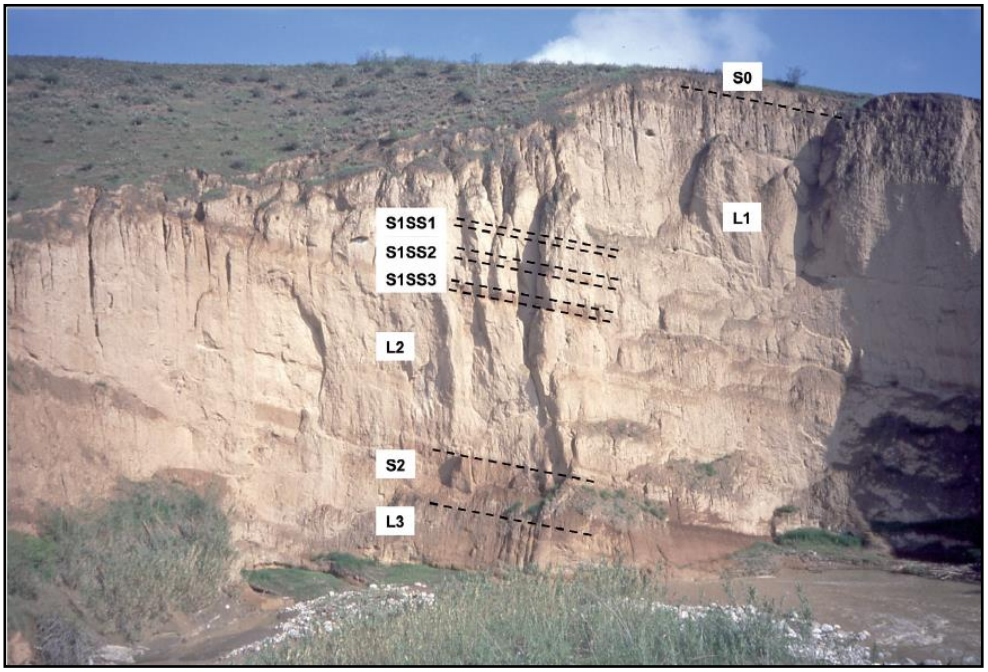
شکل ۳. نقشهٔ نواحی رویشی ایران بر اساس خصوصیات اقلیمی به‌روش پاپو (برگرفته از ربیعی، ۱۳۹۱)

شرایط کنونی زمین راهنمای شناخت شرایط گذشتهٔ آن است. توجه به ویژگی‌های پوشش‌های گیاهی نواحی مختلف جغرافیایی، شرایط مناسب رشد، تنش‌های فیزیولوژیایی و بسیاری از عوامل مؤثر در رشد یا توزیع جغرافیایی گونه‌ها و پوشش‌های گیاهی مختلف عامل مؤثری در درک شرایط مؤثر اقلیمی گذشته و کنونی است.

مطالعات نشان داده است که ایران دوره‌های سرد- گرم و مرطوب- خشک زیادی را طی کواترنری تجربه کرده است. شواهد دره‌های یخچالی در کرمان، مخروط‌افکنه‌های به‌هم‌پیوسته، پلایاهای اطراف کویر مسیله و کویر دامغان، دره‌های وسیع آبرفتی در ایران مرکزی، پدیده‌های بادرفتی، وجود فسیل‌های درختان پسته، توس و کاج در ایران مرکزی، جنگل‌ها و سکونتگاه‌های مخروبه در اطراف لوت، تمدن‌های باستانی اطراف مناطق کویری، یخرفت‌های رشته‌کوه‌های البرز و زاگرس و جزآن و همهٔ توالی دوره‌های سرد- گرم و مرطوب- خشک را تأیید می‌کند.

تغییر پوشش گیاهی ایران قبل از هولوسن

شرایط آب‌وهوایی در دورهٔ گذار از پلیوسن به پلیستوسن پسین نسبتاً مرطوب‌تر از شرایط حاضر بوده است (بوبک، ۱۹۶۳). لایه‌های سیلتی قهوه‌ای و رسی با ضخامت ۳۵۰ متری در مسیله (پلایای قم) را هوبر (۱۹۶۰) بررسی کرد که در محیط دریاچه‌ای فصلی و کم‌عمق رسوبگذاری شده بود (بوبک، ۱۹۶۹؛ درش، ۱۹۷۶). این رسوبات در دوره‌های بعدی نظیر یانگر دریاس با باد و افزایش شدت خشکی در بیابان لوت دچار فرسایش شده است. احتمالاً بخش فوقانی کویر مسیله از پلیستوسن پیشین تا پایان آخرین دورهٔ یخچالی (وورم) در حال رسوبگذاری بوده است، متشکل از توالی متناوبی از حاشیهٔ نمکی و رسی قهوه‌ای تا سبز. حواشی نمکی در محیط‌های پلایا تحت اقلیم گرم و خشک تشکیل شده است، در حالی که لایه‌های بعدی نشان‌دهندهٔ شرایط سردتر و کاهش تبخیر و افزایش سطوح آب دریاچه‌هاست (بوبک، ۱۹۶۳؛ کرینسلی، ۱۹۷۰). تغییر وضعیت اقلیم در پلیستوسن میانی در نهشته‌های لسی شمال ایران نیز مشهود است (کهل و همکاران، ۲۰۰۵a؛ ۲۰۰۵b؛ فریچن و همکاران، ۲۰۰۹؛ شکل ۴).



شکل ۴. توالی خاک لس در نوده، شمال ایران با ارتفاع حدود ۳۰ متر، نشان‌دهندهٔ تغییرات آب‌وهوا بین شرایط سرد و خشک در دوره‌های یخچالی (لس‌های بدون هوازدگی Li, L2, L3) و دوره‌های گرم و مرطوب در بین یخچالی (افق‌های قهوه‌ای S1SS3, S2) است. افق‌های S1SS1، S1SS2 و S1SS3 احتمالاً به‌ترتیب با OIS 5a , 5c و e۵ همبستگی دارد. در پایین‌دست رود در عمق ۲۰ متری S2 به سه افق مجزای خاک و دو نوع خاک بین یخچالی (L2SS1,L2SS2) تقسیم می‌شود که احتمالاً طی OIS 6 شکل گرفته است (شکل ۵ بخش پایینی؛ کهل و همکاران، ۲۰۰۹).

جدول ۳. تغییر پوشش گیاهی در آخرین دورهٔ یخچالی- بین‌یخچالی (کهل و همکاران، ۲۰۰۹)

منطقه	سن	نوع اقلیم	نوع پوشش
مسیله (پلایای قم)	گذار از پلیوسن به پلیستوسن پسین	نسبتاً مرطوب‌تر از شرایط حاضر	دارای لایه‌های سیلتی قهوه‌ای و رسی با ضخامت ۳۵۰ متری
بخش فوقانی کویر مسیله	احتمالاً از پلیستوسن پیشین تا پایان آخرین دورهٔ یخچالی (وورم)	تشکیل حواشی نمکی در محیط‌های پلایا تحت اقلیم گرم و خشک لایه‌های بعدی نشان‌دهندهٔ شرایط سردتر و کاهش تبخیر و افزایش سطوح آب دریاچه‌ها	دارای توالی متناوبی از حاشیهٔ نمکی و رسی قهوه‌ای تا سبز در حال رسوبگذاری بوده است.
نهشته‌های لسی شمال ایران	پلیستوسن میانی	ارتباط لس‌هایی که دچار هوازدگی نشده است، با دوره‌های یخچالی و نشان‌دهنده شرایط خشک (و سرد) که نیمرخ‌های پالئوسل نشان‌دهنده شرایط نسبتاً گرم‌تر و مرطوب‌تر است.	با پوشش گیاهی تنک و پراکنده در دوره‌های یخچالی و پوشش گیاهی استپی یا جنگل در دوره‌های بین‌یخچالی
درهٔ سفیدرود و در پایکوه‌های شمالی البرز	پلیستوسن میانی	دورهٔ بین یخچالی شرایط نسبتاً گرم‌تر و مرطوب‌تر	دارای نهشته‌های لسی که با انواع پالئوسل همراه است و با ته‌نشست‌های رسی مشخص می‌شود. این پالئوسل‌ها تحت شرایط دارای پوشش گیاهی جنگلی گسترش یافته است.
دریاچهٔ ارومیه	طی OIS 7a یا بین دورهٔ یخچالی لیلان	گرم و مرطوب	دارای جنگل استپی بلوط و ارس
	دورهٔ یخچالی قبل آخر (یخچالی بناب)	سرد و خشک	استپ درمنه‌ای و علفزار
پادگانه های گراولی در بخش‌های فوقانی البرز و زاگرس	پلیستوسن پیشین و میانی	شرایط اقلیمی سرد	
دریاچهٔ زریبار در زاگرس غربی	LGM	دوره‌ای سرد و خشک	استپ درمنه، بارش کم. احتمالاً افزایش بارش برف در زمستان موجب ازبین‌رفتن درختان پسته شده است.

به‌طور کلی، تجمع لس‌ها شامل سری‌هایی از فرایندهای کنترل‌کنندهٔ اقلیمی از جمله تولید ذراتی به‌اندازهٔ سیلت، کاهش انتقال بادی و رسوبگذاری می‌شود (رایت، ۲۰۰۱). لس‌های دچار هوازدگی با دوره‌های یخچالی در ارتباط است و شرایط خشک (و سرد) در طول تجمع گرد و غبار تحت پوشش گیاهی تنک و پراکنده را نشان می‌دهد، در حالی که نیمرخ‌های پالئوسل نشان‌دهندهٔ شرایط نسبتاً گرم‌تر و مرطوب‌تر و پوشش گیاهی استپی یا جنگل در دوره‌های بین‌یخچالی است (فینک و کوکلاف، ۱۹۷۷؛ دادونف، ۱۹۹۱؛ برونگر، ۲۰۰۳).

در درهٔ سفیدرود و در پایکوه‌های شمالی البرز نهشته‌های لسی دارای انواع پالئوسل است که با ته‌نشست‌های رسی مشخص می‌شود. این پالئوسل‌ها تحت شرایط دارای پوشش گیاهی جنگلی گسترش یافته است. به‌اختصار دو افق نسبتاً ضعیف پالئوسلی گسترش یافته (افق‌های قهوه‌ای رنگ خاک‌های استپی) با رسوبات لسی OIS 6 قطع شده که نخستین شواهد دورهٔ بین یخچالی پلیستوسن میانی در ایران است (شکل ۵؛ کهل و همکاران، ۲۰۰۵a؛ ۲۰۰۵b؛ فریچن و همکاران، ۲۰۰۹). جمالی و همکاران (۲۰۰۸) تغییرات چرخه‌ای گرده‌های گیاهی را در مغزهٔ رسوبی ۱۰۰ متری دریاچهٔ ارومیه بررسی کردند. مقاطع مغزه با درصد بالایی از گرده‌های درختی (AP) با OIS 7a,5e,5c,5a مرتبط است. درصد پایین AP و درصد بالای درمنه و اسفناجیان با دوره‌های یخچالی مرتبط است (شکل ۶).

