

بررسی گرده‌شناختی تغییرات پوشش گیاهی و آب و هوایی مانداب گانلی گول ارومیه در اواخر هولوسن

افسانه زوار^۱، الیاس رضانی^{۲*}، علیرضا نقی‌نژاد^۳ و هانس ژوستن^۴

۱- کارشناس ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۲- نویسنده مسئول، استادیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. پست الکترونیک: e.ramezani@urmia.ac.ir

۳- دانشیار، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه مازندران، بابل، ایران

۴- استاد، گروه پالئوکولوژی و مطالعات تورب‌زار، انستیتو گیاه‌شناسی و اکولوژی زمین‌سیما، دانشگاه گرایفسوالد، گرایفسوالد، آلمان

تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۲/۲۰

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۹/۲۷

چکیده

در پژوهش گرده‌شناختی پیش‌رو، تغییرات پوشش گیاهی اطراف ارومیه در بازه زمانی ۱۶۰۰ تا ۳۰۰۰ cal. BP با بررسی مغزه‌های رسوبی از مانداب گانلی‌گول، بازسازی و نقش آب و هوا و فعالیت‌های انسان بررسی شد. فراوانی چشمگیر گرده‌های درمنه و اسفناجیان در سراسر این رکورد گرده‌ای، نشان‌دهنده چیرگی گیاهان مادری آنها در ترکیب پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه بود. گیاهان دو خانواده گندمیان و جگن همواره به فراوانی در سطح مانداب می‌روییده‌اند. مقادیر اندک گرده‌های درختی در نمودار گرده گانلی‌گول نشان‌گر سهم ناچیز پوشش جنگلی در منطقه بود. در این پژوهش از نسبت فراوانی گرده اسفناجیان به درمنه (C/A) به‌عنوان شاخص برآورد دوره‌های مرطوب و خشک استفاده شد. این نسبت با مقادیر ۱-۲ در بازه زمانی ۲۸۵۰ تا ۳۰۰۰ cal. BP شرایط اقلیمی به‌نسبت خشک و گسترش پوشش گیاهی استپی را در منطقه پیشنهاد کرد. افزایش گرده درمنه و تاحدودی بلوط در ۲۶۵۰ تا ۲۸۵۰ cal. BP را می‌توان نشانه کاهش خشکی و گسترش پوشش گیاهی نیمه‌استپی دانست. پایان این دوره با کاهش بلوط و درمنه و افزایش اسفناجیان همراه بود ($C/A=7$) که شرایط آب و هوایی سرد و خشک و پوشش گیاهی استپی - بیابانی را برای ۲۳۳۸ تا ۲۶۵۰ cal. BP در منطقه پیشنهاد کرد. افزایش نسبی بلوط به‌همراه مقادیر زیاد درمنه و گندمیان را می‌توان نشانه بهبود شرایط آب و هوایی در ۲۰۲۰ تا ۲۳۳۸ cal. BP دانست. همچنین حضور گرده انگور و فراوانی نسبی گرده‌های کاردی و گل‌گندم زرد، شواهدی بر افزایش فعالیت‌های کشاورزی در این دوره بودند. افزایش اسفناجیان و کاهش درمنه ($C/A=14$) و مقادیر ناچیز گرده بلوط در ۱۶۱۴ تا ۲۰۲۰ cal. BP می‌تواند نشانگر پوشش گیاهی استپی و اقلیم به‌نسبت خشک در منطقه باشد.

واژه‌های کلیدی: آب و هوای گذشته، تاریخچه پوشش گیاهی، خاورمیانه، سن‌سنجی رادیوکربن، گرده‌شناسی.

مقدمه

در مورد تغییرات آب و هوایی گذشته و نیز نقش و دخالت انسان در تغییر و تحول درازمدت پوشش گیاهی فراهم می‌کند. گرده‌شناسی روشی علمی است که به کمک دانه‌های گرده و هاگ گیاهان به بازسازی پوشش گیاهی و آب و هوای گذشته می‌پردازد (Fægri & Iversen, 1989; Moore et al., 1991). بازسازی تاریخچه پوشش گیاهی و

پژوهش‌های دیرینه‌بوم‌شناختی (پالئوکولوژیک)، شناخت شرایط آب و هوایی و سیمای محیط زیستی گذشته یک منطقه را افزایش می‌دهد. پوشش گیاهی در هر منطقه تحت تأثیر آب و هوا و فعالیت‌های انسان است، بنابراین بررسی تغییرات پوشش گیاهی در گذر زمان، اطلاعات سودمندی را

هوایی جنوب غربی دریاچه ارومیه در ۲۵۵۰ سال گذشته بررسی شد (Talebi *et al.*, 2016). یافته‌های این پژوهش نشان داد که در بازه زمانی ۱۵۰۰ تا ۲۵۵۰ cal. BP، شرایط به نسبت خشک و پوشش گیاهی استپی در منطقه حاکم بود. در ۵۵۰ تا ۱۵۰۰ cal. BP، بهبود شرایط آب و هوایی و کاهش فعالیت‌های کشاورزی، موجب گسترش جنگل‌های بلوط در منطقه شد. همزمان با عصر یخبندان کوچک (۱۵۰ تا ۴۵۰ cal. BP)، با کاهش بلوط و افزایش درمنه، شرایط سرد و خشک در منطقه حاکم شد. در چند صد سال اخیر، بلوط همواره کاهش و پوشش گیاهی استپی بیابانی گسترش یافت.

در بررسی گرده‌شناختی دریاچه آملو در آذربایجان شرقی، ارتباط پوشش گیاهی با تغییرات آب و هوایی و وقایع تاریخی منطقه در اواخر هولوسن مطالعه شد (Djamali *et al.*, 2009a). این پژوهشگران نشان دادند که رویدادهای تاریخی و فعالیت‌های بشری نقش مهمتری را نسبت به آب و هوا در تغییر پوشش گیاهی منطقه در ۲۲۲۰ تا ۲۴۵۰ cal. BP داشت. براساس این پژوهش، فعالیت‌های کشاورزی و دامداری در چند قرن اخیر، به طور چشمگیری در منطقه افزایش یافته بود.

پژوهش‌های گرده‌شناسی پراکنده انجام شده در شمال غرب ایران از دقت زمانی و مکانی کافی برای درک همه‌جانبه تغییرات پوشش گیاهی و آب و هوایی گذشته منطقه برخوردار نیستند (Talebi *et al.*, 2016). این پژوهش‌ها، بیشتر در مورد تهنهشته‌های دریاچه ارومیه انجام شده‌اند (Bottema, 1986; Djamali *et al.*, 2008) که با توجه به گستردگی و مساحت زیاد، از ناحیه منشأ گرده بسیار بزرگی برخوردار بودند. چنین سایت‌هایی، امکان بازسازی تغییرات پوشش گیاهی را در گستره‌ای بسیار بزرگ (تا هزاران کیلومتر مربع) فراهم می‌کنند. برای بررسی تغییرات درازمدت محیطی در مقیاس کوچکتر، تورب‌زارهای کوچک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند که البته به دلیل کمیاب بودن چنین اکوسیستم‌هایی در شمال غرب کشور، کمتر مورد توجه بوده‌اند. پژوهش پیش‌رو، با بررسی

تغییرات آب و هوایی گذشته زمین، امکان پیش‌بینی آب و هوای آینده را فراهم می‌کند (Bradley, 1999).

