

بازسازی پالینولوژیک ۱۷۰۰ سال تغییرات پوشش گیاهی در اطراف ارومیه:

نقش اقلیم و انسان

عایشه مکاریزاده - کارشناس ارشد جنگل‌داری، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
الیاس رضانی* - استادیار گروه جنگل‌داری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه ارومیه، ارومیه
علیرضا نقی‌نژاد - دانشیار گروه زیست‌شناسی دانشکده علوم پایه دانشگاه مازندران، بابل، ایران
هانس یوستن - استاد گروه پالتواکولوژی و مطالعات تورب‌زار انستیتو گیاه‌شناسی و لنداسکیپ اکولوژی دانشگاه گرایفسوالد، آلمان

پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۱۱/۲۰ تأیید نهایی: ۱۳۹۵/۰۳/۵

چکیده

در این پژوهش تاریخچه پوشش گیاهی، تغییرات آب‌وهوایی، و فعالیت‌های انسان در اطراف ارومیه در اواخر هولوسن با بررسی گرده‌شناختی مغزه‌ای ۲/۶ متری از مانداب گانلی گول بازسازی شد. نسبت گرده‌ای C/A (اسفناجیان / درمنه) برای برآورد دوره‌های خشک و مرطوب منطقه به کار گرفته شد. به سبب پایین بودن نسبی شاخص C/A (۰/۵ - ۱)، پوشش گیاهی نیمه‌استپی و آب‌وهوایی به نسبت مرطوب برای بازه زمانی calBP ۱۱۴۵ - ۱۶۷۰ پیشنهاد می‌شود؛ هرچند نشانه‌هایی از افزایش فعالیت‌های کشاورزی و چرای دام نیز دیده می‌شود. همچنین، جای‌گزینی گندمیان، لویی، و نی‌تویی با خانواده جگن تغییر ترکیب پوشش گیاهی سطح مانداب و پایین‌رفتن سطح آب آن را نشان می‌دهد. افزایش نسبت C/A تا ۶ و ناپدید شدن گرده درختان نشانه افزایش نسبی خشکی در منطقه در بازه زمانی calBP ۵۹۰ - ۱۱۴۵ است. گسترش فعالیت انسان در منطقه از فراوانی بیشتر گرده‌های گردو، بارهنگ برگ‌نیزه‌ای، و گل‌گندم زرد در دوره calBP ۱۸۰ - ۵۹۰ دریافت می‌شود. در این دوره نشانه‌هایی از بالآمدن سطح آب مانداب دیده شد. کاهش چشم‌گیر گرده درمنه و افزایش درخور توجه اسفناجیان (C/A=۳-۷) و بارهنگ برگ‌نیزه‌ای و فراوانی نسبی گرده‌های پیرگیاه و Lactuceae ویژگی بارز حدود دویست سال گذشته است و همگی بر گسترش پوشش گیاهی استپی - بیابانی با چیرگی اسفناجیان و افزایش دخالت‌های انسان در منطقه دلالت دارد.

کلیدواژه‌ها: آب‌وهوای گذشته، تاریخچه پوشش گیاهی، فعالیت کشاورزی، نسبت گرده‌ای، هولوسن.

مقدمه

پوشش گیاهی هر منطقه ارتباطی تنگاتنگ با آب‌وهوا و فعالیت‌های انسان دارد. بررسی تغییرات درازمدت پوشش گیاهی امکان درک تغییرات آب‌وهوای گذشته و نقش و دخالت انسان را بر اکوسیستم‌های طبیعی فراهم می‌کند (فگری و ایورسن، ۱۹۸۹؛ مور و همکاران، ۱۹۹۱). مهم‌ترین ابزار برای بازسازی اقلیم و تاریخچه پوشش گیاهی گرده‌شناسی (پالینولوژی) است. ویژگی‌های ریخت‌شناختی دیواره گرده (اگزین)، مقاومت بسیار زیاد ترکیبات آلی تشکیل‌دهنده آن،

* E- mail: e.ramezani@urmia.ac.ir

به‌ویژه اسپوروپولینین، در برابر تخریب شیمیایی و اسید، و همچنین فراوانی گرده‌ها کاربرد گسترده این ذرات میکروسکوپی را در پژوهش‌های آرایه‌شناسی (تاکسونومی)، ژنتیک و تکامل، تغییرات اقلیمی، باستان‌شناسی، زمین‌شناسی، آلرژی‌شناسی، و علوم قضایی به همراه داشته است (مور و همکاران، ۱۹۹۱).

پژوهش‌های گرده‌شناسی کواترنری در ایران در سال‌های اولیه دهه ۱۹۶۰ به وسیله هربرت رایت با مغزه‌برداری از تهنهشته‌های دریاچه زریبار (زریوار) در کردستان و چند دریاچه دیگر در غرب کشور آغاز شد (ون زایست و رایت، ۱۹۶۳؛ ون زایست و بوتما، ۱۹۷۷). این پژوهش‌ها نشان داد که در اواخر پلیستوسن هوا سردتر و خشک‌تر از امروز بوده است و درمنه (*Artemisia* spp.) و گیاهان خانواده اسفناج (*Chenopodiaceae*) در پوشش گیاهی منطقه چیرگی داشته‌اند. با آغاز هولوسن و گرم و مرطوب‌تر شدن هوا، گندمیان (*Poaceae*) جای‌گزین گیاهان پیشین شدند و درختان بلوط (*Quercus*)، افرا (*Acer*)، و پسته (*Pistacia*) به تدریج به منطقه مهاجرت کردند. از میانه‌های هولوسن (۵۵۰۰ - ۶۰۰۰ سال گذشته) رژیم آب‌وهوایی مشابه با شرایط امروزی و پوشش جنگلی با چیرگی گونه‌های مختلف بلوط در منطقه زاگرس مستقر شد (ون زایست، ۲۰۰۸).

پژوهش‌های مشابهی در شمال غرب ایران بر روی تهنهشته‌های دریاچه ارومیه انجام شده و تاریخچه پوشش گیاهی و تغییرات اقلیمی منطقه در اواخر کواترنری بازسازی شده است. بوتما (۱۹۸۶) در بررسی گرده‌شناختی دریاچه ارومیه تغییرات پوشش گیاهی شمال غرب ایران را در اواخر پلیستوسن بازسازی کرد. البته، در این پژوهش، سن‌سنجی پدیده‌های زیستی گذشته از دقت کافی برخوردار نبود. در کهن‌ترین رکورد گرده‌ای ایران تا زمان حال، جمالی و همکاران با بررسی دو مغزه صد متری از تهنهشته‌های دریاچه ارومیه تغییرات دیرینه‌بوم‌شناختی (پالئوکولوژیک) و دیرین آب‌وهوای شمال غرب ایران را از حدود دویست‌هزار سال گذشته تا اوایل هولوسن نشان دادند (جمالی و همکاران، ۲۰۰۸). بر اساس این پژوهش، آب‌وهوایی خشک در بیشتر دوره‌های زمانی مورد بررسی در منطقه حکم‌فرما بوده است. در پژوهشی جدید، طالبی و همکاران به بررسی دیرینه‌بوم‌شناختی جنوب غربی دریاچه ارومیه در اواخر هولوسن پرداختند. این پژوهش نشان می‌دهد شرایط به‌نسبت خشک و پوشش گیاهی استپی حاکم بر منطقه در بازه زمانی BP ۱۵۰۰ - ۲۵۵۰ با بهبود شرایط آب‌وهوایی و کاهش فعالیت‌های کشاورزی در BP ۵۵۰ - ۱۵۰۰ به گسترش نسبی جنگل‌های بلوط در منطقه منجر شد. در عصر یخبندان کوچک (BP ۱۵۰ - ۴۵۰)، با کاهش بلوط و افزایش درمنه، شرایط سرد و خشک در منطقه دوباره حکم‌فرما شد. فعالیت‌های شدید انسان در چند صد سال اخیر موجب کاهش شدید بلوط و گسترش پوشش گیاهی استپی بیابانی در منطقه شده است (طالبی و همکاران، ۲۰۱۶). در بررسی گرده‌شناختی تهنهشته‌های دریاچه نئور در استان اردبیل، تغییرات پوشش گیاهی و دوره‌های رطوبتی اواخر پلیستوسن و اوایل هولوسن در منطقه بازسازی شد (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۲). در پژوهشی دیگر، تاریخچه شش‌هزاروپانصدساله تغییرات محیطی از میانه‌ها تا اواخر هولوسن با استفاده از داده‌های گرده و بقایای قاب‌بالان فسیل بررسی شد (پونل و همکاران، ۲۰۱۳). جمالی و همکاران تغییرات پوشش گیاهی و آب‌وهوایی و همچنین رویدادهای تاریخی کوه‌های سهند در آذربایجان