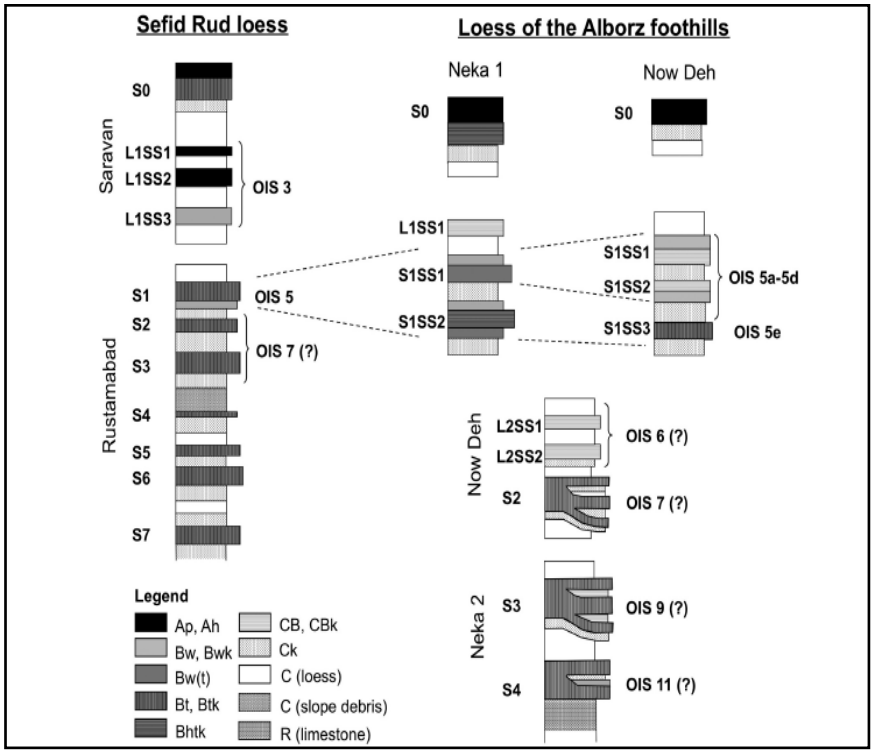
همبستگی بر اساس دو سن‌یابی رادیوکربن روی نمونه‌های عمدهٔ گرفته‌شده از عمق ۸ و ۱۸/۵ متری دارای سن کالیبره‌نشدهٔ ^{14}C ۴۰ ± ۱۰۳۴۵ و ^{14}C ۲۴۰۰ ±۷۵۰ بوده است (جمالی و همکاران، ۲۰۰۸: ۴۱۵) و با نتایج ایزوتوپی دریای عرب (ریچارت و همکاران، ۱۹۹۷) و نیمرخ طویل گرده از یونان (زیداکیز، ۱۹۹۳) همبستگی دارد. بر اساس کرونواستراتیگرافی جمالی و همکارانش (۲۰۰۸)، طیف گردهٔ دریاچهٔ ارومیه نشان داد طی OIS 7a یا بین یخچالی

لیلان[1] در نزدیکی دریاچهٔ جنگل استپی بلوط و ارس در دورهٔ یخچالی قبل آخر با استپ درمنه‌ای و علفزار جایگزین شده است (یخچالی بناب). شواهد چینه‌شناسی نشان‌دهندهٔ تغییرات آب‌وهوا در پلیستوسن پسین به میانی در ایران است که در عوارض ژئومورفیکی نظیر مورن‌های یخچالی، پادگانه‌های رودخانه‌ای یا دریاچه‌ای مشهود است. برای مقایسه بر اساس گسترش پلایاها کرینسلی (۱۹۷۰) فرض بر این است که اقلیم فلات ایران احتمالاً سردتر بوده و تبخیر کمتر از مقادیر کنونی آن بوده است (کهل، ۲۰۰۹).

پادگانه‌های گراولی در بخش‌های فوقانی البرز و زاگرس با سن پلیستوسن پیشین و میانی نشان‌دهندهٔ شرایط اقلیمی سرد است (بوبک، ۱۹۶۳). در رشته‌کوه‌های البرز رودهای سفیدرود، چالوس، هراز و تالار سطوح پادگانه‌ای را تشکیل داده است که در ارتفاع نسبی ۷۰ تا ۱۵۰ متری کف درهٔ کنونی واقع شده و مربوط به قبل از وورم است (اهلرز، ۱۹۶۹، ۱۹۷۱). به‌دلیل عدم‌قطعیت در سن‌یابی این عوارض، وایز (۱۹۷۴) فازهای مختلف پدیمنت‌زایی مشاهده‌شده در ارتفاعات ایران مرکزی با مراحل یخچالی و بین‌یخچالی را وابسته نمی‌داند.

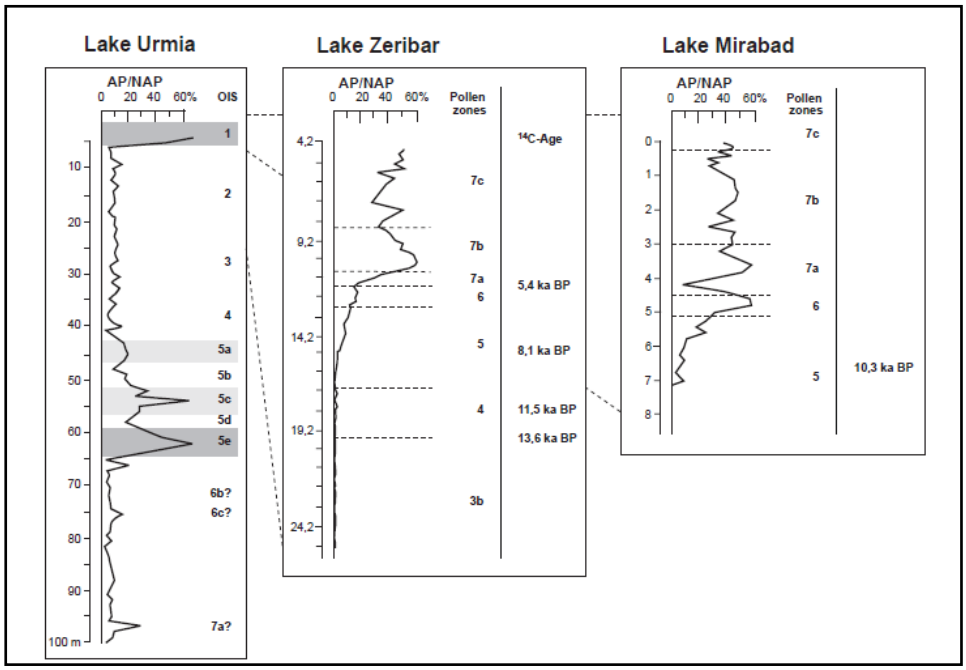
شواهد چینه‌شناسی متعلق به داده‌های رسوب‌شناسی دریاچهٔ زریبار در زاگرس غربی در ارتفاع حدود ۱۳۰۰ متری از سطح دریا و نتایج گرده‌شناسی این منطقه نشان‌دهندهٔ وجود استپ درمنه بوده است که دلالت بر بارش کمی در LGM دارد (فون‌زایست و رایت، ۱۹۶۳؛ فون‌زایست و بوتما، ۱۹۷۷؛ شکل ۶). گسترش پوشش گیاهی درمنه و فقدان گرده‌های درختی نشان‌دهندهٔ افزایش بارش برف در زمستان است که ممکن است موجب ازبین‌رفتن درختان پسته شده باشد (المسلمانی، ۱۹۸۶، ۱۹۸۷).

شواهد اقلیمی برای LGM بر اساس داده‌های گرده با استفاده از نتایج حاصل از بررسی ماکروفسیل‌های گیاهی (واسیلینکوا و همکاران، ۲۰۰۶)، کلادوسرا (مگارد، ۱۹۶۷) و دیاتومه‌های دریاچهٔ زریبار (اشنایدر و همکاران، ۲۰۰۱) تأیید شده است. این داده‌ها عمق آب دریاچه، نوسانات آب دریاچه و تغییرات میزان شوری آن را بخشی از بیلان آبی دریاچه مشخص می‌کند.



شکل ۵. پدواستراتیگرافی‌های مخلوط لس‌های شمال ایران در درهٔ سفیدرود (نیمرخ ها در سراوان و رستم‌آباد) و در امتداد پایکوه‌های شمالی رشته‌کوه‌های البرز (نیمرخ‌های در نکا ۱ و ۲ و نوده؛ کهل و همکاران، ۲۰۰۸)

1. Laylan



شکل ۶. سن‌یابی رادیوکربن رسوبات دریاچهٔ ارومیه (جمالی و همکاران، ۲۰۰۸) و دریاچهٔ زریوار و میرآباد (فون‌زایست و بوتما، ۱۹۹۱؛ تصاویر خلاصه‌شده؛ کهل و همکاران، ۲۰۰۸)

بررسی‌های انجام‌شده بر سطوح شیبدار ماسه‌ای نزدیک اردکان در ارتفاعات مرکزی (توماس و همکاران، ۱۹۹۷) و نهشته‌های لسی شمال ایران (کهل و همکاران، ۲۰۰۵) فرضیهٔ شرایط اقلیمی خشک در LGM را تأیید می‌کند که تا هولوسن پیشین ادامه داشت.

شواهدی وجود دارد مبنی بر اینکه آخرین دورهٔ یخچالی در شمال ایران و کوه‌های زاگرس دوره‌ای سرد و خشک بوده است. در نواحی پست سواحل جنوبی خزر رسوبات گرد و غباری طی LGM و آخرین دورهٔ یخبندان ثبت‌شده در نهشته‌های لسی نکا و آقبند نشان‌دهندهٔ شرایط نسبتاً خشک است (فریچن و همکاران، ۲۰۰۹). در مطالعاتی شاخص‌های ژئومورفولوژیکی در شناسایی تغییرات اقلیمی آخرین یخبندان استفاده شده است. مجموعه‌ای از مورن‌های یخچالی در کوه‌های البرز و زاگرس نشان‌دهندهٔ گسترش یخچال‌ها و مربوط به آخرین دورهٔ یخبندان است که موجب پایین‌آمدن برف‌مرز شده است (بوبک، ۱۹۶۳؛ پرو، ۱۹۸۴).

وایز (۱۹۷۴) نشان داد که بخشی از رسوبات یخچالی در کوه‌های مرتفع جنوب کرمان، آبرفتی است و بسیاری از دره‌ها و پرتگاه‌ها تنها شبیه به سیرک‌های یخچالی است و در واقع یخچالی نیست. طبق یافته‌های کرینسلی (۱۹۷۰)، در LGM سطوح دریاچه‌های شیراز و نیریز در زاگرس جنوبی ۲–۳ متر بالاتر از پلایاهای کنونی بوده است. افزایش سطوح آب دریاچه‌های ایران نشان‌دهندهٔ افزایش بارش یا کاهش تبخیر از سطوح دریاچه است که در ارتباط با کاهش دماست (بوبک، ۱۹۳۷؛ کرینسلی، ۱۹۷۰؛ استیونز و همکاران، ۲۰۰۱). در دریاچهٔ زریبار در دوره‌های خشک، تبخیر و تعرق در سطوح پوشش گیاهی استپی کمتر از میزان تبخیر و تعرق در دوره‌های با پوشش جنگلی بوده است، بنابراین این امر در دوره‌های مرطوب احتمالاً بر افزایش جریان‌های سطحی به سمت دریاچه‌ها و پلایاها افزوده است (استیونز و همکاران، ۲۰۰۱). بعید نیست که در شرایط خشک‌تر و پوشش گیاهی تنک، رواناب‌های سطحی افزایش یافته و مقدار کمتری از جریان‌های سطحی وارد سفره‌های آب زیرزمینی شده باشد. شکل‌گیری پادگانه‌های رودخانه‌ای در البرز (اهلرز، ۱۹۷۱؛ پالوسکا و دژنز، ۱۹۸۰) و کوه‌های زاگرس (فارست، ۱۹۷۰) بیشتر تحت تأثیر بالاآیی‌های زمین‌ساختی بوده است که به اشتباه تفسیر کلیماتوژنتیکی شده است و ارتباط‌دادن آن‌ها با آخرین دورهٔ یخچالی بسیار دشوار است. مشکل مشابهی ممکن است در زمینهٔ توصیف شکل‌گیری مخروط‌افکنه‌های آبرفتی نیز به‌وجود آید (کهل، ۲۰۰۹).