نخستین پژوهش‌های گرده‌شناسی در منطقه زاگرس با مغزبرداری از رسوبات چندین دریاچه در غرب کشور در سال‌های ابتدایی دهه ۶۰ میلادی آغاز شد. مهمترین این دریاچه‌ها، زریبار در استان کردستان بود که امکان بازسازی تاریخچه پوشش گیاهی و تغییرات اقلیمی بخش‌هایی از زاگرس را در ۵۰ هزار سال گذشته فراهم کرد (van Zeist & Bottema, 1977; van Zeist, 2008). بر این اساس، در انتهای دوره پلیستوسن، عناصر شاخص مناطق نیمه‌بیابانی و آب و هوای خشک و سرد، یعنی درمنه (*Artemisia*) و اسفناجیان (*Chenopodiaceae*)، نقش مهمی را در ترکیب پوشش گیاهی کوه‌های زاگرس داشتند. با آغاز هولوسن و گرم و مرطوب‌تر شدن هوا، گندمیان (*Poaceae*) جایگزین گیاهان پیش از آن شدند و درختان به‌ویژه بلوط، افرا و پسته، به تدریج به منطقه مهاجرت کردند. از میانه‌های هولوسن (۵۵۰۰ تا ۶۰۰۰ سال گذشته)، رژیم آب و هوایی مشابه با شرایط امروزی و پوشش جنگلی با چیرگی گونه‌های مختلف بلوط در منطقه زاگرس مستقر شدند (van Zeist, 2008). پژوهش‌های مشابهی در مورد رسوبات دریاچه ارومیه انجام شده است (Bottema, 1986; Djamali *et al.*, 2008). در مطالعه Djamali *et al.*, 2008 (۲۰۰۸) که تا به امروز کهن‌ترین رکورد گرده‌ای ایران است، تغییرات پوشش گیاهی و آب و هوایی شمال غرب ایران در ۲۰۰ هزار سال گذشته با بررسی دو مغزه رسوبی ۱۰۰ متری بازسازی شد. این پژوهش نشان داد که انتشار جنگل‌ها با چیرگی بلوط در زاگرس، مانند آنچه در میانه‌های هولوسن رخ داد، در دوره بین‌یخچالی پیشین (۱۳۰ تا ۱۱۵ هزار سال پیش) نیز اتفاق افتاده بود. این پژوهش همانند پژوهش‌های بی‌شمار دیگر در مناطق مختلف جهان، به خوبی تأثیر شگرف دوره‌های یخچالی و بین‌یخچالی دوره کواترنری (دو میلیون سال گذشته) را بر پوشش گیاهی نیمکره شمالی زمین نشان داد.

در پژوهشی جدید، تغییرات پوشش گیاهی و آب و

کیلومتری دریاچه ارومیه قرار دارد (شکل ۱). بخش مرکزی مانداب، دریاچه‌ای به مساحت حدود سه هکتار است که در گرداگرد آن، لایه‌های تورب (Peat) به ضخامت چندین متر انباشته شده است. مانداب گانلی گول رویشگاه پوشش گیاهی رطوبت‌پسند خاص خود است که آن را از اکوسیستم‌های اطراف به کلی متمایز می‌سازد. امروزه زمین‌های کشاورزی و باغ‌های میوه در پیرامون مانداب مشاهده می‌شود. پوشش گیاهی سطح و حاشیه مانداب گانلی گول در بهار ۱۳۹۲ و تابستان ۱۳۹۳ بررسی شد.

گرده‌شناختی یکی از این اکوسیستم‌های ماندابی در نزدیکی شهر ارومیه به بازسازی تغییرات پوشش گیاهی، آب و هوایی و نقش انسان بر اکوسیستم و کاربری زمین در اواخر هولوسن در این منطقه می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

مانداب گانلی گول با ۱۳۰۸ متر ارتفاع از سطح دریا در نزدیکی روستاهای توپراق‌قلعه، تکالو و گل‌مرز در شرق محور ارتباطی ارومیه به سمت جاده شهید کلاتری و در ۳۳



شکل ۱- نقشه منطقه مورد مطالعه (موقعیت مانداب گانلی گول با علامت ستاره مشخص شده است)

به کمک دستگاه مغزه‌بردار روسی از حاشیه مانداب گانلی گول ($37^{\circ}35'34''/7''$ عرض شمالی؛ $45^{\circ}6'43''/6''$ طول شرقی؛ نام اختصاری GNL) برداشت شد. در آزمایشگاه از مغزه مورد نظر، نمونه‌های پالینولوژیک حجمی (0.5 سانتی‌متر مکعب در هر عمق) با فاصله ۱۰ سانتی‌متر از هم برداشته شد. آماده‌سازی نمونه‌ها به روش استاندارد پیشنهادی Iversen و Fægri (۱۹۸۹) در دانشگاه گرایفسوالد آلمان انجام شد. در این پژوهش، $2/5$ متر پایینی (عمق ۵۰۰ تا ۲۵۰ سانتی‌متر) مغزه GNL بررسی شد.

شمارش گرده و ترسیم نمودار گرده

برای تجزیه و تحلیل گرده، برای هر عمق، اسلایدهای میکروسکوپی تهیه شد و محتوای گرده آنها به کمک میکروسکوپ نوری اولیمپوس (Olympus) مدل CX31 با

پادگانه‌های آبرفتی جوان و مخروط‌افکنه‌های آبرفتی کواترن در کرانه غربی دریاچه ارومیه و در نزدیکی شهر ارومیه (منطقه مورد مطالعه) گسترش دارند و زمین‌های حاصلخیزی را ایجاد کرده‌اند (Shah Hosseini, 2003). خاک منطقه رسوبات آبرفتی است و بافت سیلتی-لومی تا سیلتی-رسی و رسی-لومی به رنگ قهوه‌ای دارد. آب و هوای منطقه، نیمه‌خشک و جزء منطقه ایرانو-تورانی است. میانگین بارش سالانه در منطقه ۳۴۱ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه $11/2$ درجه سانتیگراد است. میانگین دمای گرم‌ترین (تیر) و سردترین (دی) ماه سال به ترتیب $23/9$ و $2/5$ - درجه سانتیگراد است (Djamali, et al., 2008).

مغزه‌برداری و آماده‌سازی نمونه‌های پالینولوژیک در اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۲، مغزه‌ای رسوبی به طول پنج متر

خشک رشد می‌کنند، اما از نظر شرایط و نیاز رطوبتی متفاوت هستند. درمنه (A) در طول فصل رشد نیاز رطوبتی بیشتری نسبت به اسفناجیان (C) دارد و به‌طور معمول در آب و هوای نیمه‌خشک از فراوانی بیشتری برخوردار است (El-Moslimany, 1990). در پژوهش‌های گرده‌شناختی مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان مانند خاورمیانه، آسیای مرکزی و چین، از نسبت فراوانی C/A به‌عنوان شاخص خشکی استفاده شده است (El-Moslimany, 1990; Zhao *et al.*, 2012). براساس این پژوهش‌ها می‌توان از این نسبت در مناطق استپی، استپی-بیابانی و بیابانی با بارش سالانه کمتر از ۵۰۰ میلی‌متر، مانند ارومیه، استفاده کرد.