۱. همه سن‌های ارائه‌شده در این مطالعه کالیبره‌شده یا تقویمی است: cal. yr BP

شرقی را با بررسی گرده‌شناختی تهنه‌شته‌های دریاچه آملو در ۳۷۰۰ سال گذشته بررسی کردند. بر اساس گرده‌های بیانگر فعالیت انسان در این پژوهش، افزایش فعالیت‌های کشاورزی در دو دوره ثبت شد: ۱. امپراتوری هخامنشی؛ ۲. از فروپاشی سلسله صفوی تا زمان حال (جمالی و همکاران، ۲۰۰۹).

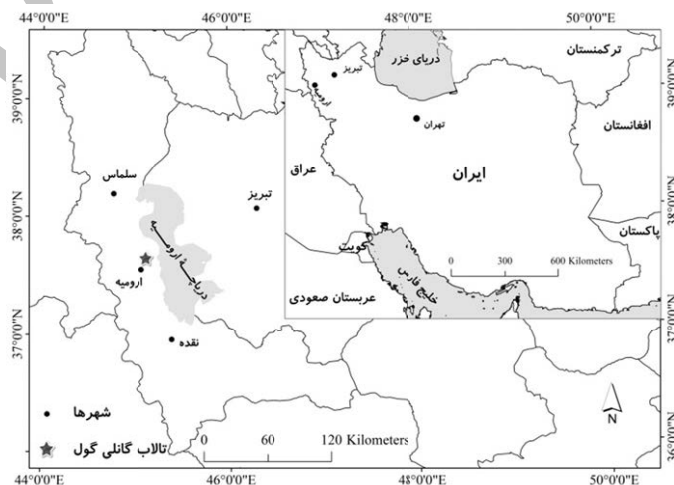
درک صحیح از تغییرات پوشش گیاهی، آب‌وهوایی، و نقش انسان بر اکوسیستم در شمال غرب ایران در اواخر هولوسن مستلزم اجرای پژوهش‌های گرده‌شناسی فراوان با دقت زمانی و مکانی بالاست. پژوهش پیش رو با هدف درک بهتر و کامل‌تری از روند تغییرات پوشش گیاهی، آب‌وهوایی، نقش انسان بر اکوسیستم، و کاربری زمین در اطراف ارومیه در اواخر هولوسن انجام شده است.

موارد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد بررسی در این پژوهش مانداب گانلی‌گول (مساحت حدود سه هکتار؛ ارتفاع ۱۳۰۸ متر از سطح دریا، ۳۴/۷' ۳۵' ۳۷° عرض شمالی، ۴۳/۶' ۴۵° ۰۶' طول شرقی) است. منطقه مورد مطالعه در نزدیکی روستاهای توپراق‌قلعه، تکالو، و گلمرز در شرق محور ارتباطی ارومیه به جاده شهید کلاتری در فاصله سه چهار کیلومتری شهر ارومیه قرار دارد (شکل ۱). بخش مرکزی مانداب دریاچه‌ای نسبتاً کم‌عمق (۲ - ۳ متر) و حاشیه آن تورب‌زاری متشکل از لایه‌های مواد آلی (تورب) همراه با رسوبات معدنی به ضخامت چند متر است.

بر اساس داده‌های ۵۴ساله ایستگاه هواشناسی ارومیه، میانگین بارش و دمای سالانه در منطقه مورد مطالعه به ترتیب ۳۴۱ میلی‌متر و ۱۱/۵ درجه سانتی‌گراد است. در سیستم طبقه‌بندی بیوکلیماتیک جهانی، رژیم آب‌وهوایی منطقه مدیترانه‌ای با باران‌های فصلی است (جمالی و همکاران، ۲۰۰۸).



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی دریاچه ارومیه و مانداب گانلی‌گول (☆) در شمال غرب ایران

وجود گسل‌های فعال و فعالیت‌های آتشفشانی در فلات آذربایجان سبب گوناگونی سازندهای زمین‌شناسی پالئوژئوتیک در شرق، غرب، و جنوب دریاچه ارومیه شده است. همچنین، پادگان‌های آبرفتی جوان و مخروط‌افکنه‌های آبرفتی کواترنر در کرانه غربی دریاچه و در نزدیکی شهر ارومیه (منطقه مورد مطالعه) گسترش دارند (شاه‌حسینی، ۱۳۸۲: ۹ - ۱۰). خاک منطقه از تنه‌هسته‌های آبرفتی با بافت سیلتی لومی تا سیلتی رسی و رسی لومی به رنگ قهوه‌ای تشکیل شده است. در مناطقی با زهکشی ضعیف، پوشش گیاهی با چیرگی گیاهان خانواده جگن (Cyperaceae) و نی (*Phragmites australis*) گسترش دارد.

در تقسیم‌بندی جوامع گیاهی ایران، جامعه درمنه - گون حدود شصت درصد گستره ایران و پنجاه درصد گستره استان آذربایجان غربی را شامل می‌شود. در استپ‌های مرتفع شمال غرب ایران و شرق آناتولی، گیاه درمنه معطر (*Artemisia fragrans*) از گونه‌های چیره و اصلی تشکیل‌دهنده پوشش گیاهی است (ون زایست و بوتما، ۱۹۷۷). در بخش‌های شرقی دریاچه ارومیه، پوشش گیاهی متنوع از جوامع شورپسند (halophytic) یا مقاوم به شوری (halotolerant) و اغلب شامل گیاهان خانواده اسفناج و گندمیان شورپسند تشکیل شده است (طالبی و همکاران، ۲۰۱۶). مانداب گانلی‌گول، به دلیل برخورداری از شرایط اکولوژیک ویژه، رویشگاه پوشش گیاهی رطوبت‌پسند خاص خود است که آن را از اکوسیستم‌های پیرامونی به کلی متمایز می‌کند. در اطراف مانداب، زمین‌های کشاورزی و باغ‌های میوه دیده می‌شود. پوشش گیاهی سطح و حاشیه مانداب گانلی‌گول در بهار ۱۳۹۱ و تابستان ۱۳۹۲ بررسی شد. برای نام‌گذاری گیاهان از سایت The Plant list (۲۰۱۵) استفاده شد.