تغییر پوشش گیاهی و اقلیم هولوسن در ایران

الف) تغییر پوشش گیاهی شمال ایران در هولوسن

مطالعات گرده‌شناسی تالاب گمیشان در حاشیهٔ جنوب‌شرقی دریای خزر، نتایج قابل‌توجهی در مورد تغییرات پوشش گیاهی و نوسانات سطح دریا فراهم کرده است. در اواخر پلیستوسن و شروع هولوسن کاملاً از وجود گرده خالی است. بررسی‌های سنگ‌شناسی حاکی از واحد دریایی مخلوط‌شده با لس است که اکسیده‌شده و با افق فرسایشی به پایان رسیده است. تأخیر در رشد جنگل در آغاز هولوسن، که ویژهٔ مناطقی در شرق ترکیه است، در فلات ایران و جنوب حوضهٔ دریای خزر و به‌صورت ضعیف‌تر در دامنهٔ شمال‌شرقی رشته‌کوه البرز (گمیشان) در قلمروی درختان مجاور یخچالی ثبت شده است. جانشینی درختان برگ‌ریز اصلی مانند بلوط، ممرز، پرسیکا، راش و لرگ خارج از قلمرو خود شناسایی شده است که ارتباط نزدیکی با درختان اروپایی در دورهٔ بین‌یخچالی پلیستوسن پسین دارد. منطقهٔ نزدیک به رویشگاه درختان در قسمت شرقی البرز نسبت به سایر نواحی البرز شمالی و قفقاز زودتر تحت تأثیر کاهش قلمرو رویشی درختان قرارگرفته است که احتمالاً به‌علت فعالیت‌های انسانی در طول دورهٔ امپراتوری ساسانیان و خشک‌شدن شرایط اقلیمی بوده است (لروی و همکاران، ۲۰۱۳).

اکبری و همکاران (۱۳۹۱) در مطالعات گرده‌شناسی و سن‌سنجی رادیوکربن دریاچهٔ نئور نشان دادند که حدود ۱۲۸۰۰ سال پیش، یعنی هم‌زمان با دورهٔ دیریخبندان، نسبت فراوانی گرده‌های درختی به علفی ناچیز بوده است. سپس، طی گذار این دوره به هولوسن اولیه، گرده‌های درختچه‌ای و درختی مانند ریش بز، به‌تدریج افزایش یافت و طی دورهٔ سرد یانگر دریاس، دوباره کاهش یافت و پوشش گیاهی علفی در منطقهٔ نئور جایگزین پوشش درختی شد. بدین‌ترتیب، به‌نظر می‌رسد پس از دورهٔ سرد یانگردریاس، پوشش گیاهان درختی و علفی رو به افزایش بوده و نشانه‌های شروع دورهٔ هولوسن آشکار شده است. طی هولوسن پیشین در حدود ۹۸۰۰ سال پیش، هم‌زمان با افزایش معرف درختی به غیردرختی، نسبت درمنه به اسفناجیان و خانوادهٔ گندمیان به درمنه افزایش یافت. بنابراین، به‌نظر می‌رسد در این زمان در منطقهٔ نئور فاز مرطوب‌تری وجود داشته است. در ۹۴۰۰ سال قبل، فاز خشک مشهود بوده و بین ۸۰۰۰ تا ۹۰۰۰ سال پیش با افزایش گرده‌های درختی مانند بلوط و گرده‌های علفی مانند درمنه، وجود مجدد فاز مرطوب در حوضهٔ نئور قابل‌استنباط است.

مقادیر بالای گردهٔ توسکا در نیمهٔ شمالی ایران طی دورهٔ مطالعاتی ۳۰۰۰ ساله نشان داد که شرایط آب‌وهوایی منطقه در دورهٔ مذکور مرطوب بوده است. البته، در ۲۶۰۰ سال قبل از میلاد، رشد درخت به‌دلیل زیر آب‌رفتن منطقهٔ البرز مرکزی مختل شد. شواهد نشان می‌دهد که بالاترین سطح دریا در ۱۹۰۰ تا ۲۱۰۰ سال پیش بوده است. نخستین نشانه‌های تأثیر فعالیت انسان در منطقه را می‌توان از یافتن گرده‌های گردوی ایرانی[1] در ۲۳۵۰ سال پیش دانست. کاهش شدید گردهٔ درختی در سدهٔ پایانی نشان می‌دهد که پوشش درختی زمین‌های پست و مرتفع در اثر فعالیت‌های انسانی و جایگزینی آن با گیاهان پرورشی، کاهش یافته است.

بازسازی ۱۵۰۰ سال قبل تغییرات پوشش گیاهی ویسر (منطقهٔ کجور، مازندران؛ خاکپور و همکاران، ۱۳۹۲)، ۱۰۰۰ سال قبل باتلاق موزیداربن نوشهر (رمضانی و همکاران، ۲۰۰۸) و ۸۵۰ سال قبل تپهٔ کلار منطقهٔ کلاردشت (رمضانی و همکاران، ۱۳۹۲) در اواخر هولوسن با کمک گرده‌شناسی و تعیین سن به روش رادیوکربن، بازسازی شد که نشان‌دهندهٔ حضور همواره توسکا در مناطق مورد مطالعه است. برخلاف توسکا، لرگ کاهش چشمگیری در حدود ۹۰۰ سال پیش نشان می‌دهد و پس از آن به‌تدریج از پوشش گیاهی اطراف تورب‌زار ناپدید می‌شود. به‌نظر می‌رسد که کاهش لرگ با پدیدهٔ آب‌وهوایی موسوم به بی‌نظمی اقلیمی سده‌های میانی در ارتباط باشد که آب‌وهوایی گرم‌تر و پرباران‌تر را برای حدود ۱۰۰۰ سال پیش برای شمال کشور و دوره‌ای خشک‌تر را در عصر یخبندان کوچک پیشنهاد می‌کند. درختان مهم جنگلی، به‌ویژه راش و ممرز، نقش مهمی در ترکیب پوشش جنگلی منطقه در کل زمان مورد بررسی را به خود اختصاص می‌دهد، هر چند در پی تغییرات آب‌وهوایی و فعالیت‌های انسانی، تغییرات چشمگیری در فراوانی آن‌ها در طول زمان دیده می‌شود.

---

1. juglans regia

جدول ۴. تغییر پوشش گیاهی هولوسن در مناطق شمالی ایران

ناحیه	منطقهٔ مورد مطالعه	سن	ویژگی‌های اقلیم	نوع پوشش	طول مغزه
شمال ایران	تالاب گمیشان (لروی و همکاران، ۲۰۱۳)	اواخر پلیستوسن– شروع هولوسن	پایین‌ترین سطح دریا	واحد دریایی مخلوط‌شده با لس که اکسیده شده و با افق فرسایشی به پایان رسیده و خالی از گرده است.	۲۷٫۷ متری
		ابتدای هولوسن، ۱۰٫۶ تا ۷٫۲ هزار سال پیش	حداکثر سطح دریا		
	دریاچهٔ نئور (اکبری و همکاران، ۱۳۹۱)	۱۲۸۰۰ سال پیش، یعنی هم‌زمان با دورهٔ دیریخبندان طی گذار دورهٔ دیریخبندان به هولوسن اولیه		نسبت فراوانی گرده‌های درختی به علفی ناچیز بوده است. گرده‌های درختچه‌ای و درختی مانند ریش‌بز به‌تدریج افزایش یافت.	۸ متر مغزه– ۳متر پایینی مطالعات گرده‌شناسی
		طی دورهٔ سرد یانگر دریاس		پوشش گیاهی علفی در منطقهٔ نئور جایگزین پوشش درختی شد.	
		هولوسن پیشین در حدود ۹۸۰۰ سال پیش	در این زمان در منطقهٔ نئور فاز مرطوب‌تری وجود داشته است.	گرده‌های درختی افزایش داشت. نسبت درمنه به اسفناجیان و خانوادهٔ گندمیان به درمنه افزایش یافت.	
		۹۴۰۰ سال قبل	وجود فاز خشک مشهود		
		بین ۸۰۰۰ تا ۹۰۰۰ سال قبل	وجود دوبارهٔ فاز مرطوب در حوضهٔ نئور قابل‌استنباط است.	با افزایش گرده‌های درختی مانند بلوط و گرده‌های علفی مانند درمنه همراه بوده است.	
	ویسر (منطقه کجور، مازندران) (خاکپور و همکاران، ۱۳۹۲)	حدود ۱۵۰۰ سال قبل		توسکا همواره در منطقهٔ مورد مطالعه وجود داشته است.	
		در حدود ۹۰۰ سال قبل	کاهش لرگ با پدیدهٔ آب‌وهوایی موسوم به بی‌نظمی اقلیمی سده‌های میانی که آب‌وهوایی گرم‌تر و پرباران‌تر را برای حدود ۱۰۰۰ سال پیش برای شمال کشور پیشنهاد می‌کند.	برخلاف توسکا، لرگ کاهش چشمگیری نشان می‌دهد و پس از آن به‌تدریج پوشش گیاهی اطراف تورب‌زار ناپدید می‌شود. درختان جنگلی، به‌ویژه راش و ممرز، نقش مهمی در پوشش جنگلی منطقه در کل زمان مورد بررسی را به خود اختصاص می‌دهد.	۱۰۰ سانتی‌متر
	باتلاق موزی داربن در نزدیکی نوشهر (رمضانی، ۱۳۹۲؛ رمضانی و همکاران، ۲۰۰۷)	۱۰۰۰ سال گذشته	بی‌نظمی اقلیمی سده‌های میانی که آب‌وهوایی گرم‌تر و پرباران‌تر را برای حدود ۱۰۰۰ سال به همراه داشت.	جنگل‌های توسکا و ممرز وجود داشته و بلوط، نارون و انجیلی در ۱۰۰۰ سال قبل کمتر بوده است.	۴۵۰ سانتی‌متر
	تورب‌زار تپهٔ کلار، منطقهٔ کلاردشت مازندران (رمضانی و همکاران، ۱۳۹۲)	۸۵۰ سال گذشته	کاهش لرگ، هم‌زمانی این دوره با پدیدهٔ آب‌وهوایی موسوم به بی‌نظمی اقلیمی سده‌های میانی، احتمالاً علاوه‌بر منشأ انسانی، منشأ اقلیمی نیز داشته است.	راش، ممرز و بلوط همواره فراوان‌ترین درختان بوده است. کاهش اصلی لرگ در حدود ۷۰۰ تا ۸۰۰ سال پیش رخ داد.	۱۱۵ سانتی‌متر

جدول ۵. نتایج تعیین سن به روش رادیوکربن برای تورب‌زار ویسر (خاکپور و همکاران، ۱۳۹۲)

سن کالیبره‌شده (BP) (احتمال۹۵/۴درصد)	سن رادیوکربن (BP*)	مواد آلی مورد استفاده برای تعیین سن	عمق(cm)	کد نمونه در آزمایشگاه رادیوکربن
BP۹۱۳–۷۴۱	±۹۰۵ ۳۵	میوه جگن(Carex nutlet) بذر آقطی(Sambucus seed) میوه های آلاله(Rammculus) میوه های نعناع(Mentha fruits) میوه گزنه(Urtica nutlet)	۶۷–۶۶/۵	Poz-47392

* مخفف پیش از زمان حال (before present)، پیش از ۱۹۵۰ میلادی

جدول ۶. نتایج تعیین سن به‌روش AMS برای تورب‌زار تپه کلار (رمضانی، ۱۳۹۲)

سن کالیبره‌شده (BP) (2 range)	سن رادیوکربن (BP*)	مواد آلی مورد استفاده برای تعیین سن	عمق(cm)	کد نمونه در آزمایشگاه رادیوکربن
۹۲۴-۷۷۳ (۸۵۰)	۹۰۵ ± ۳۵	میوه‌های علف هفت‌بند (Polygonum) ترشک (Rumex) و قاشق‌واش (Alisma)	۱۱۴-۱۱۱	Poz-26230

