فصلنامهٔ علمی پژوهش و توسعه جنگل
جلد ۷، شماره ۱، صفحه ۱۲۱-۱۰۷، (۱۴۰۰)
DOI: 10.30466/jfrd.2021.121008
DOR: 20.1001.1.24763551.1400.7.1.8.9

مقالهٔ پژوهشی

بازسازی گرده‌شناختی تاریخچه جنگل‌های راش (*Fagus orientalis* Lipsky) منطقه هیرکانی مرکزی در ۱۴۰۰ سال گذشته

بهار عبداللهی[۱]، الیاس رمضانی کاکرودی*[۲] و هانس یوستن[۳]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. (abdollahi707@gmail.com)
۲- دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. (amezani@urmia.ac.ir)
۳- استاد، گروه پالئواکولوژی و مطالعات تورب‌زار، انستیتو گیاه‌شناسی و اکولوژی، دانشگاه گرایفسوالد، گرایفسوالد، آلمان. (joosten@uni-greifswald.de)

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۱/۱۴ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۵/۰۳

چکیده

بررسی گرده‌شناختی و سن‌سنجی رادیوکربن یک مغزه رسوبی از توربزاری در ارتفاع ۱۳۱۴ متر از سطح دریا در کوه‌های البرز، امکان بازسازی تاریخچه ۱۴۰۰ ساله پوشش گیاهی جنگل‌های هیرکانی مرکزی را فراهم ساخت. این رکورد دیرین‌گرده‌شناختی نشان داد که راش و ممرز فراوان‌ترین درختان در ترکیب توده‌های جنگلی پیرامون توربزار و دامنه‌های مجاور آن بوده و بلندمازو، ملج و پلت گونه‌های همراه را تشکیل می‌دادند. توسکای ییلاقی همواره فراوان‌ترین درخت در مقیاس محلی (سطح و حاشیه توربزار) بوده؛ هرچند در بازه‌های زمانی ۱۳۵۰-۱۴۰۰، ۱۰۵۰-۱۲۵۰ و ۳۰۰-۴۵۰ سال پیش، به‌دلیل تغییرات هیدرولوژیک سطح و حاشیه توربزار، به‌طور چشمگیری کاهش یافته است. همچنین، لرگ که در گذشته از درختان اصلی در سطح و حاشیه توربزار بود، در چند صد سال اخیر احتمالاً در پی کاهش دما و خشکی اقلیمی به‌شدت کاهش یافت. در بازه‌های زمانی با چیرگی راش (۱۱۰۰-۱۲۵۰ و ۷۵۰-۹۰۰ سال پیش و ۴۵۰ سال اخیر)، توده‌های پیرامونی توربزار دارای تاج‌پوشش بسته و ترکیب گونه‌ای غنی بودند. در این دوره‌ها، گیاهان علفی نورپسند و مهاجم، فراوانی کمی در ترکیب گونه‌ای کف جنگل داشتند. در ۱۴۰۰ سال گذشته، تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی تأثیر تعیین‌کننده‌ای بر ساختار و ترکیب توده‌های جنگلی منطقه داشته‌اند. در این دوره‌ها (به‌ویژه ۱۲۵۰-۱۳۵۰ و ۵۵۰-۷۰۰ سال پیش)، کاهش چیرگی راش و بازشدن نسبی تاج‌پوشش در توده‌های جنگلی مجاور توربزار، موجب گسترش گیاهان مهاجم و نورپسند، به‌ویژه سرخس‌ها، درمنه و اسفناجیان، و تاحدی بارهنگ برگ‌نیزه‌ای شد.

واژه‌های کلیدی: گرده‌شناسی، تاریخچه پوشش گیاهی، تغییرات اقلیمی، فعالیت‌های انسانی، هولوسن.