مغزه‌برداری و آماده‌سازی نمونه‌های پالینولوژیک

مغزه‌ای به طول پنج متر در فروردین ۱۳۹۲ با کمک دستگاه مغزه‌بردار مدل روسی از بخش شمالی مانداب گانلی‌گول برداشته شد. در این مطالعه، نتایج بررسی ۲/۶ متر بالایی مغزه (با نام اختصاری GNL) ارائه می‌شود. نمونه‌های پالینولوژیک به حجم ۰/۵ سانتی‌متر مکعب در هر عمق با فاصله ده سانتی‌متر از هم در طول مغزه مورد بررسی برداشته شد. آماده‌سازی نمونه‌ها به روش استاندارد پیشنهادی فگری و ایورسن (۱۹۸۹) در دانشگاه گرایفسوالد آلمان انجام شد و به ترتیب شامل تیمار اسید کلریدریک و هیدروکسید پتاسیم، الک (با مش ۱۲۰ میکرومتر)، تیمار اسید هیدروفلوریک، استولیز، و قراردادن نمونه‌ها در روغن سیلیکون (با ویسکوزیته ۲۰۰۰ سنتی‌استوک) است (مور و همکاران، ۱۹۹۱).

شمارش و ترسیم نمودار گرده

برای آنالیز گرده، از هر عمق، اسلایدهای میکروسکوپی تهیه و محتوای گرده‌ای آن‌ها شمارش شد. شمارش گرده‌ها با میکروسکوپ نوری Olympus مدل CX31 با بزرگ‌نمایی ۴۰۰ یا ۱۰۰۰ (در مورد گرده‌هایی که شناسایی آن‌ها با بزرگ‌نمایی‌های کمتر مشکل یا ناممکن بود) انجام شد. با وجود شرایط نسبتاً نامناسب حفظ گرده در سایت مورد بررسی - که در بیشتر تورب‌زارهای مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران حاکم است - در این پژوهش برای هر عمق به طور میانگین ۱۸۵ (بین ۱۰۲ تا ۳۸۴) گرده شمرده شد. این گرده‌ها - که از گیاهان روییده بر خاک معدنی (گیاهان غیرآبزی) به وجود

آمده‌اند. در پژوهش‌های معمول گرده‌شناسی اساس محاسبه درصد فراوانی پالینومورف‌های گرده‌ای و غیرگرده‌ای قرار می‌گیرند. به منظور متمایز کردن تیپ‌های گرده‌ای از آرایه‌های گیاهی، تیپ‌های ریخت‌شناختی (مورفولوژیک) گرده در متن با SMALL CAPITAL نشان داده شده‌اند (یوستن و د کلرک، ۲۰۰۲). برای شناسایی گرده‌ها، از فلورهای گرده‌ای مور و همکاران (۱۹۹۱) و بویگ (۲۰۰۴) و همچنین اسلایدهای میکروسکوپی مرجع (reference slides) دانشکده منابع طبیعی دانشگاه ارومیه استفاده شد. محاسبات اولیه داده‌های گرده‌شناسی در محیط اکسل ۲۰۰۳ و نمایش داده‌های گرده‌شناسی و تهیه نمودار گرده با نرم‌افزار تیلیا نسخه ۱،۷،۱۶ (گریم، ۲۰۱۱) انجام شد.

شاخص C/A

در گرده‌شناسی، برای تفسیر و تحلیل نمودارهای گرده^۱ در ارتباط با اقلیم گذشته، می‌توان از شاخص‌های گرده‌ای استفاده کرد. این شاخص از نسبت درصد فراوانی گرده‌های گیاهی مهم تشکیل‌دهنده اجتماعات گرده‌ای فسیل به‌دست می‌آید (ال - موسلمانی، ۱۹۹۰). در این پژوهش از شاخص C/A (اسفناجیان به درمنه) برای بازسازی کیفی دوره‌های مرطوب و خشک حاکم بر منطقه در ۱۷۰۰ سال گذشته استفاده شد. گیاهان خانواده اسفناج و جنس درمنه گرده فراوانی تولید می‌کنند و در رکوردهای گرده‌ای مناطق خشک و نیمه‌خشک سهم چشم‌گیری دارند. بنابراین، افزایش گرده‌های اسفناجیان نسبت به درمنه را می‌توان نشانه‌ای از گسترش شرایط خشک‌تر محیطی دانست (ال - موسلمانی، ۱۹۹۰؛ زهری، ۱۹۷۳؛ ون زایست و بوتما، ۱۹۷۷). نسبت‌های گرده‌ای مشابه در بسیاری از پژوهش‌های گرده‌شناختی، با هدف بازسازی کیفی تغییرات اقلیمی اواخر کواترنری، در خاورمیانه، آسیای میانه، و چین به‌کار گرفته شده است (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۲؛ ال - موسلمانی، ۱۹۹۰؛ ژائو و همکاران، ۲۰۱۲). استفاده از این نسبت در مناطقی با بارش کمتر از ۴۵۰ - ۵۰۰ میلی‌متر مناطق استپی، استپی - بیابانی، و بیابانی توصیه می‌شود (ال - موسلمانی، ۱۹۹۰؛ هرتزشو، ۲۰۰۷؛ ژائو و همکاران، ۲۰۱۲).

تعیین سن رادیوکربن

برای سن‌سنجی نمودار گرده در این پژوهش، از دو بخش مغزه مورد بررسی نمونه رسوبی و تکه‌ای چوب جمع‌آوری شد و برای تعیین سن به روش رادیوکربن (AMS: Accelerator Mass Spectrometry) به آزمایشگاه رادیوکربن AMS در گروه علوم زمین دانشگاه ملی کشور تایوان فرستاده شد.

یافته‌های پژوهش

پوشش گیاهی مانداب گانلی گول و کناره‌های آن

در سطح مانداب ۳۵ آرایه (تاکسون) گیاهی متعلق به نوزده خانواده شناسایی شد. خانواده جگن (با ۱۴ گونه و ۳۷/۸ درصد فراوانی) بیشترین تعداد گونه را به خود اختصاص داد. پوشش گیاهی چیره سطح مانداب در بخش شمالی نی‌تویی (*Sparganium erectum* L.)، لویی برگ‌باریک (*Typha laxmannii* Lepech.)، و توتک (لویی) (*T. latifolia* L.) و در بخش جنوب شرقی نی (*Phragmites australis* (Cav.)) است. همچنین، گونه اوواش (*Potamogeton crispus* L.) بخش به‌نسبت وسیعی از سطح مانداب را می‌پوشاند. از دیگر گونه‌های مهم ولی با فراوانی و انتشار کمتر می‌توان عدسک آبی (*Lemna minor* L.)، بارهنگ برگ‌نیزه‌ای (*Plantago lanceolata* L.)، دو گونه اویارسلام (*Cyperus fuscus* L. و *C. longus* L.)، سازوی شلاقی (*Juncus inflexus* L.)، و سازوی شور (*J. gerardii* Loisel.) را نام برد. در حاشیه مانداب هم ۷۹ آرایه گیاهی متعلق به ۲۱ خانواده شناسایی شد که خانواده‌های گندمیان (۱۸ گونه؛ ۲۲/۸ درصد)، کاسنی (Asteraceae) (۱۶ گونه؛ ۲۰/۲ درصد)، و نیام‌داران (Fabaceae) (۱۲ گونه؛ ۱۵/۲ درصد) بیشترین فراوانی را به خود اختصاص دادند. گیاه *Acorus calamus* L. برای اولین بار در این سایت از آذربایجان غربی و دومین بار (قلی‌پور و سنبلی، ۱۳۹۲) از فلور ایران گزارش می‌شود.

چینه‌شناسی مغزه گانلی گول

جدول ۱ ویژگی‌های چینه‌شناختی مغزه مورد بررسی را نشان می‌دهد.