* مخفف پیش از زمان حال (before present)، پیش از ۱۹۵۰ میلادی

ب) پوشش گیاهی و اقلیم نیمهٔ غربی کشور در هولوسن

با توجه به شواهد گرده‌های گیاهی و نتایج پژوهش‌های فون‌زیست و رایت (۱۹۶۳) در دریاچهٔ زریوار، گریفیت و همکاران (۲۰۰۱) در دریاچهٔ میرآباد، و صفایی و همکاران (۱۳۹۳) در تالاب هشیلان، به‌طور کلی می‌توان گفت که در نیمهٔ غربی ایران طی فاصلهٔ زمانی ۴۰ تا ۲۲ هزار سال گذشته، پوشش گیاهی به‌صورت درختان پراکنده بوده است. در اواخر پلئیستوسن (تقریباً ۲۲ تا ۱۴ هزار سال گذشته) پوشش گیاهی از نوع استپی خشک تا نیمه‌بیابانی و تقریباً بدون درخت بوده است که این نشان‌دهندهٔ آب‌وهوای سرد و خشک است که با افزایش اسفناجیان– درمنه و کاهش گندمیان و کاهش بسیار شدید درختان همراه بوده است. با شروع دورهٔ بین‌یخبندان هولوسن (حدود ۱۰ تا ۶ هزار سال پیش) گندمیان جایگزین اسفناجیان و درمنه شد و درختان بنه و بادام رشد کرد. چنین تغییری در پوشش گیاهی نشان‌دهندهٔ افزایش بارش است. غالب‌بودن درخت پسته تا ۷۲۰۰ سال پیش در ارتفاعات زاگرس نشان از اقلیم خشک اوایل هولوسن با دمای معتدل دارد. افزایش گردهٔ بلوط در اواسط هولوسن نیز بیانگر بیشترشدن رطوبت است.

در حدود ۱۴ هزار سال پیش احتمالاً دما افزایش یافته است که باعث تغییر پوشش گیاهی به بلوط–پسته شده است، در حالی که بارش در سراسر آخرین یخبندان و هولوسن پیشین کم باقیمانده است. در هولوسن پیشین گیاهان آبزی به‌شدت کاهش یافته و در کنار آن فراوانی زغال افزایش بسیار زیادی داشته است. بر اساس این شواهد، آب‌وهوای گرم و خشک در هولوسن پیشین حاکم بوده است که نشان‌دهندهٔ بارش زمستانی بیشتر و بارش‌های تابستانی محدود و تبخیر بالاست. شرایط موجود در هولوسن میانی (حدود ۶۰۰۰ پیش) سبب گسترش جنگل‌های بلوط شده است. جنگل‌های بلوط در هولوسن میانی تثبیت شده و تا عصر کنونی فراوانی خود را حفظ کرده است. بیشترین گیاهان درختی در هولوسن میانی ظاهر شده و در کنار آن تیرهٔ اسفناجیان به کمترین مقدار رسیده است که تأییدکنندهٔ گرم و مرطوب‌بودن آب‌وهوای هولوسن میانی است. ولی با توجه به کاهش بلوط و افزایش پسته– بادام رطوبت نیمهٔ گرم سال در هولوسن پسین کمتر از هولوسن میانی شده است. این شواهد نشان‌دهندهٔ گرم‌تربودن این دوره نسبت به هولوسن میانی است.

جمالی و همکاران (۲۰۰۸) با بررسی گرده‌شناسی بر اساس دو مغزهٔ ۱۰۰ متری از دریاچهٔ ارومیه در شمال‌غربی ایران رکوردی از اطلاعات پوشش گیاهی ۲۰۰ هزار ساله را فراهم کردند. طی دوره‌های یخچالی پایانی و قبل پایانی، پوشش استپی درمنه و گرامینه‌ها در نواحی مرتفع و اسفناجیان در اکوسیستم‌های نمکی نواحی پست و مرتفع غلبه داشته است، در حالی که درختان برگ‌ریز ارس و بلوط بسیار نادر بوده و به برخی قلمروهای، سنجد تلخ (سرده)، به‌ویژه در آخرین دورهٔ یخچالی محدود می‌شده است. گسترش استپ درختچه‌ای ریش بز یا اُرمک در اواخر دورهٔ یخچالی قبل پایانی افزایش داشته است اما با خشکی شدید موجب گسترش استپ درمنه شده است. سطوح خیلی بالای دریاچه در اواسط آخرین دورهٔ یخچالی و اواخر دورهٔ قبل پایانی یخچالی با شاخص گرده و رسوبی مستند شد. دورهٔ گذار از اواخر یخچالی تا اوایل هولوسن با غلبهٔ سنجد تلخ (سرده)، ریش بز یا اُرمک، گونهٔ توس، پسته و در نهایت، ارس و بلوط نشان داده شده است. بوتما (۱۹۸۶) در مطالعه‌ای روی رسوبات دریاچهٔ ارومیه نشان داد که پوشش گیاهی استپ درمنه تا ۹۰۰۰ سال پیش در منطقه غالب بوده است. بین ۸ تا ۹ هزار سال پیش، استپ‌های جنگلی توسعه یافت و از ۷ هزار سال پیش از میلاد پوشش گیاهی مشابه دورهٔ کنونی در منطقه گسترش یافت.

طالبی و همکاران (۲۰۱۵) تغییرات پوشش گیاهی، تغییرات سطح دریاچه و آثار انسانی و تغییرات آب‌وهوا بر زمین‌های اطراف دریاچهٔ ارومیه را در ۲۵۵۰ سال گذشته مطالعه کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که کاهش نسبی گرده‌های درختی و جایگزینی آن با گرده‌های درمنه در ۲۵۰۰ تا ۱۵۰۰ سال پیش، نشان‌دهندهٔ وجود پوشش گیاهی استپ به‌علت

خشکی نسبی منطقه بوده است. نتایج بازسازی گرده‌شناسی در اواخر هولوسن، نشان‌دهندهٔ فراوانی گرده‌های درختی، به‌ویژه بلوط و کم‌بودن نسبی گرده‌های درمنه و اسفناجیان در بازهٔ زمانی ۱۲۰۰–۱۶۰۰ سال گذشته و در نتیجه وجود جنگل‌های بلوط و آب‌وهوای مرطوب در منطقه بود. همچنین، حضور هاگ‌های ریلا[1] و مقادیر کم حساسیت مغناطیسی و کربنات کلسیم نشانگر تراز نسبتاً بالای آب دریاچهٔ ارومیه و پایین‌تربودن میزان شوری آن در زمان مذکور است. وجود گردهٔ گردو در آن دوره نشانه‌ای از فعالیت‌های کشاورزی و کشت درختان گردو در منطقه است. پایان دوره با کاهش شدید گردهٔ بلوط و افزایش گرده‌های اسفناجیان و درمنه، همچنین گردهٔ گیاهان سطح تالاب همراه بوده است. فراوانی گرده‌های نشانگر پوشش استپی نیمه‌بیابانی همانند درمنه، اسفناجیان، پیرگیاه، بابونه و گیاهان خانواده کلاه‌میرحسن در بازهٔ زمانی (۱۲۰۰ تا ۹۰۰ سال پیش)، نشان‌دهندهٔ افزایش خشکی و سرمای هواست. کاهش هاگ ریلا به‌همراه شواهدی از گسترش گیاهان شورپسند در حاشیهٔ دریاچه، نشان‌دهندهٔ افت شدید تراز آب دریاچه و به‌وجودآمدن زمین‌های شور و گل‌آلود مناسب برای استقرار اسفناجیان بوده است. افزایش مجدد گردهٔ بلوط و هاگ ریلا، کاهش گردهٔ گز و گیاهان سطح تالاب و مقادیر کم حساسیت مغناطیسی در بازهٔ زمانی ۹۰۰ تا ۶۵۰ سال گذشته، نشان‌دهندهٔ گسترش نسبی جنگل بلوط و افزایش تراز آبی دریاچه است. این دوره که هم‌زمان با پدیدهٔ موسوم به بی‌نظمی آب‌وهوایی سده‌های میانی بوده است، با آب‌وهوایی گرم‌تر و پرباران‌تر از امروز در قفقاز و شمال کشور همراه بوده است. با پایان این دوره، منحنی گرده‌های درختی، به‌ویژه بلوط، به‌شدت کاهش یافت که همراه با منحنی پیوستهٔ ریلا و وجود گرده‌های ارس حاکی از بالابودن تراز آب دریاچه و سرمای هوا در ۶۵۰ تا ۴۵۰ سال گذشته بوده است. این دورهٔ سرد با عصر یخبندان کوچک هم‌زمان بود که در بسیاری از مناطق با کاهش تبخیر و بالاآمدن سطح آب دریاچه‌ها همراه بود. در ۴۵۰ سال اخیر روند کاهش بلوط و ریلا ادامه داشته و در نمونه‌های بالایی به‌طور کامل ناپدید شده است؛ هم‌زمان گردهٔ گیاهان استپی و بیابانی در نمودار گرده افزایش یافت.

بازسازی تغییرات آب‌وهوایی هولوسن در جنوب‌غرب ایران که با استفاده از شواهد گرده‌شناسی حاصل از دریاچهٔ پریشان انجام شد و تقریباً حدود ۱۰۹۸۰ سال را پوشش می‌داد و نشان‌دهندهٔ شواهد گرده‌های گیاهانی چون اسفناجیان، گندمیان، میخک و درمنه بود که به معنای استیلای شرایط خشک در منطقه است. بنابراین، می‌توان بیان کرد که آب‌وهوای زاگرس جنوبی در اواخر پلیئستوسن در دورهٔ یانگردریاس، استپی سرد بوده است (داوودی و همکاران، ۱۳۹۳). بررسی‌های داوودی و همکاران (۱۳۹۳) نشان داد که تاریخ شروع هولوسن در دریاچهٔ پریشان از ۱۰۲۰۰ سال قبل بوده است و تا ۸۱۷۰ سال قبل طول کشید. در این دوره در منطقهٔ مذکور افزایش تیرهٔ گندمیان و کاهش تیرهٔ اسفناجیان و درمنه وجود داشت. بنابراین، می‌توان گفت که رطوبت این دوره در نیمهٔ گرم سال افزایش یافته است، اما این مقدار رطوبت به اندازه‌ای نبوده است که برای رشد بلوط کافی باشد، ولی درختان پسته و بادام رشد خوبی داشته است. بارش مورد نیاز برای تشکیل جنگل پسته–بادام ۳۰۰ میلی‌متر و برای جنگل بلوط بیش از ۵۰۰ میلی‌متر است (رایت، ۱۹۶۷). لذا، شواهد نشان‌دهندهٔ گرم و خشک‌بودن آب‌وهوای هولوسن پیشین در دریاچهٔ پریشان است.

از ۸۱۷۰ تا ۷۵۷۰ سال قبل تیره‌های اسفناجیان مجدداً در اطراف دریاچهٔ پریشان افزایش و تیرهٔ گندمیان کاهش یافت. افزایش گونه‌های سرماپسندی چون هزارخار، گل‌گندم و تیرهٔ چتریان نشان از کاهش دما در این دوره دارد. در این دوره درختان کاج نیز رشد خوبی در منطقه داشت (داوودی و همکاران، ۱۳۹۳). کاهش تیرهٔ گندمیان و افزایش پوشش گیاهی خشکی‌پسند همچون اسفناجیان، چتریان و خانوادهٔ کاسنیان خشکی این دوره را تأیید می‌کند. از طرف دیگر، ممکن است افزایش پوشش متناقض باشد. همان‌طور که گفتیم گندمیان در مناطقی غالب است که بارش‌های تابستانه دارد. بنابراین، کاهش قابل‌توجه این تیره نشان‌دهندهٔ کاهش بارش تابستانه در این منطقه است. کاهش گیاهان آبزی در این دوره نیز تأکیدی بر کاهش بارش تابستانه است.