سن سنجی

برای تعیین سن مغزه مورد بررسی از روش رادیوکربن (AMS: Accelerator Mass Spectrometry) استفاده شد. برای این کار از سه بخش مغزه گانلی‌گول براساس تغییرات عمده در نمودار گرده، نمونه‌های رسوبی برداشته شد و برای تعیین سن به آزمایشگاه رادیوکربن NTUAMS در گروه علوم زمین دانشگاه ملی کشور تایوان فرستاده شد.

نتایج

چینه‌شناسی مغزه گانلی‌گول

ویژگی‌های چینه‌شناختی مغزه GNL در جدول ۱ آورده شده است.

بزرگنمایی ۴۰۰ شمارش شد. از بزرگنمایی ۱۰۰۰ برای شناسایی گرده‌های مشکل به‌عنوان مثال دارای تزیینات سطح نامشخص، استفاده شد. به‌منظور متمایز کردن تیپ‌های گرده‌ای از آرایه‌های گیاهی، تیپ‌های ریخت‌شناختی (مورفولوژیک) گرده در متن با SMALL CAPITALS نشان داده شد (Joosten & de Klerk, 2002). گرده‌ها و هاگ‌های مشاهده‌شده به کمک فلورهای گرده‌ای (van Ziest & Bottema, 1977; Moore *et al.*, 1991; Beug, 2004) و اسلایدهای میکروسکوپی مرجع دانشکده منابع طبیعی دانشگاه ارومیه شناسایی شدند. برای محاسبه و نمایش داده‌های گرده‌شناسی، از نرم‌افزار Tilia ver.1.7.16 (Grimm, 2011) استفاده شد. در نمودار گرده، تیپ‌ها به‌صورت چینه‌بندی مرتب و زون‌های اجتماعات گرده‌ای همگون به کمک چشم تفکیک شدند تا توصیف و تفسیر زون‌ها آسان‌تر شود.

نسبت‌های گرده‌ای

در گرده‌شناسی کواترنری برای تفسیر و تحلیل نمودار گرده در ارتباط با اقلیم گذشته، براساس هدف پژوهشگر می‌توان از شاخص‌های گرده‌ای استفاده کرد که از نسبت فراوانی گرده‌های گیاهی به‌دست می‌آید (El-Moslimany, 1990). گیاهان خانواده اسفناج و جنس درمنه، گرده زیادی تولید می‌کنند و در رکوردهای گرده‌ای مناطق خشک و نیمه‌خشک سهم چشمگیری دارند. این گیاهان در فضاهای باز و آب و هوای بری با زمستان‌های سرد و تابستان‌های

جدول ۱- ویژگی‌های چینه‌ای مغزه گانلی‌گول (GNL)

عمق (cm)	چینه‌شناسی
۲۵۰-۲۹۰	پیت قهوه‌ای با مقدار تجزیه‌شدگی به‌نسبت زیاد و کمی خشک
۲۹۰-۳۵۰	پیت قهوه‌ای با مقدار تجزیه‌شدگی متوسط همراه با رگه‌های رس خاکستری
۳۵۰-۳۷۵	پیت رسی همراه با بقایای گیاهی
۳۷۵-۴۲۵	رس به‌همراه ماسه به رنگ خاکستری و اندکی مواد آلی و بقایای گیاهی
۴۲۵-۴۵۰	پیت رسی به رنگ خاکستری تا قهوه‌ای همراه با مواد آلی با تجزیه‌شدگی زیاد
۴۵۰-۵۰۰	لایه رسی به رنگ خاکستری روشن همراه با مواد آلی (ساقه و ریشه گیاهان)

تعیین سن

نرم‌افزار CALIB Rev. 7.0.4 (Stuiver & Reimer, 2005) و مجموعه داده‌ای Intcal04 به سن تقویمی تبدیل شد.

نتایج تعیین سن مغزه GNL به روش رادیوکربن در جدول ۲ نشان داده شده است. سن رادیوکربن به کمک

جدول ۲- نتایج تعیین سن به روش رادیوکربن برای مانداب گانلی گول

کد نمونه در آزمایشگاه رادیوکربن	عمق (cm)	مواد آلی مورد استفاده برای تعیین سن	سن رادیوکربن (پیش از زمان حال)	سن کالیبره شده (cal. yr BP)
NTUAMS- 1452	۲۵۴-۲۵۴	چوب	۲۴۲۴ ± ۱۷	۱۶۴۲
NTUAMS- 1584	۴۴۶-۴۴۴	بقایای گیاهان	۲۴۸۳ ± ۲۲	۲۶۵۲
NTUAMS- 1776	۵۰۰-۴۹۷	Bulk sediment sample	۲۸۶۳ ± ۲۰	۲۹۴۹

پوشش گیاهی

گرده‌شناسی، که از میکروسکوپ نوری برای شناسایی گرده‌ها استفاده می‌شود، قابل تفکیک از یکدیگر نبودند و به‌ناچار همه این گرده‌ها در یک گروه قرار گرفتند.

نمودار گرده گانلی گول به‌طور عمده از گرده‌های درمنه (ARTEMISIA) و دو خانواده اسفناجیان و تاج‌خروس (CHENOPODIACEAE AND AMARANTHACEAE) تشکیل شد. گرده‌های این دو تیره از نظر ریخت‌شناختی شباهت زیادی به هم دارند و در بررسی‌های گرده‌شناسی کواترنری در یک گروه به این نام خوانده می‌شوند. در پژوهش پیش‌رو، به‌منظور اختصار، این تیپ گرده‌ای اسفناجیان نامیده می‌شود. براساس تغییرات عمده در منحنی‌های گرده‌های اصلی (با فراوانی زیاد)، نمودار گرده به سه زون اجتماع گرده‌ای و یک زیرزون تفکیک شد که به‌ترتیب از پایین‌ترین عمق به تشریح هر زون پرداخته می‌شود.

زون اجتماع گرده‌ای GNL-A (عمق ۴۴۵ تا ۵۰۰ سانتی‌متر؛ ۲۶۵۲ تا ۳۰۰۰ cal. BP)

در این زون، گرده بلوط (QUERCUS) مقادیر سه تا پنج درصدی را در بخش میانی نشان داد. در بین تیپ‌های گرده‌ای غیردرختی، اسفناجیان مقادیر ۴۰ تا ۶۰ درصد و درمنه مقادیر ۳۰ تا ۵۵ درصد را نشان داد. از گرده‌های دیگر این گروه، علف هفت‌بند (POLYGONUM AVICULARE TYPE)، گل‌گندم زرد (CENTAUREA