نتایج تعیین سن رادیوکربن

جدول ۲ نتیجه تعیین سن دو بخش مغزه GNL به روش رادیوکربن را نشان می‌دهد. برای کالیبره کردن سن رادیوکربن از نرم‌افزار بیکن ۲،۲ (بلاو و کریستین، ۲۰۱۱) و مجموعه داده‌ای intcal13 (رایمر و همکاران، ۲۰۱۳) استفاده شد.

جدول ۱. ویژگی‌های چینه‌شناختی مغزه گانلی گول

عمق (سانتی‌متر)	توصیف چینه‌ای
۱ - ۱۲۰	پیت قهوه‌ای‌رنگ با درجه تجزیه‌شدگی کم تا متوسط به همراه مقدار زیادی ریشه و ساقه گیاهان
۱۲۰ - ۱۲۵	رسوبات دریاچه‌ای به همراه رس
۱۲۵ - ۲۱۵	پیت قهوه‌ای‌رنگ با درجه تجزیه‌شدگی کم تا متوسط (بقایای گیاهی قابل مشاهده) همراه با رسوبات رسی به رنگ خاکستری مایل به قهوه‌ای
۲۱۵ - ۲۶۰	پیت قهوه‌ای تیره با درجه تجزیه‌شدگی زیاد به همراه رگه‌های رس و نسبت به لایه‌های بالاتر

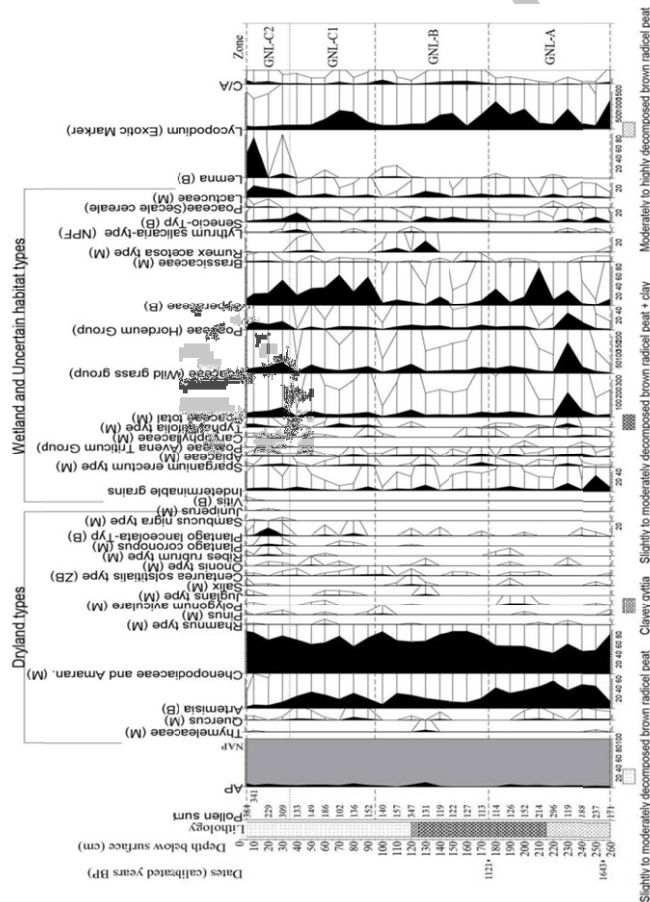
جدول ۲. عمق، مواد، و نتیجه به دست آمده از تعیین سن با روش AMS برای تورب زار گانلی گول

کد نمونه در آزمایشگاه	عمق (سانتی متر)	مواد مورد استفاده برای تعیین سن	سن رادیو کربن (BP*)	(cal. yr BP) سن کالیبره شده
NTUAMS- 1775	۱۷۴ - ۱۷۶	Bulk sediment sample	۲۱±۲۷۶۸	۱۱۲۱
NTUAMS- 1452	۲۵۴ - ۲۵۶	چوب	۱۷±۲۴۲۴	۱۶۴۲

* مخفف پیش از زمان حال (منظور پیش از سال ۱۹۵۰ است).

نمودار گرده و توصیف آن

نمودار درصد گرده گانلی گول (شکل ۲) به دو گروه Dryland types و Wetland and uncertain habitat types تفکیک شد: گروه اول، گرده‌های درختی و درختچه‌ای (AP) و غیردرختی (NAP) را شامل می‌شود. گرده‌های این گروه را می‌توان به گیاهانی نسبت داد که معمولاً بر روی خاک معدنی می‌رویند و معمولاً بیانگر وضعیت پوشش گیاهی و شرایط آب‌وهوایی منطقه‌ای‌اند.



شکل ۲. نمودار درصد گرده مانداب گانلی گول. مقادیر نسبی گرده به صورت درصد (منحنی‌های بسته سیاه) و با ده برابر بزرگ‌نمایی (هاشور سفید) نمایش داده شده است

در این پژوهش، مقادیر گرده‌ای این گروه مبنای محاسبات درصد فراوانی گرده‌ها (pollen sum) قرار گرفته است. در گروه دوم گرده‌های گیاهان آبی یا سطح و حاشیه تورب‌زار نشان داده شده که حضور آن‌ها در نمودارهای گرده نمایانگر شرایط اکولوژیک محلی خود مانداب است. البته، در همین بخش، گرده‌های گروه دیگری از گیاهان قرار داده شده (Uncertain habitat types) که شرایط اکولوژیک و رویشگاهی گیاهان مادری آن‌ها برای ما نامشخص است (همه یا چند جنس یک خانواده گیاهی که هر یک به دلیل سرشت اکولوژیک خاص خود در شرایط رویشگاهی مختلفی روییده‌اند، ولی تفکیک گرده‌های آن‌ها با کمک میکروسکوپ نوری امکان‌پذیر نیست).

بر اساس تغییرات عمده در منحنی‌های گرده‌های اصلی (با فراوانی زیاد)، نمودار گرده به سه زون اجتماع گرده‌ای و یک زیرزون تفکیک شد؛ به ترتیب از پایین‌ترین عمق به تشریح تغییرات مشاهده شده می‌پردازیم. در سراسر رکورد گرده‌ای گانلی‌گول، منحنی مربوط به گرده‌های درختی و درختچه‌ای مقادیر بسیار ناچیزی را نشان می‌دهد. در حالی که منحنی نشان‌دهنده تغییرات فراوانی گرده‌های غیردرختی همواره بین مقادیر چشم‌گیر ۸۰ تا ۱۰۰ درصد در نوسان و به طور عمده شامل اسفناجیان و درمنه است (شکل ۲).