از ۷۵۷۰ تا ۵۶۰۰ سال قبل که هم‌زمان با دوران بهینهٔ اقلیمی بود جنگل‌های بلوط رشد کرد. در این دوره درختان پسته در منطقه کاهش یافت و زبان‌گنجشک و بادام افزایش پیدا کرد. افزایش گیاهان درختی در مقابل کاهش اسفناجیان و درمنه از نشانه‌های دوره‌های مرطوب است.

---

1. Riella

از ۵۶۰۰ تا ۲۷۰۰ سال قبل رشد درختانی چون بلوط و بادام افزایش یافت. گونه‌های سرماپسند تقریباً مشابه دوره‌های قبل بود. تیرهٔ چتریان کاهش و بارهنگ تا اندازه‌ای افزایش یافت. این دوره دارای آب‌وهوای گرم و مرطوب بوده است. در این زمان تیرهٔ گندمیان نوسان زیادی داشت و نسبت به دورهٔ قبل کاهش یافت. علت آن ممکن است در اثر چرای دام‌ها یا تبدیل اراضی طبیعی به زمین‌های کشاورزی بوده باشد. در ۲۷۰۰ سال قبل اسفناجیان مجدداً رشد و افزایش داشته و پوشش درختی کم شده است. در این دوره افزایش گردهٔ پسته و بادام در برابر کاهش گردهٔ بلوط نشان از افزایش بارش در فصل زمستان و کاهش بارش تابستانه دارد (جمالی و همکاران، ۲۰۰۹a).

جدول ۷. تغییر پوشش گیاهی هولوسن نیمهٔ غربی ایران

ناحیه	منطقهٔ مورد مطالعه	سن	ویژگی‌های اقلیم	نوع پوشش
شمال غرب- غرب -جنوب غرب ایران	دریاچهٔ زریوار (فون‌زیست و رایت، ۱۹۷۷)	۴۰ تا ۲۲ هزار سال گذشته		پوشش درختی به‌صورت پراکنده وجود داشت.
		بین ۲۲ تا ۱۴ هزار سال گذشته	آب‌وهوای سرد و خشک	درختان به‌طور کامل در این منطقه ناپدید شدند و پوشش گیاهی استپی از درمنه و خانوادهٔ اسفناجیان مستقر شد.
		۱۰ تا ۶ هزار سال پیش	دوره‌های خشکی شدید	وجود دشت‌های بی‌درخت
		حدود ۶۰۰۰ پیش از میلاد	افزایش رطوبت به سطح دوران کنونی	دشت‌های بدون درخت جای خود را به جنگل‌های بلوط داد.
	میرآباد (گریفیت و همکاران، ۲۰۰۱)	اوایل هولوسن	پایین‌بودن سطح دریاچهٔ میرآباد در جنوب‌غرب ایران	تأخیر زمانی مجزا به‌صورت پیشروی جنگل و افزایش سطح آب دریاچه
		تا ۷۲۰۰ سال پیش	اقلیم خشک اوایل هولوسن با دمای معتدل، بیشتربودن نسبت بارش به تبخیر، بارش‌های تابستانه بیش از بارش‌های زمستانه	غالب‌بودن درختان پسته
		حدود ۶۰۰۰ پیش	افزایش رطوبت، بارش و دما مشابه شرایط امروز	غلبهٔ جنگل‌های بلوط
	دریاچه هشیلان در کرمانشاه (صفایی‌راد و همکاران، ۱۳۹۳)	پلیئستوسن پسین	استیلای شرایط آب‌وهوایی سرد و خشک	وجود پوشش‌های استپ خشک اسفناجیان و درمنه
		شروع هولوسن (هولوسن پیشین)	افزایش نسبی دما و بارش وجود فصل گرم و خشک طولانی که موازنهٔ بارش با تبخیر به‌شدت منفی	گندمیان جایگزین اسفناجیان و درمنه‌شده و تغییز پوشش گیاهی از استپی به ساوان پسته- بلوط
			آب‌وهوای هولوسن پیشین با فصل سرد و مرطوب و فصل گرم و خشک طولانی	شواهدی همچون رویش درختان و درختچه‌های مقاوم پستهٔ کوهی و بادام، محدودشدن رشد درختان به کنار پهنه‌های آبی، خشک‌شدگی سطح تالاب و عدم گسترش جنگل‌های بلوط در هولوسن پیشین
		هولوسن میانی طی دوره‌های یخچالی پایانی و قبل پایانی	آب‌وهوای مرطوب	استیلای جنگل‌های بلوط
				غلبهٔ پوشش استپی درمنه و گرامینه‌ها در نواحی مرتفع و اسفناجیان در زیست‌بوم‌های نمکی نواحی پست و مرتفع
				نادربودن درختان برگ‌ریز ارس و بلوط و محدودبودن به برخی قلمروهای، سنجد تلخ (سرده) به‌ویژه در آخرین دورهٔ یخچالی
	ارومیه (جمالی و همکاران، ۲۰۰۸)	اواخر دورهٔ یخچالی قبل پایانی	افزایش سطوح آب دریاچه	افزایش گسترش استپ درختچه‌ای ریش بز یا اُرمک با خشکی شدیدی که استپ درمنه‌شده را گسترش داد
		دورهٔ گذار از اواخر یخچالی تا اوایل هولوسن		غلبهٔ سنجد تلخ (سرده)، ریش بز یا اُرمک، گونهٔ توس، پسته، و در نهایت غلبهٔ ارس و بلوط

ناحیه	منطقهٔ مورد مطالعه	سن	ویژگی‌های اقلیم	نوع پوشش
		تا ۹۰۰۰ سال پیش		غالب‌بودن پوشش گیاهی استپ درمنه در منطقه
		بین ۸ تا ۹ هزارسال پیش		توسعهٔ استپ‌های جنگلی گسترش پوشش گیاهی مشابه دورهٔ کنونی در منطقه
		۲۵۰۰–۱۵۰۰	خشکی نسبی منطقه	کاهش نسبی گرده‌های درختی و جایگزینی آن با گرده‌های درمنه
		۱۲۰۰–۱۶۰۰ سال گذشته	آب‌وهوای مرطوب، تراز نسبتاً بالای آب دریاچهٔ ارومیه و پایین‌تربودن میزان شوری آن در زمان	فراوانی گرده‌های درختی، به‌ویژه بلوط و کم‌بودن نسبی گرده‌های درمنه و اسفناجیان
	ارومیه (طالبی و همکاران، ۲۰۱۵)	۹۰۰ تا ۱۲۰۰ سال پیش	افزایش خشکی و سرمای هوا	کاهش شدید گردهٔ بلوط و افزایش گرده‌های اسفناجیان و درمنه، فراوانی گرده‌هایی همانند درمنه، اسفناجیان، پیرگیاه، بابونه و گیاهان خانوادهٔ کلاه میرحسن نشانگر پوشش استپی نیمه‌بیابانی
		۶۵۰ تا ۹۰۰ سال گذشته پدیده موسوم به بی‌نظمی آب‌وهوایی سده‌های میانی بوده است	افزایش تراز آبی دریاچه استیلای آب‌وهوای گرم‌تر و پرباران‌تر از امروز در قفقاز و شمال کشور	افزایش مجدد گردهٔ بلوط و هاگ ریلا، کاهش گردهٔ گز و گیاهان سطح تالاب
		۴۵۰ تا ۶۵۰ سال گذشته عصر یخبندان کوچک	بالابودن تراز آب دریاچه و سرمای هوا در بسیاری از مناطق با کاهش تبخیر و بالاآمدن سطح آب دریاچه‌ها	کاهش بلوط و هاگ ریلا
		در ۴۵۰ سال اخیر		تداوم روند کاهش بلوط و ریلا هم‌زمان، افزایش گردهٔ گیاهان استپی و بیابانی
	دریاچهٔ آلمالو (جمالی و همکاران، ۲۰۰۹a)	سال‌های ۲۲۲۰–۲۴۵۰ (سلطنت هخامنشی) و ۳۰–۲۳۰ سال قبل از حال حاضر (پایان سلسلهٔ صفوی و شروع دورهٔ جدید)		هم‌زمان با بیشترین گستردگی فعالیت‌های کشاورزی
		زمان عصر یخبندان کوچک	کاهش دما، همچنین افزایش بارش ارتفاع بالاتر سطح دریاچه	کاهش گرده‌های گونهٔ گندمیان، همچنین درختان کاشته‌شده در این دوره نشان‌دهندهٔ تغییر سبک زندگی از پرورش مزارع و باغداری به دامداری با استفاده از مراتع در تابستان
		اواخر پلیئستوسن در دورهٔ یانگردریاس	سرد	پوشش گیاهی استپی
	پریشان (داوودی و همکاران، ۱۳۹۳)	شروع هولوسن از ۱۰۲۰۰ تا ۸۱۷۰ سال قبل	گرم و خشک، افزایش رطوبت این دوره در نیمهٔ گرم سال	افزایش تیرهٔ گندمیان و کاهش تیرهٔ اسفناجیان و درمنه. رطوبت به اندازه‌ای نبود که برای رشد بلوط کافی باشد، ولی درختان پسته و بادام رشد خوبی داشتند.
		۷۵۷۰ تا ۸۱۷۰ سال قبل	افزایش رطوبت به‌علت افزایش بارش زمستانه و کاهش بارش‌های نیمهٔ گرم سال	افزایش تیره‌های اسفناجیان مجدداً در اطراف دریاچهٔ پریشان و کاهش تیرهٔ گندمیان
		۵۶۰۰ تا ۷۵۷۰ سال قبل	دوران بهینهٔ اقلیمی	افزایش جنگل‌های بلوط، کاهش درختان پسته در منطقه و افزایش زبان‌گنجشک و بادام
		۲۷۰۰ تا ۵۶۰۰ سال قبل ۲۷۰۰ سال قبل	آب‌وهوای گرم و مرطوب افزایش بارش در فصل زمستان و کاهش بارش تابستانه	افزایش رشد درختانی چون بلوط و بادام افزایش گردهٔ پسته و بادام و کاهش گردهٔ بلوط

ج) پوشش گیاهی و اقلیم جنوب و جنوب‌شرق کشور در هولوسن

مغزهٔ رسوبی دریاچهٔ هامون (جنوب‌شرق ایران)، سوابق نهشته‌های گردوغبار و آبرفتی- دریاچه‌ای اواخر یخبندان و هولوسن را نشان می‌دهد و چشم‌اندازهای جدیدی از توسعهٔ سیستم هیدرولوژیکی دیرینهٔ حوضهٔ آبریز فراهم می‌کند (حمزه و همکاران، ۲۰۱۵). توزیع اندازهٔ دانه، ویژگی‌های پتروگرافیکی و اندازه‌گیری‌های شیمیایی مغزهٔ رسوبی نشان می‌دهد که:

- اواخر یخبندان تا اوایل هولوسن در حوضهٔ سیستان دریاچهٔ پرآبی با سطح آب نسبتاً باثبات وجود داشته است. حوضه با هر دو بارش MLW (بادهای غربی عرض‌های میانه) و ISM (موسمی‌های هند) کوه‌های هندوکش تغذیه می‌شده است. موقعیت ITCZ (منطقهٔ همگرایی بین‌حاره‌ای) ISM را منبع اصلی رطوبت جنوب‌شرق ایران، افغانستان و پاکستان قرار داده است.
- در اوایل تا اواسط هولوسن، حرکت به‌سمت جنوب ITCZ به تضعیف ISM انجامید. در نتیجه به دوره‌های خشک حوضهٔ سیستان و شرایط نیمه‌خشک شمال‌غرب هیمالیا انجامید. ایجاد گرادیان فشار بالا بین فروافتادگی سیستان و ارتفاعات کوه‌های هندوکش منجر به رخداد توفان‌های شدید و مکرر گردوغبار در منطقه شد.
- از اواسط تا اواخر هولوسن به بعد، رژیم هیدروکلیمایی حوضهٔ سیستان و شمال‌غرب هیمالیا غالباً بر اثر بارش‌های مرتبط با MLW کنترل می‌شد. در مقایسه با اواخر یخبندان تا اوایل هولوسن، سطح دریاچه کاهش و در نتیجه بهره‌وری دریاچهٔ هامون نیز کاهش یافت. نوسانات مکرر سطح دریاچهٔ هامون نشان‌دهندهٔ اقلیم ناپایدار اواسط تا اواخر هولوسن بوده است.