* نویسنده مسئول شمارهٔ تماس: ۰۹۱۴۳۸۸۴۱۹۴

مقدمه

گرده‌شناسی (پالینولوژی) بررسی علمی دانه‌های گرده و هاگ زنده و فسیل گیاهان باهدف بازسازی تاریخچه پوشش گیاهی و محیط‌زیست گذشته است (Fægri and Iversen, 1989). گرده‌شناسی همچنین در پژوهش‌های آرایه‌شناسی (رده‌بندی) گیاهی، ژنتیک و فرگشت (تکامل)، تغییرات اقلیمی، باستان‌شناسی، زمین‌شناسی، پژوهش درباره آلرژی و علوم قضایی (جرم‌شناسی) کاربرد دارد (Fægri and Iversen, 1989; Moore et al., 1991; Blackmore, 2007).

پوشش گیاهی در هر منطقه تحت تأثیر آب و هوا و فعالیت‌های انسان است؛ بنابراین بررسی تغییرات پوشش گیاهی در طول زمان اطلاعات سودمندی را درباره تغییرات آب و هوایی گذشته و نیز نقش و دخالت انسان در تغییر و تحول درازمدت پوشش گیاهی فراهم می‌کند (Fægri and Iversen, 1989; Moore et al., 1991). تغییرات ناگهانی و کوتاه‌مدت اقلیمی می‌تواند تغییرات مهمی را در ترکیب و ساختار پوشش گیاهی یک منطقه ایجاد کند (Feurdean and Willis, 2008).

بررسی گرده‌ها و هاگ‌های فسیل، روش اصلی برای بازسازی پوشش گیاهی یک منطقه در بازه‌های زمانی کوتاه تا درازمدت است (Seppä, 2013). آب‌وهوا و محیط‌های گذشته را می‌توان با بررسی گرده‌شناختی رسوبات دریاچه‌ای و تورب بازسازی کرد (Lowe and Walker, 1997). محیط‌های دریاچه‌ای و توربزارها بایگانی‌های طبیعت هستند که رخدادهای اقلیمی، مانند ترسالی و خشک‌سالی را ثبت می‌کنند. از طرفی، بررسی تاریخچه پوشش گیاهی و آب‌وهوای گذشته، می‌تواند به درک بهتر وضعیت کنونی انتشار گیاهان از جنبه جغرافیای گیاهی و همچنین پیش‌بینی آب‌وهوای آینده کمک کند (Stevens et al., 2001; Wasylikowa, 2005; Wasylikowa and Witkowski, 2008; Djamali et al., 2008a).

در سال‌های اخیر، امکان بازسازی تاریخچه چند هزار ساله پوشش گیاهی جنگل‌های هیرکانی با بررسی گرده‌شناختی چند توربزار در مناطق جلگه‌ای و کوهستانی فراهم آمده است. در یک پژوهش گرده‌شناختی بر روی رسوبات تالاب موزی‌داربن در ارتفاع ۵۵۰ متر از سطح دریا (′33 °36 عرض شمالی، ′29 °51 طول شرقی) در دامنه شمالی رشته‌کوه البرز در بخش مرکزی جنگل‌های هیرکانی، تغییرات پوشش گیاهی جنگلی و تالاب در طول هزاره گذشته بازسازی شد. بر اساس این پژوهش، توده‌های جنگلی پیرامون تالاب در بازه زمانی مورد بررسی، بیشتر از توسکا (*Alnus glutinosa*/*A. subcordata*) و ممرز (*Carpinus betulus*) تشکیل‌شده بود و بلندمازو (*Quercus castaneifolia*)، نارون (*Ulmus glabra*/*U. carpinifolia*) و انجیلی (*Parrotia persica*) از فراوانی کمتری برخوردار بودند. گرچه نشانه‌هایی از فعالیت‌های انسانی در طول هزاره گذشته در منطقه دیده شد، تشدید فعالیت‌های انسانی از ابتدای قرن نوزدهم با افزایش هاگ انواع سرخس‌ها و گروهی دیگر از گیاهان علفی مختص مناطق باز (غیرجنگلی) نشان داده شد (Ramezani et al., 2008). در پژوهش دیگری، پوشش گیاهی چند سده اخیر و تغییرات تراز دریا با بررسی تالاب‌های انزلی و امیرکلا بازسازی شد (Leroy et al., 2010). این پژوهش همانند دیگر پژوهش‌های انجام‌شده در حاشیه جنوبی دریای خزر، نشان داد که در عصر یخبندان کوچک (Little Ice Age) در نتیجه افزایش بارندگی در حوزه دریای خزر، سطح دریا بالاتر از زمان حال بود.