زون اجتماع گرده‌ای GNL-A (عمق ۱۷۵ - ۲۶۰ سانتی‌متر؛ BP ۱۱۴۵ - ۱۶۷۰)

در این اجتماع گرده‌ای، درمنه (ARTEMISIA) با مقادیر تا ۵۵ درصد در میانه زون به بیشینه فراوانی خود در کل رکورد گرده‌ای می‌رسد. اسفناجیان (CHENOPODIACEAE) هم از فراوانی بالا (۸۱ - ۴۲ درصد)، به‌ویژه در نمونه‌های پایینی و به سمت مرز بالایی زون، برخوردارند. از دیگر گرده‌ها در این زون می‌توان به علف هفت‌بند (POLYGONUM AVICULARE)، گل‌گندم زرد (CENTAUREA SOLSTITIALIS-TYPE)، دافنه (THYMELEACEAE)، سیاه‌تنگرس (RHAMNUS)، بید (SALIX)، خارخر (ONONIS)، و کاج (PINUS) اشاره کرد که همگی فراوانی بسیار اندکی دارند. در بین تیپ‌های گرده‌ای گروه دوم، گرده دو خانواده گندمیان (POACEAE) و جگن (CYPERACEAE) به ترتیب با مقادیر تا ۲۰۳ و ۷۹ درصد از بیشترین فراوانی برخوردارند. در بین گرده‌های گندمیان، WILD GRASS GROUP مهم‌ترین گروه از نظر فراوانی در این زون هستند که دارای ویژگی‌هایی هستند؛ از جمله: اندازه: ۳۷ میکرومتر؛ تزئینات سطح: اسکابریت^۱ (تزئینات ریز کوچک‌تر از ۱ میکرومتر) یا وروکیت^۲ (زگیل مانند)؛ قطر روزنه و هاله^۳ دور آن: کمتر از ۸ میکرومتر (خاک‌پور سیبج و همکاران، ۱۳۹۲). فراوانی گرده این گروه در میانه‌های زون تا ۱۶۸ درصد افزایش می‌یابد. در این زون، HORDEUM GROUP گروهی دیگر از گندمیان را (اندازه: ۳۲ - ۴۵ میکرومتر؛ تزئینات سطح: اسکابریت) تشکیل می‌دهد که تا ۳۴ درصد در نیمه بالایی زون افزایش می‌یابد. همچنین، نی‌تویی (SPARGANIUM ERECTUM TYPE)، لویی (TYPHA LATIFOLIA TYPE)، چتریان (APIACEAE)، پیرگیاه (SENECIO-TYPE)، خانواده میخک (CARYOPHYLLACEAE)، و قبیله LACTUCEAE از دیگر گرده‌های این زون هستند و از نظر فراوانی در جایگاه بعدی قرار می‌گیرند. شاخص گرده‌ای C/A در این زون اجتماع گرده‌ای بین ۰/۵ تا ۱ در نوسان است.

1. scabrate
2. verrucate
3. annulus

زون اجتماع گردهای GNL-B (عمق ۹۵ - ۱۷۵ سانتی‌متر؛ BP ۵۹۰ - ۱۱۴۵)

گردهای درختی و درختچه‌ای در ابتدای این زون ناپدید شد و سپس در بخش میانی با فراوانی اندک مشاهده شد. در بین گردهای این گروه، می‌توان به سیاه‌تنگرس، دافنه، بید، خارخر، و کاج اشاره کرد. در بخش میانی این زون، اولین دانه‌های گرده گردو (JUGLANS TYPE) دیده شد. از ویژگی‌های مهم این زون فراوانی چشم‌گیر و چیرگی مطلق گرده اسفناجیان است؛ چنان‌که با مقادیر ۶۶ - ۸۷ درصدی به بیشینه فراوانی خود در سراسر رکورد گرده‌ای می‌رسد. از طرف دیگر، درمنه با کاهش شدید در میانه‌های زون به ۱۲ درصد افت می‌کند. همچنین، در این زون از فراوانی گرده علف هفت‌بند کاسته می‌شود و بر فراوانی تیپ گرده‌ای بارهنگ برگ‌نیزه‌ای (PLANTAGO LANCEOLATA TYPE) تا حدودی افزوده می‌شود. گرده‌های دو خانواده گندمیان و جگن به ترتیب با حداکثر فراوانی ۶۱ و ۱۹ درصد مشاهده شد. تیپ گرده‌ای ترشک باغی (RUMEX ACETOSA TYPE) برای نخستین بار در میانه‌های این زون دیده شد و در نمونه‌های بالایی تا ۲۳ درصد افزایش یافت. در میانه‌ها و اواخر این زون از فراوانی گرده خانواده میخک تا حدودی کاسته شد. شاخص C/A مقادیر بین ۳ تا ۶ را نشان داد.

زون اجتماع گردهای GNL-C (از عمق ۹۵ سانتی‌متر تا سطح تورب‌زار؛ از BP ۵۹۰ تا دوره اخیر)

این اجتماع گردهای را می‌توان به دو زیرزون GNL-C1 و GNL-C2 تقسیم کرد.

در زیرزون اجتماع گردهای GNL-C1 (عمق ۳۵ - ۹۵ سانتی‌متر؛ BP ۱۸۰ - ۵۹۰)، گردهای درختی و درختچه‌ای تغییر چندانی نسبت به زون پیشین نشان نداد. گردهای اسفناجیان کماکان با بیشترین فراوانی بین ۵۵ تا ۷۶ درصد در نوسان بود. گرده درمنه نیز با وجود فراوانی ۳۴ درصدی به سمت مرز بالایی زون رو به کاهش گذاشت. در این زیرزون تیپ گرده‌ای گل‌گندم زرد با اندکی افزایش نسبت به زون پیشین منحنی تقریباً پیوسته‌ای را تشکیل داد. در بین گردهای گیاهان سطح مانداب گرده خانواده جگن با افزایش چشم‌گیر تا ۶۴ درصد افزایش و در ادامه به تدریج کاهش یافت. از دیگر ویژگی‌های این بخش از نمودار گرده حضور تقریباً پیوسته تیپ‌های گرده‌ای نی‌تویی و لویی و نیز افزایش نسبی گرده خون‌فام (LYTHRUM SALICARIA) در بخش بالایی است. در بین گروه تیپ‌های گرده‌ای با رویشگاه نامعلوم پیرگیاه یک بیشینه ۱۸ درصدی را نزدیک به مرز بالایی زیرزون نشان داد. مقدار شاخص C/A بین ۲ تا ۳/۵ است.

از ویژگی‌های زیرزون اجتماع گردهای GNL-C2 (عمق ۳۵ سانتی‌متر تا سطح تورب‌زار؛ از BP ۱۸۰ تاکنون) حضور تک‌گرده‌های گالش‌انگور (RIBES RUBRUM-TYPE)، ارس (JUNIPERUS)، گز (TAMARIX)، اقطی‌سیاه (SAMBUCUS NIGRA-TYPE)، و مو (VITIS) است. گرده دافنه و بید- که در زیرزون قبلی ناپدید شده بودند- در این زیرزون با فراوانی کم حضور دارند. در بین گرده‌های غیردرختی، اسفناجیان افزایش نسبی را در مقایسه با زیرزون پیشین نشان می‌دهد؛ در حالی که درمنه به طور چشم‌گیری کاهش یافته و در نمونه‌های بالایی به کمترین مقدار خود (سه درصد) در کل رکورد گرده‌ای می‌رسد. گرده‌های بارهنگ برگ‌نیزه‌ای، با بیشینه پانزده درصد در میانه زیرزون، و بارهنگ پاکلاگی (PLANTAGO CORONOPS) منحنی‌های پیوسته‌ای را ایجاد می‌کنند. در بین گرده گیاهان سطح مانداب، گرده

خانواده جگن در نیمه پایینی زیرزون تا ۵۳ درصد افزایش یافت، ولی پس از آن روندی کاهشی را نشان داد. ویژگی مهم دیگر این زیرزون افزایش گرده عدسک آبی (LEMNA) تا ۸۴ درصد در نیمه بالایی و نزدیک به سطح تورب‌زار است. از گروه گرده‌های گیاهان با رویشگاه نامعلوم، گندمیان، با افزایش نسبی، مقادیر ۳۵ تا ۸۳ درصد را نشان داد. منحنی فراوانی گرده قبیله LACTUCEAE روند افزایشی چشم‌گیری را به سمت نمونه‌های بالایی زیرزون نشان داد و در نزدیکی مرز بالایی زیرزون به ۲۴ درصد رسید. مقدار شاخص C/A با افزایش نسبی بین ۳ تا ۷ متغیر است.