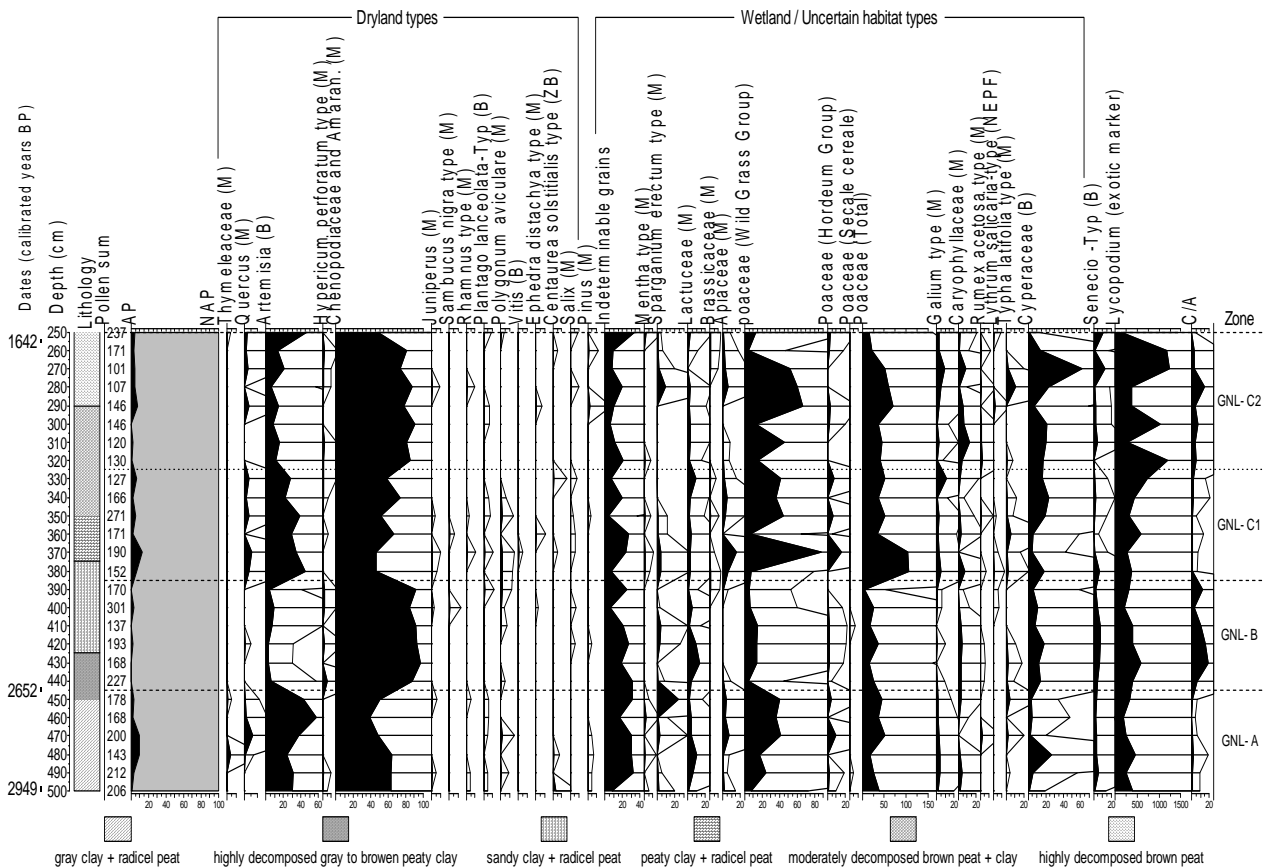
در سطح مانداب ۳۵ آرایه (تاکسون) گیاهی متعلق به ۱۹ خانواده شناسایی شد. خانواده جگن (Cyperaceae) با ۱۴ گونه (۳۷/۸ درصد) بیشترین تعداد گونه را به خود اختصاص داد. پوشش گیاهی چیره در سطح مانداب در قسمت شمالی، لویی (*Typha latifolia* و *T. laxmanni*) و نی‌تویی (*Sparganium erectum*) و در قسمت جنوب شرقی، نی (*Phragmites australis*) بود. بخش به‌نسبت وسیعی از سطح مانداب به‌وسیله گیاه آبی *Potamogeton crispus* پوشیده شده بود.

توصیف نمودار گرده گانلی گول

برای محاسبه درصد فراوانی گرده‌ها، از مجموع گرده‌های شمارش‌شده درختی (AP: Arboreal Pollen) و غیردرختی (NAP: Non-arboreal Pollen) استفاده شد. این دو گروه باهم به نام Dryland types در نظر گرفته شدند (شکل ۲). به‌طور میانگین، ۱۸۰ دانه گرده AP و NAP برای هر عمق شمارش شد. گروه بعدی مربوط به گرده‌هایی بود که گیاهان مادری آنها در سطح مانداب می‌رویدند (Wetland types) و یا آن‌که به‌وسیله همه یا چند جنس یک خانواده گیاهی، که هر یک به‌دلیل سرشت اکولوژیک خاص خود در شرایط رویشگاهی مختلفی رویده‌اند، به‌وجود آمده‌اند (Uncertain habitat types). گروه اخیر گرده‌هایی با ویژگی‌های ریخت‌شناختی مشابه تولید می‌کنند که در بررسی‌های معمول

ویژگی‌های میانگین قطر آنولوس (Annulus) کمتر از هشت میکرومتر، میانگین قطر دانه گرده کمتر از ۳۷ میکرومتر و تزیینات سطح گرده، Scabrate (سطح بیرونی دیواره گرده دارای اجزای کوچکتر از یک میکرومتر) و یا Verrucate (سطح بیرونی دیواره گرده دارای اجزایی زگیل‌مانند) برخوردار بودند (Khakpour Saej *et al.*, 2013). گرده‌های قبيله LACTUCEAE، پیرگیاه (SENECIO TYPE)، خانواده میخک (CARYOPHYLLACEAE)، چتریان (APIACEAE) و شیرپنیر (GALIAM TYPE) در سراسر زون با فراوانی کم (سه تا ۱۰ درصد) دیده شدند.

(SOLSTITIALIS TYPE) و کاردی (PLANTAGO LANCEOLATA TYPE) با فراوانی کم تا بسیار کم دیده شدند. در بین گرده‌های تولیدشده به وسیله گیاهان سطح مانداب، تیپ گرده‌ای نی‌تویی (SPARGANIUM ERECTUM TYPE) به بیشینه ۲۰ درصد در مرز بالایی زون رسید. همچنین لویی (TYPHA LATIFOLIA TYPE) با مقادیر کم در بیشتر عمق‌ها دیده شد. گرده خانواده جگن (CYPERACEAE) در میانه زون یک بیشینه ۲۰ درصدی را نشان داد. از بین گرده‌هایی که اکولوژی گیاهان تولیدکننده آنها نامشخص است، بیشترین فراوانی مربوط به گرده‌های گروهی از گندمیان (WILD GRASS GROUP) بود که از



شکل ۲- نمودار درصد گرده تیپ‌های Dryland (گرده‌های درختی: AP و غیردرختی: NAP)، گرده‌های تولیدشده به وسیله گیاهان سطح مانداب (Wetland types) و گرده‌های گیاهان با اکولوژی نامشخص (types of uncertain habitat) مانداب GNL. مقادیر نسبی گرده به صورت درصد (سیاه) و با ۱۰ برابر بزرگنمایی (سفید) نمایش داده شده است. سن کالیبره‌شده (تقویمی) و چینه‌شناسی مغزه در سمت چپ نشان داده شده است.