هر چند در نیمهٔ جنوب–جنوب‌شرق کشور مطالعات زیادی روی گرده‌ها صورت نگرفته است، می‌توان پوشش گیاهی این منطقه را از ۱۹۰۰ سال پیش این‌گونه بازسازی کرد: منطقه‌ای که به‌دلیل فقر شدید اطلاعات از نظر تغییرات آب‌وهوایی به‌سختی قابل‌شناخت است. اطلاعات گیاه‌شناختی جنوب ایران نشان می‌دهد که بعد از تهاجم مسلمانان و سقوط سلسلهٔ ساسانی، دشت‌های منطقه به بیابان تبدیل شده است.

طی ناهنجاری آب‌وهوایی دوران قرون وسطی، وضعیت گیاهی به‌شدت تحت تأثیر شرایط بیابانی قرارگرفت و گیاهانی مانند کالیگونوم، گل گندم، کاسنیان، میخکیان و تاج‌خروسیان رشد کرد. در خلیج عمان، وجود Impagidinium paradoxum شاخصی برای عدم تخلیهٔ آب به اقیانوس در آن زمان است.

ساحل مکران از نظر تکتونیکی فعال است و پتانسیل قرارگیری در معرض سیکلون‌ها و سیلاب‌های شدید را دارد. میلر و همکاران (۲۰۱۶) برای بازسازی پوشش گیاهی جنوب ایران از ۳۳ نمونه گرده و داده‌های رسوبی استفاده کردند. در نهایت، با ترکیب نتایج این‌ها سه منطقهٔ پوشش گیاهی را بازسازی کردند:

۱. (c. 1857-1099 cal yr BP). با فراوانی درمنه (۲۲ درصد) و تاج‌خروسیان (۳۸ درصد) همراه بود. همچنین، فروانی پایدار و کمی از کاج، اسکنبیل، چنار و چتریان نیز وجود داشته است. نسبت فراوانی غلات و جگن نسبتاً بالا بود. درصد میخکیان ،کاسنیان و گل گندم (سرده) در این دوره کاهش یافت.

۲. (c. 1099-863 cal yr BP). با افزایش تدریجی تاج‌خروسیان مشخص می‌شود. به‌علاوه، درمنه نیز افزایش داشته است. درصد میخکیان،کاسنیان، درخت توس و گل‌گندم (سرده) افزایش یافت. فراوانی غلات از ۱۳/۹ درصد به ۴/۶ درصد کاهش یافت.

۳. (863-3 cal yr BP). با کاهش تاج‌خروسیان از ۴۹ درصد به ۲۰ درصد بود. اما، در پایان این دوره مجدداً افزایش یافت. درصد درمنه در این زمان متغیر بود. میخکیان،کاسیان و گل‌گندم کاهش یافت. وفور غلات و جگن در این دوره رخ داد.

فراوانی غلات و کاهش درمنه نشان‌دهندهٔ شرایط مرطوب در زمان ساسانیان در جنوب ایران است. بررسی فراوانی گونهٔ بیابانی تاج‌خروسیان طی سه منطقهٔ شناسایی‌شده نشان‌دهندهٔ این است که در زمان ساسانیان اقلیم خشک‌تر از زمان عصر کوچک یخبندان بوده اما نسبت به دورهٔ قرون وسطی مرطوب‌تر بوده است.

مقایسهٔ تغییرات پوشش گیاهی منطقهٔ نئور با سایر مناطق شمال‌غرب ایران مانند دریاچه‌های زریوار، میرآباد، نیلوفر، ارومیه و دریاچهٔ وان ترکیه را واسیلیکوا و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که شباهت‌هایی بین تغییرات پوشش گیاهی این دریاچه‌ها وجود دارد. تحقیقات نشان داده است که تاریخچهٔ پوشش گیاهی مشابهی طی دورهٔ دیریخبندان و هولوسن در دریاچهٔ وان و زریوار وجود داشته است. بر اساس پژوهش‌های انجام‌شده در دریاچه‌های شمال‌غرب ایران، دورهٔ دیریخبندان در شمال‌غرب کشور، به‌ویژه در دریاچه‌های ارومیه و زریوار از حدود ۱۵۴۰۰ تا ۱۲۶۰۰، دورهٔ سرد یانگر دریاس در بازهٔ زمانی حدود ۱۲۸۰۰ تا ۱۱۶۰۰ و شروع دورهٔ هولوسن پس از پایان دورهٔ سرد یانگر دریاس در حدود ۱۱۶۰۰ سال پیش رخ داده است. سپس، با شروع گسترش درختان از حدود ۶۵۰۰ سال پیش، دورهٔ هولوسن پیشین به پایان رسید و دورهٔ هولوسن میانی شروع شد.

جدول ۸. تغییر پوشش گیاهی هولوسن در جنوب-جنوب‌شرق ایران

ناحیه	منطقهٔ مورد مطالعه	سن	ویژگی‌های اقلیم	نوع پوشش
		دورهٔ دیر یخبندان تا اوایل هولوسن	هامون دریاچه‌ای پرآب با سطح آب نسبتاً باثبات	در این منطقه، مطالعات گرده یا انجام نشده یا در مغزه‌ها گرده‌ای برای مطالعه وجود نداشته است.
	دریاچهٔ هامون	اوایل تا اواسط هولوسن	هم‌زمان با دوره‌های خشک حوضهٔ سیستان و شرایط نیمه‌خشک شمال‌غرب هیمالیا، رخداد توفان‌های شدید و مکرر گردوغبار	
		اواسط تا اواخر هولوسن	کنترل رژیم هیدروکلیمایی حوضهٔ سیستان و شمال‌غرب هیمالیا غالباً با بارش‌های مرتبط با MLW نوسانات مکرر سطح دریاچهٔ اقلیم ناپایدار اواسط تا اواخر هولوسن	
		۱۸۵۷-۱۰۹۹ cal yr BP		با فراوانی درمنه (۲۲٪) و تاج‌خروسیان (۳۸٪) همراه بوده است. همچنین، کاج، اسکنبیل، چنار و چتریان نیز وجود داشته است. نسبت فراوانی غلات و جگن زیاد و درصد میخکیان، کاسنیان و گل‌گندم (سرده) کم بوده است.
	سواحل عمان	۸۶۳-۱۰۹۹ cal yr BP	غلبهٔ اقلیم خشک و تر	افزایش تدریجی تاج‌خروسیان به‌همراه درمنه. درصد میخکیان، کاسنیان، درخت توس و گل‌گندم (سرده) افزایش یافت. فراوانی غلات از ۱۳/۹٪ به ۴/۶٪ کاهش یافت.
		۳-۸۶۳ cal yr BP	شرایط مرطوب	با کاهش تاج‌خروسیان از ۴۹٪ به ۲۰٪ همراه بود. اما در پایان این دوره پوشش گیاهی مذکور مجدداً افزایش یافت. درصد درمنه در این زمان متغیر بود. میخکیان، کاسیان و گل‌گندم کاهش یافت. وفور غلات و جگن در این دوره رخ داد.

نتیجه‌گیری

بر پایهٔ این پژوهش‌ها، در دوره‌های به نسبت گرم و مرطوب بین یخبندان، پوشش‌های درختی و درختچه‌ای (مانند بلوط،

افرا، پسته و ارس) و در دوره‌های یخبندان، پوشش‌های استپی، به‌ویژه درمنه و اسفناجیان (نشان‌دهندهٔ آب‌وهوای خشک و سرد) گسترش داشته است.

در چند سال اخیر، تاریخچهٔ پوشش گیاهی جنگل‌های هیرکانی در اواخر هولوسن با بررسی پالینولوژیکی چند تورب‌زار در مناطق جلگه‌ای و کوهستانی در بخش‌های مرکزی البرز، بازسازی و نشانه‌هایی از تأثیر آب‌وهوا و نقش انسان در این تغییرات مشاهده شده است (رمضانی، ۲۰۰۹؛ رمضانی و همکاران، ۲۰۰۸). افزون‌بر این، پژوهش‌هایی هم روی رسوبات دریایی یا تالابی در شمال کشور با هدف بررسی نوسان‌های سطح آب دریای خزر انجام شده است. برای مثال، کازانسی و همکاران (۲۰۰۴) با بررسی لایه‌های رسوبی تالاب انزلی در استان گیلان، پیشروی‌های درازمدت دریای خزر طی چند هزار سال اخیر را بازسازی کردند. آن‌ها از روی رسوبات غیردریایی (خشکی)، به‌ویژه کمپلکس لس- خاک، به این نتیجه رسیدند که اقلیم خشک و بادی در ۸۰۰۰- ۱۰۰۰۰ سال پیش در منطقه حکمفرما بوده است.

شواهد مختلف اقلیمی و گیاهی نشان می‌دهد که دوره‌های سرد در ایران با افزایش خشکی همراه بوده است. احتمالاً در طول دوره‌های نسبتاً خشک و سرد، تقویت واچرخند سیبری به تضعیف و تغییر جنوب سوی موسمی‌های دیرینه انجامیده است. هم‌زمان با تضعیف موسمی‌ها، مسیرهای توفان‌های چرخندی به سمت جنوب جابه‌جا شده است. علاوه‌بر آن، چرخندهای بادهای غربی ممکن است ضعیف‌تر شده باشد. باد شمال (که در طول خلیج فارس می‌وزد) نیز ممکن است در طول این دوره‌های سرد فعال بوده باشد. همچنین، احتمال غالب‌بودن بادهای شمالی یا شمال‌شرقی در شمال ایران وجود داشته است که از بیابان‌های مرکزی آسیا می‌وزیده است. شواهد آن وجود تپه‌های شنی صحرای قره‌قوم و توزیع فضایی نهشته‌های لسی در کپه‌داغ و شمال ایران است. چرخندهای باد غربی که امروزه بعد از عبور از دریای خزر گاه‌وبی‌گاه وارد شمال ایران می‌شود، احتمالاً ضعیف‌تر بوده است. به‌دلیل این سازوکارها جهت‌های غالب بادهای دیرینه در ایران در طول دوره‌های یخچالی شمال‌غربی تا جریان‌های حاره‌ای شمال‌شرقی بوده است (کهل، ۲۰۰۹).

روی‌هم‌رفته اکثر محققان با وجود چندین تغییر اقلیم در دورهٔ کواترنری در ایران موافق‌اند، ولی زمان و شدت این تغییرات کاملاً واضح نیست. اکثر محققان برای دوره‌های یخچالی از اقلیمی سردتر و خشک‌تر از حال بحث می‌کنند. البته، اکثر مطالعات در شمال و غرب ایران بوده است، به‌خصوص در شرق و ایران مرکزی مطالعات دقیق و جدیدی انجام نشده است. مطالعات صورت‌گرفته در دنیا نشان می‌دهد که در مناطق نزدیک به آب‌های آزاد، اقلیم سرد همراه با افزایش رطوبت بوده است. بنابراین، می‌توان انتظار داشت که حداقل سواحل جنوبی ایران در دوره‌های سرد مرطوب‌تر بوده باشد. به‌هرحال، بدون انجام مطالعات دقیق نمی‌توان نظر قطعی در این مورد داد. در مورد دوره‌های بین یخچالی هولوسن در ایران کمتر صحبت شده است. متأسفانه، بسیاری از مطالعات در مورد اقلیم دیرینهٔ ایران فاقد سن‌سنجی است. رسوبات دریاچه‌ای در غرب ایران و لس‌های بادی در شمال ایران آرشیوهای باارزشی برای مطالعات تغییر اقلیم گذشته است (داوودی و همکاران، ۱۳۹۳). همچنین، با توجه به دما و بارش مؤثر گونه‌های مختلف گیاهی، می‌توان گفت شاید بعضی گونه‌ها در زمانی که شرایط اقلیمی مناسبی برای رشد نداشته‌اند در مکان امروزی خود رشد نکرده و در ارتفاعات بالاتر روییده باشند. امید است مطالعات آینده دربارهٔ این منابع با تفکیک مکانی و زمانی بهتری انجام گیرد.