Khakpour Saeej et al. (2013) در پژوهشی گرده‌شناختی، تغییرات پوشش گیاهی ویسر در استان

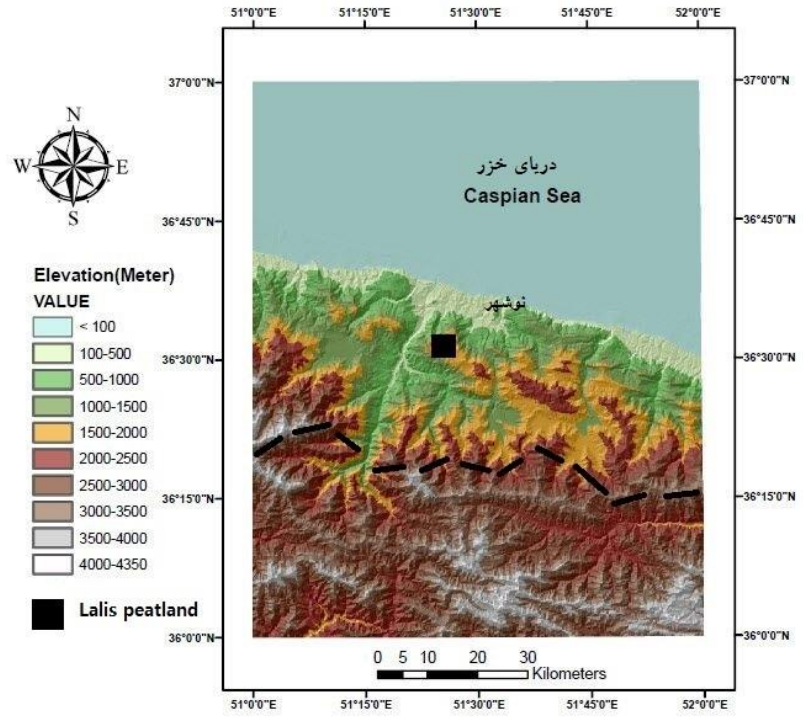
مازندران را در اواخر هولوسن با تعیین سن به روش رادیوکربن، بازسازی و نقش آب‌وهوا و فعالیت انسان را بررسی کردند. نمودار گرده نشان داد که توسکا همواره در منطقه مورد بررسی حضور داشته است. برخلاف توسکا، لرگ (*Pterocarya fraxinifolia*) کاهش چشمگیری را در حدود ۹۰۰ سال پیش نشان داد. راش و ممرز نقش مهمی را در منطقه به خود اختصاص دادند؛ هرچند درپی تغییرات آب‌وهوایی و فعالیت‌های انسان تغییرات چشمگیری در فراوانی آن‌ها دیده شد. مهم‌ترین نشانه دخالت انسان وجود گرده‌های درختان میوه (گردو و فندق) و گیاهان علفی مهاجم و افزایش گرده گونه‌های علفی بود. Ramezani (2013)، تاریخچه ۸۵۰ ساله پوشش گیاهی تپه‌کلار را در منطقه کلاردشت در استان مازندران بازسازی و نقش آب‌وهوا و انسان را بررسی کرد. بر اساس این پژوهش توسکا و لرگ گاهی به فراوانی می‌روییدند، ولی انسان با تغییر ویژگی‌های هیدرولوژیک منطقه، به‌ویژه زهکشی اراضی مرطوب، موجب کاهش قابل‌توجه توسکا و حذف لرگ شد. وجود گرده‌های گردو (*Juglans regia*) و گندم (*Triticum*)، در طول دوره مورد بررسی، گویای سکونت انسان در منطقه است. در ۳۰۰ تا ۴۰۰ سال اخیر نقش انسان شدت یافته که این امر موجب افزایش قابل‌توجه گرده‌های گیاهان معرف اراضی باز، همانند آقطی (*Sambucus ebulus*)، علف هفت‌بند (*Polygonum* spp.) و بارهنگ برگ‌نیزه‌ای (*Plantago lanceolata*) شد. Ramezani et al. (2016) تاریخچه ۳۰۰۰ ساله پویایی پوشش گیاهی مناطق جلگه‌ای و دامنه‌های شمالی البرز مرکزی را تحت تأثیر نوسانات سطح دریای خزر، تغییرات آب‌وهوایی و دخالت‌های انسان بازسازی کردند. اولین نشانه‌های فعالیت انسان در منطقه به حدود ۲۳۰۰ سال پیش برمی‌گردد که از حضور گرده‌های گردو و گندم سیاه (*Fagopyrum*) دریافت شد. کاهش چشمگیر گرده‌های درختی نشان داد که پوشش درختی در مناطق جلگه‌ای اطراف توربزار کاهش و جنگل‌ها به‌طور فزاینده با پوشش گیاهی باز جایگزین شدند که به افزایش فعالیت‌های انسان نسبت داده شد. Shumilovskikh et al. (2016) در پژوهشی، تاریخچه ۶۰۰۰ ساله پوشش گیاهی دریاچه کنگور واقع در قسمت مرکزی شرق دشت گرگان را بازسازی کردند. داده‌های به‌دست آمده حاکی از یک دوره خشک بین ۵۹۰۰ و ۳۹۰۰ سال پیش و افزایش رطوبت بین ۲۷۰۰ و ۷۰۰ سال پیش، در دوره امپراطوری‌های پارسی و دوره اسلامی است.