بحث و نتیجه‌گیری

در پژوهش‌های گرده‌شناسی منطقه زاگرس- که برای برآورد دوره‌های خشک و مرطوب گذشته از نسبت گرده‌های C/A استفاده می‌شود- توجه به نکات زیر مهم به نظر می‌رسد. بی‌گمان، نیازهای اکولوژیک اعضای گیاهی دو آرایه اسفناجیان و درمنه بسیار گوناگون و گسترده است. درمنه‌ها از گونه‌های بسیار خشکی‌پسند (مانند *Artemisia sieberi*، *A. diffusa* و *A. turanica*) تا گیاهان کوهسری (مانند *A. persica*، *A. haussknechtii* و *A. austriaca*)، آلیپی (مانند *A. melanolepis*)، و حتی رودرال یا تخریب‌دوست (مانند *A. annua*) تشکیل شده‌اند (مظفریان، ۱۳۸۷؛ مظفریان، مکاتبه شخصی، ۲۰۱۵). همچنین، در بین گیاهان تیره اسفناج آشکارا گوناگونی اکولوژیک و رویشگاهی وسیعی دیده می‌شود؛ چنان‌که طیفی از جنس‌های آب‌دوست و شورپسند (مانند *Salicornia*) تا گونه‌های خشکی‌پسند (مانند برخی از گونه‌های *Salsola* و *Anabasis*) یا حتی تخریب‌دوست (مثلاً بعضی از گونه‌های *Chenopodium* و *Atriplex*) در این خانواده دیده می‌شود (آخانی و قربانی، ۱۹۹۳؛ آخانی، ۲۰۰۴). بنابراین، پایین آمدن سطح آب دریاچه شور و بزرگ ارومیه می‌تواند عاملی مهم در گسترش زمین‌های شور حاشیه دریاچه و افزایش تنوع و فراوانی گونه‌های هالوفیت در تیره اسفناجیان باشد که خود موجب افزایش نسبت C/A خواهد شد. به عبارت دیگر، همیشه نمی‌توان افزایش نسبت گرده‌ای فوق را در شمال غرب ایران به گسترش گونه‌های خشکی‌پسند اسفناجیان نسبت داد. با وجود این، افزایش گرده‌های اسفناجیان، حتی با منشأ گونه‌های هالوفیت این خانواده، را هم می‌توان ناشی از تغییر اقلیم به سمت شرایط خشک دانست، که خود عاملی مهم در کاهش سطح تراز آب دریاچه ارومیه است. از طرف دیگر، با توجه به اینکه شمال غرب ایران و بخش‌های وسیعی از زاگرس پوشیده از درمنه‌های کوهسری است- و نیاز آبی و رطوبتی بیشتری در مقایسه با گونه‌های خشکی‌پسند اشاره شده در بالا دارند (مظفریان، مکاتبه شخصی، ۲۰۱۵)- استفاده از نسبت گرده‌ای مورد نظر منطقی به نظر می‌رسد.

بررسی نمودار گرده گانلی‌گول نشان می‌دهد که گیاهان مادری گرده‌های درمنه و اسفناجیان تقریباً در کل دوره زمانی مورد بررسی جزو عناصر رویشی مهم در منطقه بوده‌اند. با وجود آنکه این گیاهان شاخص پوشش گیاهی استپی و استپی بیابانی در فلات مرکزی ایران به‌شمار می‌روند (زهری، ۱۹۷۳؛ ون زایست و بوتما، ۱۹۷۷)، در مقایسه با بسیاری از گیاهان متداول دیگر در این مناطق، گرده بیشتری تولید می‌کنند. بنابراین، در باران گرده‌ای هم سهم بیشتری دارند (ال-موسلمانی، ۱۹۹۰).

فراوانی چشم‌گیر گرده درمنه و اسفناجیان را در اجتماع گرده‌های GNL-A (بازه زمانی BP ۱۱۴۵ - ۱۶۷۰) می‌توان

نشانه‌ای از گسترش پوشش گیاهی نیمه‌استپی با چیرگی درمنه و حضور جوامع گیاهی شورپسند خانواده‌ اسفناج در منطقه دانست. پایین‌بودن شاخص C/A (۰/۵ - ۱) در این بازه زمانی می‌تواند بیانگر دوره‌ای به‌نسبت مرطوب باشد که در پژوهش‌های گرده‌شناختی مشابه در جنوب غربی دریایچه ارومیه (طالبی و همکاران، ۲۰۱۶)، دریایچه نار در ترکیه (وودبریج و روبرتز، ۲۰۱۱)، و بخش مرکزی منطقه هیرکانی در شمال ایران (خاک‌پور سیبج و همکاران، ۱۳۹۲) هم گزارش شده است؛ هرچند جمالی و همکاران (۲۰۰۹a) افزایش گرده درمنه در رکورد گرده‌های آلمالو در آذربایجان شرقی را به افزایش فعالیت‌های کشاورزی و چرای دام در دوره ساسانیان نسبت می‌دهند. جای‌گزینی گرده‌های گندمیان، لویی، و نی‌تویی- که همگی از فراوانی درخور توجهی در نیمه پایینی زون برخوردارند- به وسیله گرده‌های خانواده جگن در میانه زون نه‌تنها نشانه‌ای مهم از تغییر ترکیب پوشش گیاهی سطح مانداب به‌شمار می‌آید، بلکه به تغییر شرایط هیدرولوژیک این اکوسیستم آبی نیز اشاره می‌کند. همچنین، تغییر ویژگی‌های چینه‌شناختی مغزه مورد بررسی در همین بخش، یعنی ورود یا افزایش مواد معدنی در ته‌نشته‌ها، بیانگر پایین‌رفتن سطح آب مانداب یا خشکی موقتی کناره‌های آن و گسترش گیاهان خانواده جگن در حاشیه مانداب گانلی گول است. در منطقه آلمالو نیز افزایش گرده گیاهان جگن نشان‌دهنده کاهش سطح آب و پیشروی گیاهان مادری این گرده‌ها به سمت داخل مانداب تفسیر شده است (جمالی و همکاران، ۲۰۰۹a).

در بازه زمانی BP ۵۹۰ - ۱۱۴۵ (اجتماع گرده‌های GNL-B)، که افزایش چشم‌گیر گرده اسفناجیان و کاهش درمنه شاخص C/A را تا ۶ افزایش می‌دهد، و همچنین ناپدیدشدن گرده‌های درختی به‌ویژه در نیمه پایینی زون، نشان‌دهنده گسترش خشکی و سرمای هوا در منطقه است. ال- موسلمانی (۱۹۹۰) مقادیر بالاتر از ۴/۵ را برای شاخص C/A نشانه افزایش خشکی در منطقه غرب ایران می‌داند. این دوره هم‌زمان با پدیده آب‌وهوایی «بی‌نظمی اقلیمی سده‌های میانی»^۱ است که در برخی از مناطق با افزایش درخور توجه دما و خشک‌سالی‌های طولانی همراه بوده است؛ در حالی که مناطق دیگر شاهد بارندگی‌های شدید بوده‌اند (بردلی و همکاران، ۲۰۰۳). در پژوهش گرده‌شناختی جنوب غربی دریایچه ارومیه نیز یک دوره سرد و خشک برای دوره زمانی BP ۸۵۰ - ۱۱۰۰ برای منطقه پیشنهاد شده است (طالبی و همکاران، ۲۰۱۶). همچنین، روبرتز و همکاران (۲۰۱۲) افزایش خشکی و کاهش سطح آب دریایچه Iberian در غرب مدیترانه را در دوره بی‌نظمی اقلیمی مطرح کرده‌اند. در دریایچه مهارلو در جنوب غربی ایران نیز مقادیر ناچیز گرده‌های درختی و فراوانی اسفناجیان به شرایط اقلیمی بسیار خشک نسبت داده شد (جمالی و همکاران، ۲۰۰۹b). یافته‌های مربوط به دوره خشک و سرد حاکم بر بحرالमित^۲ نیز، که با کاهش گرده درختان، افزایش اسفناجیان، و کاهش فعالیت انسانی همراه بوده، با نتایج رکورد گرده‌های گانلی گول همخوانی دارد (نویمن و همکاران، ۲۰۰۷). بهبود نسبی شرایط محیطی از کاهش نسبت C/A و افزایش نسبی گرده‌های درختی و درختچه‌ای در میانه زون (BP ۸۳۰) درک می‌شود. از این زمان تا BP ۷۶۵ حضور گرده‌های گردو و Secale cereale به همراه مقادیر زیاد گرده ترشک باغی و افزایش نسبی گرده‌های بارهنگ برگ‌نیزه‌ای و گل‌گندم زرد نشانه‌هایی از فعالیت‌های کشاورزی و کاشت درختان میوه در منطقه است.