براساس پیش‌بینی‌ها، تغییرات اقلیمی طی ۵۰ تا۱۰۰ سال آینده افزایش خواهد یافت و در بسیاری از مناطق بر شدت دخالت‌های بشر در طبیعت افزوده خواهد شد. بنابراین، لازم است که واکنش پوشش گیاهی (در محدودهٔ تغییرپذیری طبیعی آن) را در برابر این تغییرات بدانیم و قادر به مدیریت آن باشیم (فوردین و ویلیس، ۲۰۰۸).

آگاهی از تغییرات گذشتهٔ جنگل و پویایی طبیعی آن در طول زمان لازمهٔ درک صحیح وضعیت کنونی جنگل‌هاست و در برنامه‌های حفاظتی و سیاستگذاری جنگل و نیز پیش‌بینی وضعیت آیندهٔ آن نقش اساسی دارد. پژوهش‌های دیرینه‌بوم‌شناختی، که گرده‌شناسی مهم‌ترین ابزار آن است، ما را به‌دستیابی چنین چشم‌اندازی رهنمون می‌سازد. پژوهش‌های بیشتر، امکان بازسازی کامل تاریخچهٔ پوشش گیاهی منطقهٔ هیرکانی را در دورهٔ کواترنری (از ۲ میلیون سال پیش تا کنون) و نقش آب‌وهوا و انسان را در بروز این تغییرات، در مقیاس محلی و منطقه‌ای فراهم خواهد آورد.

منابع

اکبری، ط. (۱۳۹۱). بازسازی تاریخچهٔ دیرینهٔ اقلیمی و پوشش گیاهی در غرب کوه‌های تالش- شرق آذربایجان در طی پلیستوسن اولیه – هولوسن. رسالهٔ دکتری، گرایش اقلیم‌شناسی، دانشکدهٔ جغرافیا، دانشگاه تهران، استاد راهنما: قاسم عزیزی.

حسینی، ز. (۱۳۹۰). بررسی تغییرات اقلیمی با استفاده از تحلیل ایزوتوپ‌های اکسیژن رسوبات دریاچه‌ای در پلیئستوسن پایانی تا هولوسن در دشت ارژن. پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد، دانشکدهٔ علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی.

خاکپور، م.؛ رمضانی، ا.؛ ثیاب قدسی، ع.؛ زارع، ح. و یوستن، ه. (۱۳۹۲). بازسازی پالینولوژیک ۱۵۰۰ سال تاریخچهٔ پوشش گیاهی ویسر در شمال ایران. رستنی‌ها. ۲(۱۴): ۱۴۸-۱۳۵.

داوودی، م.؛ عزیزی، ق. و مقصودی، م. (۱۳۹۳). بازسازی تغییرات آب‌وهوایی هولوسن در زاگرس جنوبی: شواهد گرده‌شناسی و زغال در رسوبات دریاچهٔ پریشان. پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، ۳(۱): ۶۵-۷۹.

ربیعی، م. (۱۳۹۱). شناسایی گیاهان مرتع. دانشگاه پیام نور.

رمضانی، ا. (۱۳۹۲). بازسازی پالینولوژیک (گرده‌شناختی) تاریخچهٔ پوشش گیاهی، تغییرات آب‌وهوایی و فعالیت‌های انسان در اواخر هولوسن در منطقهٔ کلاردشت. فصلنامهٔ علمی-پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران. ۲۱(۱): ۶۲-۴۸.

سلمانی، د. (۱۳۹۲). شواهد گرده‌شناسی تغییرات اقلیمی هولوسن در شمال‌غرب کشور (مورد: دریاچهٔ نئور). پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد، گرایش اقلیم‌شناسی، دانشکدهٔ جغرافیا، دانشگاه تهران، استاد راهنما: قاسم عزیزی.

صفایی‌راد، ر.؛ عزیزی، ق.؛ محمدی، ح. و علیزاده لاهیجانی، ح. (۱۳۹۳). بازسازی تغییرات اقلیمی هولوسن و پلیئستوسن پسین منطقهٔ زاگرس میانی با استفاده از شواهد گرده‌شناسی تالاب هشیلان. مجلهٔ جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۱۱.

صفایی‌راد، ر. (۱۳۹۲). شواهد گرده‌شناسی تغییرات اقلیمی هولوسن در زاگرس میانی مطالعهٔ موردی: تالاب هشیلان. پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد، گرایش اقلیم‌شناسی، دانشکدهٔ جغرافیا، دانشگاه تهران، استاد راهنما: قاسم عزیزی.

طیبی، ص. (۱۳۹۰). استفاده از شاخص‌های رسوب‌شناسی برای توصیف شرایط اقلیمی دیرینه در بخش شمالی تالاب گاوخونی. رسالهٔ کارشناسی‌ارشد، گرایش اقلیم‌شناسی در برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه شهید بهشتی.

عزیزی، ق.؛ اکبری، ط. و هاشمی، س.ح. (۱۳۹۲). تغییرات پوشش گیاهی و آب‌وهوای دیرین در طی گذر آخرین دورهٔ یخبندان – هولوسن (مطالعهٔ موردی: دریاچهٔ نئور در شمال غرب ایران). پژوهش‌های محیط‌زیست، ۴(۷): ۱۲-۳.

لشکری، ح.؛ امیرزاده، م. و حسینی، ز.س. (۱۳۹۲). تحلیل دیرینهٔ اقلیم حوضهٔ آبریز دشت ارژن با تأکید بر فراوانی استراکودها. جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۲۴(۳): ۱۵-۲۴.

لشکری، ح.؛ ابوطالبی جهرمی، ف. و امیزاده، م. (۱۳۸۹). بررسی تغییرات اقلیمی دریاچهٔ بختگان در هولوسن پایانی با استفاده از کانی‌شناسی رسی. چهارمین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم، تهران، سازمان هواشناسی کشور.

Akbari, T. (2011). Reconstruction of the vegetation history and paleoclimate in the western Talish Mountains - Eastern Azerbaijan (Iran) during the Late-glacial – Holocene. PhD thesis in physical geography (climatology), University of Tehran, Geography faculty, supervisor: Ghasem Azizi. [in Persian]

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, 25: 483-486.

Azizi, Gh.; Akbari, T. and Hashemi, H. (2013). Vegetation and climate change during the Late- Glacial- Holocene in Iran; a case study from Lake Neor in NW Iran. Environmental Research. 4(7): 3-12. [in Persian]

Bintliff, J.L, and van Zeist, W. (1983). Paleoclimates, paleoenvironments and human communities in the eastern Mediterranean region in later prehistory, BAR international series 133. Oxford: British Archaeological Reports.

Bobek, H. (1937). Die rolle der Eiszeit in Nordwestiran. Z. Gletscherk, 25: 130-183.

Bobek, H. (1969). Zur Kenntnis der südlichen Lut. In: Mitt. Österr. Geogr. Ges. 111: 155-192.

Bobek, H. (1963). Nature and implications of Quaternary climatic changes in Iran. Changes of Climate, 20: 403-413.

Bottema, S. (1986). A late Quaternary pollen diagram from Lake Urmia (northwestern Iran). Review of Palaeobotany and Palynology, 47: 241-261.

Bronger, A. (2003). Correlation of loess-paleosol sequences in East and Central Asia with SE Central Europe: towards a continental Quaternary pedostratigraphy and paleoclimatic history. Quat. Int., 106/107: 11-21.

Connor, S.E.; Thomas, I.; Kvavadze, E.V.; Arabuli, G.J.; Avakov, G.S. and Sagona, A. (2004). A survey of modern pollen and vegetation along an altitudinal transect in southern Georgia, Caucasus region. Review of Palaeobotany and Palynology, 129: 229-50.

Davoudi, M.; Azizi, G. and Maghsoodi, M. (2014). Reconstruction of Holocene changes in Southern Zagros: Evidence of pollenology and charcoal in Lake Persichan sediments. Quantitative Geomorphology Researches. 3(1): 65-79. [in Persian]

Djamali, M.; De Beaulieu, J.L.; Andrieu-Ponel, V.; Berberian, M.; Miller, N.F.; Gandouin, E.; Lahijani, H.; Shah-Hosseini, M.; Ponel, P.; Salimian, M. and 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. Journal of Archaeological Science, 36: 1364-1375.

Djamali, M.; de Beaulieu, J.; Campagne, L.P.; Andrieu-Ponel, V.P.; Ponel Leroy, S.A.G. and Akhani, H. (2009b). Modern pollen rain–vegetation relationships along a forest–steppe transect in the Golestan National Park, NE