بالای زون، از فراوانی گرده‌های گیاهان این گروه کاسته شد. از بین گرده‌هایی با رویشگاه نامعلوم، فراوانی گندمیان به‌طور چشمگیری در ابتدای این زون افزایش یافت، به‌طوری‌که گروه WILD GRASS GROUP با مقدار حدود ۹۰ درصد، به بیشترین مقدار خود در کل رکورد گرده‌ای رسید. خانواده چتریان در ابتدای زون یک بیشینه ۱۰ درصدی را نشان داد. در این زون، مقدار شاخص C/A بین یک تا دو بود.

در زیر زون اجتماع گرده‌ای GNL- C2 (عمق ۲۵۰ تا ۳۲۵ سانتی‌متر، ۱۶۱۴ تا ۲۰۲۱ cal. BP) گرده‌های درختی همچنان ناچیز بود. در بخش عمده این زون، گرده اسفناجیان به‌طور میانگین مقادیر ۸۰ درصدی را نشان داد، اما نزدیک به مرز بالایی از فراوانی آن کاسته و به فراوانی درمنه افزوده شد. از ویژگی‌های دیگر این زیرزون، مقادیر به‌نسبت زیاد گندمیان، به‌ویژه گروه WILD GRASS GROUP در بخش میانی بود. همزمان، گرده گیاهان رطوبت‌پسند نی‌تویی و لویی افزایش نسبی یافت. ویژگی مهم دیگر این بخش، افزایش چشمگیر گرده خانواده جگن با فراوانی ۶۰ درصد در پی کاهش گندمیان بود. همزمان با افزایش جگن، فراوانی پیر گیاه و میخک نیز افزایش یافت. در میانه زون، شاخص C/A افزایش (۱۴) یافت، اما در نیمه بالایی کاهش یافت.

بحث

فراوانی گرده‌های درمنه و اسفناجیان در رکورد گرده‌ای گانلی‌گول نشان داد که گیاهان مادری آنها کم و بیش در کل دوره زمانی مورد بررسی جزو عناصر رویشی مهم در منطقه بودند. امروزه نیز گیاهان مادری این گرده‌ها، شاخص پوشش گیاهی استپی و استپی بیابانی در فلات مرکزی ایران هستند (Zohary, 1973; van Ziest & Bottema, 1977). البته، با توجه به اینکه این دو آرایه گیاهی در مناطق خشک و نیمه‌خشک نسبت به دیگر گیاهان، گرده بیشتری تولید می‌کنند، در باران گرده‌ای سهم بیشتری دارند (El-Moslimany, 1990). فراوانی گرده‌های اسفناجیان و ناچیز بودن گرده‌های درختی در نیمه پایینی زون GNL-A (۲۶۵۲

اجتماع گرده‌ای GNL-B (عمق ۳۸۵ تا ۴۴۵ سانتی‌متر؛ ۲۳۳۸ تا ۲۶۵۲ cal. BP)

این زون که با حضور تک‌گرده‌های آقطنی سیاه (EPHEDRA) و افدرا (SAMBUCUS NIGRA TYPE) مشخص شد، مقادیر ناچیزی از گرده‌های درختی و درختچه‌ای را نشان داد. ویژگی بارز این زون افزایش چشمگیر (۸۰ تا ۹۰ درصد) گرده اسفناجیان بود. در مقابل، درمنه به کمترین مقدار خود (کمتر از ۱۰ درصد) در سراسر رکورد گرده‌ای رسید. در این زون از فراوانی اغلب گرده‌هایی که گیاهان مادری آنها در سطح مانداب می‌رویند، کاسته شد، هرچند گرده خانواده جگن مقادیر ۱۰ تا ۲۰ درصدی را نشان داد. از بین گرده‌هایی با رویشگاه نامعلوم، خانواده گندمیان به کمترین مقدار خود در تمام رکورد گرده‌ای رسید و قبیله LACTUCEAE در نیمه پایینی زون تا ۱۸ درصد افزایش یافت. پیر گیاه و خانواده میخک مقادیر کم و بیش ثابت ۱۰ تا ۱۵ درصدی را نشان دادند. در این زون شاخص C/A به بیشترین مقدار خود (۱۹) در کل رکورد گرده‌ای رسید.

اجتماع گرده‌ای GNL-C (عمق ۲۵۰ تا ۳۸۵ سانتی‌متر؛ ۱۵۰۰ تا ۲۴۰۰ cal. BP)

این زون اجتماع گرده‌ای را می‌توان به دو زیرزون GNL- C1 و GNL- C2 تقسیم کرد: در زیر زون اجتماع گرده‌ای GNL- C1 (عمق ۳۲۵ تا ۳۸۵ سانتی‌متر، ۲۰۲۱ تا ۲۳۳۸ cal. BP) گرده‌های درختی و درختچه‌ای اندکی نسبت به زون پیشین افزایش یافت. از این گروه، بلوط با حضور پیوسته، فراوانی تا ۱۰ درصد را نشان داد. همچنین گرده مو (VITIS) با فراوانی بسیار کم دیده شد. در بین گرده‌های غیردرختی، بر فراوانی درمنه افزوده شد، چنان‌که در نیمه پایینی به بیشینه ۴۰ درصد رسید. در مقابل، اسفناجیان با کاهش ۳۰ تا ۴۰ درصدی، بین ۵۰ تا ۷۰ درصد در نوسان بود. ویژگی بارز دیگر این زون، به‌ویژه در نیمه پایینی، تنوع نسبی گرده‌های گیاهان سطح مانداب شامل نی‌تویی، پونه (MENTHA TYPE)، خون فام (LYTHRUM SALICARIA TYPE) و لویی بود. البته به سمت

دریاچه وان در ترکیه، آب و هوای خشک با کاهش بلوط و افزایش ذرات زغال در بازه زمانی ۲۵۰۰ تا ۳۰۰۰ cal. BP نشان داده شد (Wick *et al.*, 2003). همچنین Eski Acigöl در ترکیه شرایط خشک را با کاهش سطح آب و افزایش شوری آب دریاچه در حدود ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ cal. BP نشان داد (Roberts *et al.*, 2011). شاخص C/A شرایط اقلیمی به نسبت خشک را برای نیمه پایینی زون پیشنهاد کرد.