1. mediaeval climatic anomaly

2. Dead Sea

در بازه زمانی BP ۱۸۰ - ۵۹۰ (زیرزون GNL-C1)، فراوانی بیشتر گرده‌های گردو، بارهنگ برگ‌نیزه‌ای، و گل‌گندم زرد به افزایش فعالیت انسان و تغییر پوشش گیاهی منطقه دلالت دارد. گیاهان مادری تیپ گل‌گندم زرد جزو پوشش گیاهی مزارع غلات‌اند- که به‌تازگی شخم خورده‌اند- یا فضاهای باز کنار جاده‌ها (جمالی و همکاران، ۲۰۰۹a؛ ون زایست و بوتما، ۱۹۷۷). فراوانی گرده‌های گیاهان ماندابی در این دوره گسترش دوباره گیاهان خانواده جگن، لویی، و نی‌تویی را در حاشیه‌های کم‌عمق مانداب و کاهش سطح آب آن پیشنهاد می‌کند. در بازه زمانی BP ۲۰۲ - ۳۷۳ (اعماق ۴۰ - ۶۵ سانتی‌متر) فراوانی گرده‌های خانواده جگن و لویی به‌تدریج کاهش می‌یابد؛ این موضوع احتمالاً بیانگر افزایش تدریجی سطح آب مانداب است. حضور گرده خون‌فام نیز شرایط مرطوب محلی را نشان می‌دهد.

کاهش چشم‌گیر گرده درمنه و فراوانی گرده اسفناجیان (افزایش شاخص C/A تا ۷)، تیپ گرده‌ای پیرگیاه، و قبیله Lactuceae از BP ۱۸۰ به این سو بیانگر گسترش پوشش گیاهی استپی- بیابانی با چیرگی اسفناجیان و افزایش خشکی در منطقه است. پژوهش دریاچه نار در ترکیه (وودبریج و روبرتز، ۲۰۱۱) نیز افزایش خشکی را در صد سال گذشته نشان می‌دهد. هرچند افزایش فعالیت‌های انسانی در منطقه در دهه‌های اخیر- که در این رکورد گرده‌ای با افزایش درخور توجه گرده بارهنگ برگ‌نیزه‌ای استنباط می‌شود و در پژوهش‌های مشابه (مانند طالبی و همکاران، ۲۰۱۶) هم نشان داده شده است- بی‌گمان از عوامل اصلی تأثیرگذار بر ترکیب پوشش گیاهی و کاربری زمین در منطقه بوده است.

در این پژوهش دیرینه‌بوم‌شناختی و تاریخیچه پوشش گیاهی اطراف ارومیه در اواخر هولوسن بازسازی شد و نقش تغییرات آب‌وهوایی و فعالیت‌های انسان بر پوشش گیاهی اکوسیستم ماندابی گانلی‌گول و اطراف آن بررسی شد. مساحت تورب‌زارها در سراسر جهان به دلیل تغییرات آب‌وهوا و فعالیت‌های انسان، همچون زهکشی این مناطق و تبدیل آن‌ها به زمین‌های کشاورزی، باغ، و مناطق مسکونی، رو به کاهش است. در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا، مانند شمال غرب ایران، این پدیده روند بسیار سریع‌تری دارد که گواه آن خشک‌شدن بسیاری از مانداب‌های منطقه در چند سال اخیر و مهم‌تر از آن کاهش شدید مساحت دریاچه ارومیه است (طالبی و همکاران، ۲۰۱۶).

سپاسگزاری

از آقایان فرزاد هادی و محمد مکاریزاده برای کمک در مغزه‌برداری و مهندس هادی بیگی (گروه جنگل‌داری دانشگاه ارومیه) برای تهیه نقشه منطقه مورد مطالعه بسیار سپاسگزاریم. همچنین، از همکاران دانشگاه گوتینگن آلمان، آقای پروفیسور Herman Behling، برای تأمین هزینه سن‌سنجی رادیوکربن مغزه گانلی‌گول و آقای کمال‌الدین (سینا) علیزاده برای مشورت علمی و پشتیبانی فنی در این پژوهش صمیمانه قدردانی می‌شود.