Iran. Review of Palaeobotany and Palynology, 153: 272-281.
Djamali, M.; De Beaulieu, J.L.; Miller, N.F.; Andrieu-Ponel, V.; Ponel, Ph.; Lak, R.; Sadeddin, N.; Akhani, H. and Fazeli, H. (2009c). Vegetation history of the SE section of the Zagros Mountains during the last five millennia; a pollen record from the Maharlou Lake, Fars Province, Iran. Veget HistArchaeobot, 18: 123-136.
Djamali, M.; de Beaulieu, J.L.; Shahhosseini, M.; Andrieuponel, V.; Ponel, P.; Amini, A.; Akhani, H.; Leroy, S.A.G.; Stevens, L.; Lahijam, H. and Brewer, S. (2008). A late Pleistocene long pollen record from Lake Urmia. Quaternary Research, 69: 413-420.
Dodonov, A.E. (1991). Loess of Central Asia. Geo Journal. 24: 185-194. doi:10.1007/BF00186015.
Dresch, J. (1976). Bassins arides iraniens. In: Bull. Assoc. Géogr. Franc., 430: 337-351.
Ehlers, E. (1971). Südkaspisches Tiefland Nordiran und Kaspisches Meer. Beiträge zu ihrer Entwicklungsgeschichte im Jung- und Postpleistozän. Tübinger Geogr Stud 44. Tübingen.
Ehlers, E. (1969). Das Chalus-Tal und seine Terrassen. Studien zur Landschaftsgliederung und Landschaftsgeschichte des mittleren Elburs (Nordiran). Erdkunde 23: 215-229. doi: 10.3112/erdkunde.1969.03.07.
El-Moslimany, A.P. (1987). The late Pleistocene climates of the Lake Zeribar region (Kurdistan, western Iran) deduced from the ecology and pollen production of non-arboreal vegetation. Vegetatio. 72: 131-139.
El-Moslimany, A.P. (1986). Ecology and late-Quaternary history of the Kurdo-Zagrosian oak forest near Lake Zeribar, western Iran. Vegetatio, 68: 55-63.
Fægri, K. and Iversen, J. (1989). Textbook of pollen analysis. John Wiley and Sons, 328 p.
Feurdean, A. and Willis, K.J., 2008. Long-term variability of *Abies alba* in NW Romania: implications for its conservation management. Diversity and Distributions, 14: 1004-1017.
Fink, J. and Kukla, G.J. (1977). Pleistocene climates in Central Europe: at least 17 interglacials after the Olduvai event. Quat. Res., 7: 363-371.
Frechen, M.; Kehl, M.; Rolf, C.; Sarvati, R. and Skowronek, A. (2009). Loess chronology of the Caspian Lowland in Northern Iran. In: Quat Int., 198: 220–233. doi: 10.1016/j.quaint.2008.12.012.
Fürst, M. (1970). Stratigraphie und Werdegang der östlichen Zagrosketten (Iran). Erlanger Geol. Abh. 80. Erlangen.
Griffiths, H.; Schwalb, A. and Stevens, L.R. (2001). Environmental change in southwestern Iran: the Holocene ostracod fauna of Lake Mirabad. The Holocene, 11(6): 757-764.
Hamzeh, M.A.; Mahmudy Gharaie, M.H.; Alizadeh Ketek Lahijani, H.; Djamali, M.; Moussavi Harami, R. and Naderi Beni, A. (2015). Holocene hydrological changes in SE Iran, a key region between Indian Summer Monsoon and Mediterranean winter precipitation zones, as revealed from a lacustrine sequence from Lake Hamoun. Quaternary International: 1-15.
Horowitz, A. (1971). Climate and vegetational developments in northeastern Israel during upper Pleistocene-Holocene times. Pollen et Spores. 11: 78-255.
Hosseini, Z. (2011). Investigation of climatic variations using oxygen isotopes of lake sediments in the late Pleistocene to Holocene in Arjan Plain. MSc., Faculty of Geosciences, Shahid Beheshti University. [in Persian]
Huber, H. (1960). The quaternary deposits of the Darya-i-Namak. Tehran.
Lashkarri, H.; Amirzadeh, M. and Hosseini, Z. (2013). The analysis of the climatic analysis of Arjan plain basin with an emphasis on the frequency of straccades. Geography and Environmental Planning. 24(51): 24-15. [in Persian]
Lashkarri, H.; Atoalebi Jahromi, F. and Mizadeh, M. (2010). A study of climatic changes in Bakhtegan Lake in final Holocene using clay mineralogy. Fourth Regional Climate Change Conference, Tehran, Iran Meteorological Organization. [in Persian]
Lateef, A.S.A. (1988). Distribution, provenance, age and paleoclimatic record of the loess in Central North Iran. In: Eden, D. N. and Furkert, R.J. (eds.): Loess– Its distribution, geology and soils. Rotterdam: 93-101.
Kazanci, N.; Gulbabazadeh, T.; Leroy, S.A.G. and Ileri, Ö. (2004). Sedimentary and environmental characteristics of the Gilan-Mazenderan plain, northern Iran: influence of long- and short-term silvicultural applications (case study: Mashalak forests). PhD Thesis, University of Tehran. 132 p.
Kehl, M. (2009). Quaternaryclimate change in Iran, the state of knowledge. Erdkunde, 63(1): 1-17.
Kehl, M.; Sarvati, R.; Ahmadi, H.; Frechen, M. and Skowronek, A. (2008). Zur Pedostratigraphie nordiranischer Lösse. Abh. Geol. B.A. 62: 159-163.
Kehl, M.; Frechen, M. and Skowronek, A. (2005a): Paleosols derived from loess and loess-like sediments in the Basin of Persepolis, Southern Iran. In: Quat. Int. 140/141: 135-149.
Kehl, M.; Sarvati, R.; Ahmadi, H.; Frechen, M. and Skowronek, A. (2005b). Loess paleosol-sequences along a climatic gradient in Northern Iran. In: Eiszeitalter u. Gegenwart, 55: 149-173.
Khakpour, M.; Ramezani, A.; Siab ghadasi, A.; Zare, H. and Hans-Justin (2013). Palynological reconstruction of 1500 years of vegetation history of Veisar (N Iran). Plantronics. 2(14): 135-148. [in Persian]
Krinsley, D.B. (1970). A geomorphological and paleoclimatological study of the playas of Iran. US Geol. Surv., Contr. No. PRO CP 70-800. Washington, D.C.
Leroy, S.A.G.; Kakroodi, A.; Kroonenberg, S.; Lahijani, H.K.; Alimohammadian, H.; Nigarov, A. (2013). Holocene vegetation history and sea level changes in the SE corner of the Caspian Sea: relevance to SW Asia climate. Quaternary Science Reviews, 70: 28e47.
Leroy, A.G.S. and Arpe K. (2007). Glacial refugia for summer-green trees in Europe and south-west Asia as proposed by ECHAM3 time-slice atmospheric model simulations. Journal of Biogeography, 34: 2115-2128.
Megard, R.O. (1967). Late-Quaternary Cladocera of Lake Zeribar, western Iran. Ecology, 48: 179-189. doi: 10.2307/1933099.
Miller, C.S.; Leroy, S.A.G.; Collins, P.E.F. and Lahijani, H.A.K. (2016). Late Holocene vegetation and ocean variability in the Gulf of Oman. Quaternary Science Reviews, 143: 120-132.
Moore, P.D.; Webb, J.A. and Collinson, M.E. (1991). Pollen analysis. Blackwell Science Publishers, 216 p.

Ponel, Ph.; Andrieu-Ponel, V.; Djamali, M.; Lahijani, H.; Leydet M. and Mashkour, M. (2013). Fossil beetles as possible evidence for transhumance during the middle and late Holocene in the high mountains of Talysch (Talesh) in NW Iran, Journal of Environmental Archaeology, 18(3): 201-210.

Paluska, A. and Degens, E.T. (1980). Das Quartär des Kaspischen Küstenvorlandes– Kartierung im Iran. Mitt. Geol.-Paläont. Inst. Univ. Hamburg, 49: 61-134.

Preu, C. (1984). Die quartäre Vergletscherung der inneren Zardeh-Kuh-Gruppe (Zardeh-Kuh-Massiv), Zagros/ Iran. Augsburger Geogr. H. 4. Augsburg.

Rabiei, M. (2012) Identification of pasture plants. Payame Noor University. [in Persian]

Ramezani, A. (2013). Palynological reconstruction of late-Holocene vegetation, climate, and human impact in Kelardasht (Mazandaran province, N Iran). 21(1): 48-62. [in Persian]

Ramezani, E. (2009). The Holocene development of the Caspian forests: a palynological study with silvicultural applications (case study: Mashalak forests). PhD thesis, University of Tehran, 132 p.

Ramezani, E.; Marvie Mohadjer, M.R.; Knapp, H.D.; Ahmadi, H. and Joosten, H. (2008). The late- Holocene vegetation history of the Central Caspian (Hyrcanian) forests of northern Iran. The Holocene, 18: 305-319.

Reichart, G.J.; Dulk, M.; den Visser, H.J.; Weijden, C.H. and van der Zachariasse, W.J. (1997). A 225 kyr record of dust supply, paleoproductivity and the oxygen minimum zone from the Muttay Ridge (northern Arabian Sea). Palaeogeogr. Palaeoclimat. Palaeoecol. 134: 149-169.

Roberts, N. (1998). The Holocene: An Environmental History. 2nd Edition. Oxford, UK, Blackwell Publishers Ltd: 316.

Roberts, N. and Wright, H.E.J. (1993). Vegetational, lake level and climatic history of the Near East and Southwest Asia, global climate since the last glacial maximum. Minneapolis: University of Minnesota Press, 194-220.

Rossignol-Strick, M. (1995). Sea-land correlation of pollen records in the Eastern Mediterranean for the Glacial-Interglacial transition: biostratigraphy versus radiometric time-scale. Quaternary Science Reviews, 14: 893-915.

Safai Rad, R.; Azizi, Gh.; Mohammadi, H. and Alizadeh Lahijani, H. (2014). Reconstructing the Holocene and Late-Pleistocene climate changes of the Central Zagros using palynological evidences of the Hashilan Wetland. Geography Magazine and Environmental Hazards. 11(3). [in Persian]

Safayi Rad, R. and Azizi, Gh. (2013). Palynological evidences of the Holocene climate changes in the Central Zagros, Case study: Hashilan wetland. Master's thesis, Climatology orientation, Faculty of Geography, University of Tehran. [in Persian]

Salmani, D. (2013). The paleontological record of Holocene climatic change in N.W of Iran (case study: Neor Lake). thesis requirements for the M.Sc degree in physical geography (climatology), University of Tehran, Geography faculty, supervisor: Ghasem Azizi. [in Persian]

Snyder, J.A.; Wasylik, K.; Fritz, S.C. and Wright, H.E. Jr. (2001). Diatom-based conductivity reconstruction and palaeoclimatic interpretation of a 40-ka record from Lake Zeribar, Iran. The Holocene, 11: 737-745. doi: 10.1191/09596830195753.

Stevens, L.R.; Ito, E.; Schwalband, A. and Wright H.E. Jr. (2006). Timing of atmospheric precipitation in the Zagros Mountains inferred from a multi-proxy record from Lake Mirabad, Iran. Quaternary Research, 66: 494-500.

Stevens, L.R.; Wright H. Jr and Ito, E. (2001). Proposed changes in seasonality of climate during the Lateglacial and Holocene at Lake Zeribar, Iran. The Holocene, 11(6): 747-755.

Talebi, T.; Ramezani, E.; Djamali, M.; Alizadeh Ketek Lahijani, H.; Naqinezhad, A.; Alizadeh, K.; Ponel, V. (2015). The Late-Holocene climate change, vegetation dynamics, lake-level changes and anthropogenic impacts in the Lake Urmia region, NW Iran. Quaternary International: 1-12.

Tayebi, P. (2011). Using sedimentology indicators to describe climatic conditions in the Northern section of Gavkhooni wetland. Master's Degree, Climatology Orientation in Environmental Planning, Shahid Beheshti University. [in Persian]

Thomas, D.S.G.; Bateman, M.D.; Mehrshahi, D. and O'Hara, S.L. (1997). Development and environmental significance of an eolian sand ramp of last-glacial age, Central Iran. Quat. Res., 48: 155-161.

Tzedakis, P.C. (1993). Long-term tree populations in northwest Greece through multiple Quaternary climatic cycles. Nature, 364: 437-440. doi: 10.1038/364437a0.

Van Zeist, W. and Bottema, S. (1991). Late quaternary vegetation of the Near East. Beiheftezumtubinger atlas des vorderenorints 18, Wiesbaden, Germany: reichert, 156 p.

Van Zeist, W. and Bottema, S. (1977). Palynological investigations in Western Iran. Palaeohistoria, 19: 19-85.

Van Zeist, W. and Wright, H.E. (1963). Preliminary pollen studies at Lake Zeribar, Zagros Mountains, Southwestern Iran. Science, 68: 66-83.

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. and Langer, J. J. (2006): Palaeolimnology of Lake Zeribar, Iran, and its climatic implications. In: Quat. Res. 66, 477–493. doi: 10.1016/j.yqres.2006.06.006.

Wasylikowa, K. (2005). Palaeoecology of Lake Zeribar, Iran, in the Pleniglacial, Lateglacial and Holocene: reconstructed from plant macrofossils. The Holocene ,15(5): 720-735.

Weise, O.R. (1974). Zur Hangentwicklung und Flächenbildung im Trockengebiet des iranischen Hochlandes. Würzburger Geogr. Arb. 42. Würzburg.

Wright, H.E.; Ammann, B.; Stefanova, I.; Atanassova, J.; Margalitadze, N.; Wick, L. and Blykharchuk, T. (2003). Late-glacial and early Holocene dry climates from the Balkan peninsula to southern Siberia: 127-36. In: Tonkov, S., (Eds.). Aspects of palynology and palaeoecology, Pensoft Publishers, 281 p.

Wright, J. (2001). Desert loess versus glacial loess: quartz silt formation of loess deposits. Geomorphology. 36: 231-256. Doi:10.1016/S0169-555X(00)00060-X.

Wright, H.E.; McAndrews, J.H. and Van Zeist, W. (1967). Modern pollen rain in western Iran, and its relation to plant geography and Quaternary vegetational history. Journal of Ecology. 55: 415-443.