در زون اجتماع گرده‌ای GNL-B (۲۳۳۸ تا ۲۶۵۲ cal. BP) گرده‌های درختی به ویژه بلوط، به طور تقریب ناپدید شد و اسفنجیان به شدت افزایش یافت. تغییر در پوشش گیاهی (گسترش پوشش استپی بیابانی) را می‌توان ناشی از تغییر شرایط اقلیمی به سمت افزایش خشکی و یا دخالت بشر در این دوره دانست. ترکیب چینه‌شناختی مغزه گانلی‌گول (جدول ۱) حاکی از ته‌نشست مواد معدنی به ویژه رس و ماسه در این بخش بود که به پوشش گیاهی تنک و پراکنده در اطراف تورب‌زار در این دوره اشاره داشت. افزایش چشمگیر گرده اسفنجیان در این دوره می‌تواند به دلیل حمل این گرده‌ها از زمین‌های دور و نزدیک در اثر فرسایش به داخل مانداب باشد. در بررسی گرده‌شناختی دریاچه ارومیه (Talebi *et al.*, 2016)، شرایط آب و هوایی به نسبت خشک و سرد با کاهش سطح تراز آب دریاچه، گسترش پوشش گیاهی استپی و حضور اندک گرده‌های درختی در همین بازه زمانی نشان داده شد. در دریاچه مهارلو در جنوب غربی ایران نیز مقادیر ناچیز گرده‌های درختی و فراوانی اسفنجیان به شرایط اقلیمی بسیار خشک در ۲۶۰۰ cal. BP نسبت داده شد (Djamali *et al.*, 2009b). یافته‌های مربوط به دوره خشک و سرد حاکم بر بحرالمت (Dead Sea) نیز که با کاهش گرده درختان، افزایش اسفنجیان و کاهش فعالیت انسانی همراه بود، با نتایج رکورد گرده‌ای گانلی‌گول هم‌خوانی دارد (Neumann *et al.*, 2007). افزون‌بر شواهد گرده‌ای، ایزوتوپ اکسیژن از غار Soreq در فلسطین اشغالی نیز شرایط خشک را در ۲۴۰۰ تا ۲۶۰۰ cal. BP نشان داد (Finné *et al.*, 2011).

تا ۳۰۰۰ cal. BP می‌تواند نشان‌دهنده شرایط خشک در منطقه باشد که شواهد گرده‌شناختی پیشین (Bottema, 1986) نیز به آن اشاره دارد. البته افزایش گرده‌های درمنه و اسفنجیان در رکوردهای گرده‌ای، افزون‌بر شرایط آب و هوایی می‌تواند دلیل انسانی هم داشته باشد. در نمودار گرده گانلی‌گول، از ابتدا گرده‌های شاخص فعالیت‌های کشاورزی و دامداری مانند گل‌گندم زرد و کاردی، دیده شد. کاردی همچنین نشان‌دهنده چرای گسترده دام در مناطق تخریب‌یافته و مزارع است (Djamali *et al.*, 2009a). همچنین در بررسی گرده‌شناختی دریاچه زریبار، تخریب جنگل و فعالیت انسان در ۳۰۰۰ cal. BP با کاهش گرده بلوط و منحنی پیوسته گرده کاردی در نمودار گرده دریافت می‌شود. تاکنون شواهدی نیز از دخالت انسان در منطقه دریاچه زریبار (کردستان)، میرآباد (خرم‌آباد)، ارومیه، وان و Sögütlü (ترکیه) از ۳۲۰۰/۳۱۰۰ cal. BP به ثبت رسیده است (van Zeist, 2008). به نظر می‌رسد که کاهش سطح آب، شرایط مناسبی را برای گسترش خانواده جگن در نیمه پایین زون فراهم کرده باشد. افزایش گرده‌های نی‌تویی به همراه لویی و علف بیدی (*Lysimachia vulgaris*) در نیمه بالایی زون، می‌تواند نشانگر بالا بودن سطح آب باشد. در منطقه آمالو نیز افزایش گرده گیاهان جگن نشان‌دهنده کاهش سطح آب و پیشروی گیاهان مادری این گرده‌ها به سمت داخل مانداب تفسیر شد (Djamali *et al.*, 2009a).

از پیامدهای دخالت انسان و پیدایش فضای باز در یک منطقه، افزایش نرخ فرسایش است. همان‌گونه که از داده‌های چینه‌شناسی (جدول ۱) مغزه مورد بررسی مشخص بود، بخش‌های پایینی مغزه رسوبی از لایه‌های رس و مواد معدنی تشکیل شده بودند که نشانه وقوع فرسایش است. دانه‌های گرده در یک محیط رسوبی فرسایشی، دچار تخریب فیزیکی شده (Neumann *et al.*, 2007) و به‌طور معمول بیشتر آنها غیرقابل شناسایی می‌شوند. همین پدیده در اجتماع گرده‌ای GNL-A به خوبی مشهود بود [منحنی گرده‌های غیرقابل شناسایی (Indeterminable grains) در شکل ۲ نشان داده شده است]. در بررسی گرده‌شناختی

چشمگیر گرده درمنه به شرایط اقلیمی خشک و گسترش پوشش گیاهی استپی نسبت داده شد. پژوهش‌های Joannin و همکاران (۲۰۱۳) در منطقه Zarishat ارمنستان، de Klerk و همکاران (۲۰۰۹) و Connor و همکاران (۲۰۰۷) در غرب گرجستان نیز افزایش یک فاز خشک را در حدود ۱۵۰۰ تا ۲۲۰۰ cal. BP نشان داد. در رکورد گرده‌ای گانلی‌گول، منحنی درصد فراوانی گرده خانواده جگن که در میانه زون افزایش قابل توجهی را نشان داد، با کاهش گرده گیاهان رطوبت‌پسند و گندمیان همراه بود که می‌تواند به دلیل پایین رفتن سطح آب مانداب باشد. همچنین افزایش تیپ گرده‌ای پیرگیاه که گیاهان مادری آن شاخص شرایط محیطی استپی است، بیان‌گر گسترش این گیاهان در زمین‌های اطراف مانداب بود. de Klerk و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که انسان‌ها با آتش‌زدن بقایای گیاهی خشک‌شده گندمیان و جگن در تورب‌زاری در منطقه کولشیس، مکان مناسبی را برای فعالیت‌های دامداری یا شکار فراهم می‌کرده‌اند. در نتایج پژوهش پیش‌رو نیز افزایش گرده خانواده جگن با افزایش ذرات زغال در رسوبات همراه بود که می‌تواند دلیل مشابهی داشته باشد.

در استفاده از نسبت گرده‌ای C/A در پژوهش‌های گرده‌شناسی در منطقه زاگرس با هدف برآورد دوره‌های خشک و مرطوب گذشته، توجه به نکات زیر مهم به نظر می‌رسد. بی‌گمان، نیازهای اکولوژیک اعضای گیاهی دو آرایه اسفنجیان و درمنه، بسیار گوناگون و گسترده است. درمنه‌ها از گونه‌های بسیار خشکی‌پسند (مانند *Artemisia sieberi*، *A. turanica* و *A. diffusa*) 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 (Mozaffarian, 2008; Mozaffarian, Personal com., 2015). همچنین، در بین گیاهان تیره اسفناج، آشکارا گوناگونی اکولوژیکی و رویشگاهی وسیعی دیده می‌شود، چنان‌که طیفی از جنس‌های آب‌دوست و شورپسند (مانند *Salicornia*) تا گونه‌های خشکی‌پسند (مانند برخی از

همچنین شاخص گرده‌ای C/A که به بیشترین مقدار خود (حدود ۱۹) در کل رکورد گرده‌ای رسید، آب و هوای خشک را برای این دوره پیشنهاد کرد.