منابع

- خاکپور سیبچ، م؛ رمضان، ا؛ ثیاب قدسی، ع؛ زارع، ح. و یوستن، ه. (۱۳۹۲). بازسازی پالینولوژیک ۱۵۰۰ سال تاریخچه پوشش گیاهی ویسر در شمال ایران، رستنی‌ها، ۱۴(۲): ۱۳۵ - ۱۴۸.
- شاهحسینی، م. (۱۳۸۲). رسوب‌شناسی بستر دریاچه ارومیه در بخش میانی بزرگراه شهید کلانتری با نگرشی بر منبع رسوبات، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، به راهنمایی عبدالحسین امینی، دانشکده علوم، دانشگاه تهران.
- عزیزی، ق؛ اکبری، ط؛ هاشمی، ح؛ یمانی، م؛ مقصودی، م. و جغاب، ع. (۱۳۹۲). تحلیل پالینولوژیکی رسوبات دریاچه نئور به منظور بازسازی فازهای رطوبتی دیرینه دریاچه نئور در اواخر پلیستوسن و اوایل هولوسن، پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی، ۱: ۱ - ۲۰.
- قلی‌پور، ع. و سنبلی، ع. (۱۳۹۲). بازبایی گونه *Acorus calamus* از خانواده Acoraceae در ایران، مجله تاکسونومی و بیوسیستماتیک، ۵(۱۵): ۱۱۳ - ۱۱۶.
- مظفریان، و. (۱۳۸۷). فلور ایران: تیره کاسنی (Compositae): قبیله‌های Anthemideae و Echinopeae. در: اسدی، م؛ معصومی، ع؛ مظفریان، و. (ویراستاران)، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، ش ۵۹.
- Akhani, H. (2004). Halophytic vegetation of Iran: towards a syntaxonomical classification, *Annali di botanica*, 4: 65-82.
- Akhani, H. and Ghorbanli, M. (1993). *A contribution to the halophytic vegetation and flora of Iran*, 1: 35-44, In: Lieth, H. and AL Masoom, A.Ahmed.(Ed.), *Towards the rational use of high salinity tolerant plants*, Springer Netherlands, 519 p.
- Azizi, Gh.; Akbari, T.; Hashemi, H.; Yamani, M.; Magsudi, M. and Abasi Jagnab, A. (2013). Palynological analysis of lake sediments to reconstruct lake Nour in the late Pleistocene and early Holocene phases of standing water, *Physical Geography Research Quarterly*, 1: 1-20 (In Persian).
- Beug, H.J. (2004). *Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und Angrenzende Gebiete*, Verlag Dr. Friedrich Pfeil Publications, Germany, 542 p.
- Blaauw, M. and Christen, A. (2011). Flexible paleoclimate age-depth models using an autoregressive gamma process, *Bayesian Analysis*, 6(3): 457-474.
- Bottema, S. (1986). A late Quaternary pollen diagram from Lake Urmia (northwestern Iran), *Review of Palaeobotany and Palynology*, 47: 241-61.
- Bradley, R.S.; Briffa, K.R.; Cole, J.E.; Hughes, M.K. and Osborn, T.J. (2003). The climate of the last millennium, In: Alverson, K.D., Bradley, R.S. and Pedersen, T.F., editors, *Paleoclimate, global change and the future*, Springer-Verlag, 105-41.
- Djamali, M.; de Beaulieu, J.L.; Shah-Hosseini, M.; Andrieu-Ponel, V.; Amini, A.; Akhani, H.; Leroy, S.A.G.; Stevens, L.; Alizadeh, H.; Ponel, P. and Brewer, S. (2008). A late Pleistocene long pollen record from Lake Urmia, NW Iran, *Quaternary Research*, 69: 413-420.
- Djamali, M.; de Beaulieu, J.L.; Andrieu-Ponel, V.; Berberian, M.; Miller, N.; Gandouin, E.; Lahijani, H.; Shah-Hosseini, M.; Ponel, P.; Salimian, M. and Guitier, 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.L.; Miller, N.; Andrieu-Ponel, V.; Lak, R.; Sadeddin, M.; Akhani, H.; Fazeli, H. (2009b). Vegetation history of the SE section of Zagros Mountains during the last five millennia; a pollen record from the Maharlou Lake, Fars Province, Iran, *Vegetation History and Archaeobotany*, 18: 123-136.
- El-Moslimany, A.P. (1990). Ecological significance of common nonarboreal pollen: examples from drylands of the Middle East, *Review of Palaeobotany and Palynology*, 64: 343-350.
- Fægri, K. and Iversen, J. (1989). *Textbook of pollen analysis* (revised by Fægri, K., Kaland, P.E. and Krzywinski, K.), John Wiley and Sons, 328 P.

- Grimm, E.C. (2011-2015). Tilia ver. 2.0.41.
- Gholipour, A. and Sonboli, A. (2013). Rediscovery of *Acorus calamus* (Acoraceae) in Iran, *Taxonomy and Biosystematics*, 5(15): 113-116 (In Persian).
- Herzschuh, U. (2007). Reliability of pollen ratios for environmental reconstructions on the Tibetan Plateau, *Journal of Biogeography*, 34(7): 1265-1273.
- Joosten, H. and de Clarke, P. (2002). Wise use of mires and peatlands, background and principles including a framework for decision-making, *International Mire Conservation Group and International Peat Society*, PP. 6-24.
- Kaniewski, D.; Van Campo, E.; Paulissen, E.; Weiss, H.; Bakker, J.; Rossignol, I. and Van Lerberghe, K. (2011). The medieval climate anomaly and the little Ice Age in coastal Syria inferred from pollen-derived palaeoclimatic patterns, *Global and Planetary Change*, 78: 178-187.
- Khakpour Saeji, M.; Ramezani, E.; Siyab Ghodsy, A.A.; Zare, H. and Joosten, H. (2013). Palynological reconstruction of 1500 years of vegetation history of Veisar (N Iran), *Rostaniha*, 14(2): 135-148 (In Persian).
- Moore, P.D.; Webb, J.A. and Collinson, M.E. (1991). *Pollen Analysis, Second Edition*, Blackwell Science Publishers, 216 P.
- Mozaffarian, V. (2008). Compositae: Anthemideae & Echinopeae, In: Assadi, M., Maassoumi, A. & Mozaffarian, V. Flora of Iran, No. 59, *Research Institute of Forests and Rangelands Publication* (In Persian).
- Neumann, F.H.; Kagan, E.J.; Schwab, M.J. and Stein, M. (2007). Palynology, sedimentology and palaeoecology of the late Holocene Dead Sea, *Quaternary Science Reviews*, 26: 1476-1498.
- Ortu, E.; Peyron, O.; Bordon, A.; de Beaulieu, J.L.; Siniscalco, C. and Caramiello, R. (2008). Lateglacial and Holocene climate oscillations in the South-western Alps: an attempt at quantitative reconstruction, *Quaternary International*, 190(1): 71-88.
- Ponel, P.; 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.
- Reimer, P.J.; Bard, E.; Bayliss, A.; Beck, J.W.; Blackwell, P.G.; Bronk Ramsey, C.; Grootes, P.M.; Guilderson, T.P.; Hafliadason, H.; Hajdas, I.; Hatt, C.; Heaton, T.J.; Hoffmann, D.L.; Hogg, A.G.; Hughen, K.A.; Kaiser, K.F.; Kromer, B.; Manning, S.W.; Niu, M.; Reimer, R.W.; Richards, D.A.; Scott, E.M.; Southon, J.R.; Staff, R.A.; Turney, C.S.M. and van der Plicht, J. (2013). IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0-50,000 Years cal BP, *Radiocarbon*, 55(4).
- Roberts, J.; Moreno, A.; Valero-Garcés, B.L.; Pablo Corella, J.; Jones, M.; Allcock, S.; Woodbridge, J.; Morellón, M. and Luterbacher, J. (2012). Palaeolimnological evidence for an east-west climate see-saw in the Mediterranean since AD 900, *Global and Planetary Change*, 84: 23-34.
- Shah-Hosseini, M. (2003). Sedimentology of the Lake Urmia bottom sediments in the middle part of Shahid Kalantari Highway with a special reference to the source of sediments, Unpublished MSc thesis, University of Tehran, Tehran (In Persian).
- Talebi, T.; Ramezani, E.; Djamali, M.; Alizadeh Ketek Lahijani, H.; Naqinezhad, A.; Alizadeh, K. and Andrieu-Ponel, V. (2016). The Late-Holocene climate change, vegetation dynamics, lake-level changes and anthropogenic impacts in the Lake Urmia region, NW Iran, *Quaternary International*, 408: 40-51.
- The Plant List (2015). <http://www.theplantlist.org/>, last retrieved 2015/05/04.
- 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*, 140: 65-67.
- Van Zeist, W. (2008). Late Pleistocene and Holocene vegetation at Zeribar, In: *The palaeoecology of Lake Zaribar and surrounding areas, western Iran, during the last 48,000 years*, Wasylkova, K. and Witkowski, A. (Ed.), A.R.G Gantner Verlag K.G. 377 p.
- Woodbridge, J. and Roberts, N. (2011). Late Holocene climate of the Eastern Mediterranean inferred from diatom analysis of annually-laminated lake sediments, *Quaternary Science Reviews*, 30(23-24): 3381-3392.
- Zhao, Y.; Liu, H.; Li, F.; Huang, X.; Sun, J.; Zhao, W.; Herzschuh, U. and Tang, Y. (2012). Application and limitations of the Artemisia/Chenopodiaceae pollen ratio in arid and semi-arid China, *The Holocene*, 22(12): 1385-1392.
- Zohary, M. (1973). *Geobotanical foundations of the Middle East*, Gustav Fischer Verlag.