نشانه‌هایی از بهبود نسبی شرایط آب و هوایی به‌ویژه در بخش پایینی زیرزون GNL-C1 (۲۳۳۸ تا cal. BP ۲۰۲۱) دیده شد که عبارتند بودند از: تنوع به‌نسبت زیاد تیپ‌های گرده‌ای درختی و غیردرختی، مقدار اندک نسبت C/A و افزایش گرده گندمیان و گیاهان آب‌دوست نی‌تویی و لویی. گسترش گیاهان اخیر همراه با کاهش خانواده جگن، که از مقادیر اندک گرده *Cyperaceae* دریافت شد، گویای بالا بودن سطح آب مانداب در این دوره نیز بود. همچنین نشانه‌هایی از فعالیت‌های کشاورزی در این دوره با حضور گرده انگور، کاردی و علف هفت‌بند قابل دریافت بود. در بررسی گرده‌شناختی تورب‌زار آمالو، حضور گرده غلات (*Cerealia-type*) به‌همراه گرده بارهنگ برگ‌نیزه‌ای (کاردی)، ترشک باغی و گل گندم زرد در بازه زمانی ۲۲۲۰ تا ۲۴۵۰ cal. BP نشان فعالیت‌های کشاورزی و چرای شدید دام در منطقه تلقی شد (Djamali et al., 2009a). در کوه‌های جنوب شرقی ترکیه، کشت درختان میوه به‌حدود ۲۳۰۰ cal. BP برمی‌گردد (Finné et al., 2011). با توجه به نمودار گانلی‌گول، گرده خانواده جگن به سمت بالای زیر زون GNL-C1 روند افزایشی را نشان داد که می‌توان آن را نشانه گسترش نسبی گیاهان این خانواده در حاشیه مانداب دانست. در مجموع می‌توان گفت که بهبود شرایط آب و هوایی منطقه‌ای که در بازه زمانی مورد بررسی با افزایش تنوع گرده درختان و عناصر دیگر چوبی و کاهش اسفنجیان نمایان شد، موجب توسعه شرایط مرطوب و افزایش تراز سطح آب دریاچه در ابتدای زون شد.

با آغاز زیرزون GNL-C2 (۱۶۱۴ تا cal. BP ۲۰۲۱)، ناپدید شدن گرده بلوط و گسترش بیشتر از پیش اسفنجیان دیده شد که همراه با مقادیر به‌نسبت کم درمنه، بر تغییر پوشش گیاهی به سمت استپی-بیابانی دلالت داشت. در پژوهش مشابه Talebi و همکاران (۲۰۱۶) در جنوب غربی دریاچه ارومیه نیز مقادیر بسیار کم گرده بلوط و فراوانی

تأثیری مخرب بر تنوع زیستی گیاهی و جانوری آن گذاشته است. ادامه روند کنونی می‌تواند به خشک شدن این اکوسیستم آبی ارزشمند و گیاهان کمیاب آن، مانند *Acorus calamus* که در این پژوهش برای نخستین بار از آذربایجان غربی و دومین بار (Gholipour & Sonboli, 2013) از فلور ایران گزارش شده، در آینده‌ای نزدیک منجر شود. باتأسف باید گفت که بررسی‌های میدانی چند سال اخیر ما نشان از خشک شدن بسیاری از مانداب‌های استان آذربایجان غربی دارد که بی‌گمان با روند روزافزون خشک شدن یکی از بزرگ‌ترین دریاچه‌های شور دنیا، یعنی دریاچه ارومیه، ارتباط دارد. مدیریت مبتنی بر حفاظت چنین اکوسیستم‌های آبی نادر و یگانه‌ای، وظیفه‌ای دشوار و چالش‌برانگیز در سطح ملی است.

سپاسگزاری

بدین وسیله از آقایان هادی بیگی برای تهیه نقشه منطقه مورد مطالعه و حمید زوار برای کمک در مغزه‌برداری سپاسگزاری می‌شود. همچنین از کمال‌الدین (سینا) علیزاده و پروفیسور Hermann Behling (دانشگاه گوتینگن آلمان)، برای پشتیبانی مالی سن‌سنجی رادیوکربن و گروه پالئوآکولوژی و پژوهش‌های تورب‌زار دانشگاه گرایفسوالد (آلمان) برای آماده‌سازی نمونه‌های پالینولوژیک قدردانی می‌شود.

References

- 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: 35-44. In: Lieth, H. and AL Masoom, A. (Eds.). *Towards the Rational Use of High Salinity Tolerant Plants*. Springer Netherlands, 519p.
- Beug, H.J., 2004. *Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und Angrenzende Gebiete*. Verlag Dr. Friedrich Pfeil Publication, Germany, 542p.
- Bottema, S., 1986. A late Quaternary pollen

گونه‌های *Salsola* و *Anabasis*) و یا حتی تخریب‌دوست (مانند بعضی از گونه‌های *Chenopodium* و *Atriplex*) در این خانواده دیده می‌شود (Akhani & Ghorbanli, 1993; Akhani, 2004)، 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 این وجود، افزایش گرده‌های اسفناجیان، حتی با منشأ گونه‌های هالوفیت این خانواده را می‌توان به تغییر اقلیم به سمت شرایط خشک که خود عامل مهمی در کاهش سطح تراز آب دریاچه ارومیه است، نسبت داد. همچنین باتوجه به این‌که شمال غرب ایران و بخش‌های وسیعی از زاگرس پوشیده از درمنه‌های کوهسری است که نیاز آبی و رطوبتی بیشتری در مقایسه با گونه‌های خشکی‌پسند اشاره شده در بالا دارند (Mozaffarian, Personal com., 2015)، استفاده از نسبت گرده‌ای مورد نظر در منطقه قابل توجیه است.

پژوهش دیرینه بوم‌شناختی گانلی‌گول امکان بازسازی تاریخچه پوشش گیاهی و تغییرات آب و هوایی منطقه ارومیه را در بازه زمانی ۳۰۰۰ تا ۱۵۰۰ سال پیش فراهم کرد و نشانه‌هایی از نقش انسان بر تغییر اکوسیستم و کاربری زمین ثبت شد. براساس پیش‌بینی‌ها، تغییرات آب و هوایی در ۵۰ تا ۱۰۰ سال آینده افزایش خواهد یافت و در بسیاری از مناطق بر شدت دخالت‌های بشر در طبیعت افزوده خواهد شد. آگاهی از واکنش پوشش گیاهی در برابر این تغییرات برای مدیریت پایدار اکوسیستم‌های طبیعی، انکارنشدنی است. تأثیر فعالیت‌های انسان بر اکوسیستم مانداب گانلی‌گول در چند دهه اخیر بیشتر به صورت زهکشی آب آن به وسیله اهالی روستاهای مجاور برای آبیاری زمین‌های کشاورزی، رهاسازی کود و سم کشاورزی به درون مانداب، چرای دام از گیاهان حاشیه تالاب و سوزاندن پوشش گیاهی حاشیه‌ای آن بوده که بی‌گمان

- Weiberg, E. and Lindblom, M., 2011. Climate in the eastern Mediterranean, and adjacent regions, during the past 6000 years, a review. *Journal of Archaeological Science*, 38: 3153-3173.
- Gholipour, A. and Sonboli, A., 2013. Rediscovery of *Acorus calamus* (Acoraceae) in Iran. *Taxonomy and Biosystematics Journal*, 15: 113-116.
 - Grimm, E.C., 2011. Tilia Software, ver. 1.7.16., Illinois State Museum.
 - Joannin, S.A., Ali, A., Ollivier, V., Roiron, P., Peyron, O., Chevaux, S., Nahapetyan, S., Tozalakyan, P., Karakhanyan, A. and Chataigner, C., 2013. Vegetation, fire and climate history of the Lesser Caucasus: a new Holocene record from Zarishat fen (Armenia). *Journal of Quaternary Science*, 29: 70-82.
 - Joosten, H. and de Klerk, P., 2002. What's in a name? Some thoughts on pollen classification, identification, and nomenclature in quaternary palynology. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 122: 29-45.
 - Khakpour Saeed, 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: 135-148 (In Persian).
 - Moore, P.D., Webb, J.A. and Collinson, M.E., 1991. *Pollen Analysis*. Blackwell Science Publisher, Oxford, 216p.
 - Mozaffarian, V., 2008. Compositae: Anthemideae and Echinopeae. In: Assadi, M., Maassoumi, A. and Mozaffarian, V. (Eds.). *Flora of Iran*. No. 59. Published by Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, 671p (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.
 - Roberts, N., Eastwood, W., Kuzucuoglu, C., Fiorentino, G. and Caracuta, V., 2011. Climatic, vegetation and cultural change in the eastern Mediterranean during the mid- Holocene environmental transition. *The Holocene*, 21: 147-162.
 - Shah Hosseini, M., 2003. Sedimentology of the Lake Urmia bottom sediments in the middle part of Shahid Kalantari Highway with a special diagram from Lake Urmia (northwestern Iran). *Review of Palaeobotany and Palynology*, 47: 241-261.
 - Bradley, R.S., 1999. *Paleoclimatology: Reconstructing Climates of the Quaternary*. International Geophysics Series, Academic Press, San Diego, 613p.
 - Connor, S.E., Thomas, I. and Kvavadze, E.V., 2007. A 5600-yr history of changing vegetation, sea levels and human impacts from the Black Sea coast of Georgia. *The Holocene*, 17: 25-36.
 - de Klerk, P., Haberl, A., Kaffke, A., Krebs, M., Matchutadze, I., Minke, M., Schulz, J. and Joosten, H., 2009. Vegetation history and environmental development since ca 6000 cal yr BP in and around Ispani 2 (Kolkheti lowlands, Georgia). *Quaternary Science Reviews*, 28(9-10): 890-910.
 - Djamali, M., de Beaulieu, J.L., Andrieu-Ponel, V., Berberian, M., Miller, N., Gandouin, E., Lahijani, H., Shah Hosseini, M., Ponel, Ph., Salimian, M. and Guiter, F., 2009a. A late Holocene pollen record from Lake Almalou in NW Iran: evidence for changing landuse in relation to some historical events during the last 3700 years. *Journal of Archaeological Science*, 36(7): 1346-1375.
 - Djamali, M., de Beaulieu, J.L., Miller, N., Andrieu-Ponel, V., Lak, R., Sadeddin, M., Akhiani, H. and 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.
 - Djamali, M., de Beaulieu, J.L., Shah Hosseini, M., Andrieu-Ponel, V., Amini, A., Akhiani, 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.
 - El Moslimany, A.P., 1990. Ecological significance of common non-arboreal 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*. John Wiley and Sons, New York, 328p.
 - Finné, M., Holmgren, K., Sundqvist, H.S.,

- van Zeist, W. and Bottema, S., 1977. Palynological investigations in western Iran. *Palaeohistoria*, 19: 19-85.
- Wick, L., Lemcke, G. and Sturm, M., 2003. Evidence of Lateglacial and Holocene climatic change and human impact in eastern Anatolia: high-resolution pollen, charcoal, isotopic and geochemical records from the laminated sediments of Lake Van, Turkey. *The Holocene*, 13: 665-675.
- Zhao, Y., Liu, H., Li, F., Huang, X., Sun, J., Zhao, W., Herzsuh, U. and Tang, Y., 2012. Application and limitations of the *Artemisia/Chenopodiaceae* pollen ratio in arid and semi-arid China. *The Holocene*, 22: 1385-1392.
- Zohary, M., 1973. *Geobotanical Foundations of the Middle East*. CRC Press, Taylor & Francis Group, UK, 765p.
- reference to the source of sediments. M.Sc. thesis, Faculty of Science, University of Tehran, Tehran, 77p (In Persian).
- Stuiver, M., Reimer, P.J. and Reimer, R.W., 2005. CALIB 5.0. [www program and documentation].
- Talebi, T., Ramezani, E., Djamali, M., Alizadeh, K.L.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.
- van Zeist, W., 2008. Late Pleistocene and Holocene vegetation at Zeribar. In: Wasylikowa, K. and Witkowski, A. (Eds.). *The Palaeoecology of Lake Zaribar and Surrounding Areas, Western Iran, During the Last 48,000 Years*. A.R.G Gantner Verlag K.G. Publisher, Ruggell, 377p.

Palynological analysis of the Late-Holocene vegetation and climate of Ganli-Gol wetland near Urmia, northwestern Iran

A. Zavvar¹, E. Ramezani^{2*}, A.R. Naqinezhad³ and H. Joosten⁴

1- M.Sc. Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran

2* - Corresponding author, Assistant Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran. Email: e.ramezani@urmia.ac.ir

3- Associate Prof., Department of Biology, Faculty of Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran

4- Prof., Department of Peatland Studies and Palaeoecology, Institute of Botany and Landscape Ecology, University of Greifswald, Greifswald, Germany

Received: 18.12.2015

Accepted: 09.05.2016

Abstract

Palynological analysis of a core from Ganli-Gol wetland reveals the Late-Holocene vegetation dynamics and the role of climate and man on the past environment in northwestern Iran. Our pollen diagram shows substantial changes in vegetation over the period 3000-1600cal.BP. *Artemisia* and/or Chenopodiaceae must have abundantly contributed in the vegetation composition of the area. Poaceae and Cyperaceae were important wetland vegetation as the high values of their pollen suggest. The low values of arboreal pollen throughout the record indicate the negligible contribution of forest vegetation over the whole period. We used C/A (Chenopodiaceae/*Artemisia*) pollen ratio, to estimate the past dry/wet periods in the area. During 3000-2850cal.BP, a relatively dry climate and the expansion of steppe vegetation can be inferred from low values of C/A. Increased values of *Artemisia* with the occurrence of oak during 2850-2652cal.BP may reflect less drier condition with semi-steppe vegetation. The end of this period is marked by low values of *Quercus* and *Artemisia* and high Chenopodiaceae, suggesting the prevalence of a cold and dry condition with steppe-desert vegetation. Increased values of *Quercus* combined with high values of *Artemisia* and Poaceae could be taken as indications for improved climatic condition during 2338-2020cal.BP. The occurrence of *Vitis* and relatively high values of anthropogenic pollen types, e.g. *Plantago lanceolata* and *Centaurea solstitialis*, are evidences for increased agricultural activity in this period. The period 2020-1614cal.BP is marked by low values of *Quercus* and *Artemisia* and high Chenopodiaceae pollen suggesting that steppe vegetation and a relatively arid condition prevailed in the area.

Keywords: AMS radiocarbon dating, Middle East, palaeoclimate, palynology, vegetation history.