پژوهش پیش‌رو، نخستین بررسی گرده‌شناختی با دقت (رزولوشن) زمانی و مکانی بالا در یک راشستان در بخش مرکزی جنگل‌های هیرکانی است که با هدف درک بهتر و روشن‌تری از پویایی درازمدت پوشش گیاهی جنگلی تحت تأثیر تغییرات آب‌وهوایی و فعالیت‌های انسان انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

توربزار مورد بررسی در این پژوهش در ارتفاع ۱۳۱۴ متر از سطح دریا (۳۶ درجه و ۳۱ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۲۵ دقیقه طول شرقی) واقع شده است. مساحت این توربزار در حدود ۳–۲ هکتار است که در جنگل‌های سری ۱۰ لالیس از حوزه آبخیز شماره ۴۵ گلبند در بخش مرکزی جنگل‌های هیرکانی قرار دارد (شکل ۱).



شکل ۱- بخشی از منطقه البرز مرکزی در شمال ایران که موقعیت تقریبی توربزار لالیس (مربع سیاه در جنوب غربی نوشهر) و مرز فوقانی جنگل (خط ناپیوسته) را نشان می‌دهد.

Figure 1. Part of the central Alborz in northern Iran showing the approximate position of Lalis peatland (black square, southwest of Nowshahr) and the upper forest boundary (sketched as dashed line).

داده‌های اقلیمی دقیق برای منطقه مورد بررسی در دسترس نیست. بر اساس آمار اقلیمی به‌دست آمده از ایستگاه هواشناسی نوشهر، میانگین بارش سالیانه در جلگه ۱۳۱۰ میلی‌متر، میانگین دمای سالانه ۱۶/۱ درجه سانتی‌گراد و میانگین سردترین (بهمن) و گرم‌ترین (مرداد) ماه سال به‌ترتیب ۲/۳ و ۲۹/۲ درجه سانتی‌گراد است (Ramezani, 2009). بر اساس داده‌های زمین‌شناسی در بخش‌های مرکزی منطقه هیرکانی، تیپ‌های عمده و اصلی خاک در ارتفاعات میانی و پایینی منطقه، قهوه‌ای جنگلی و پسدوگلی است که بر روی انواع سنگ‌های آهکی (مانند آهک مارنی و آهک ماسه‌ای) و گاهی راندزین و پدزول قرمز توسعه یافته‌اند (Ramezani, 2009، کتابچه طرح جنگلداری سری ۱۰ لالیس). مهم‌ترین گونه‌های درختی در توده‌های جنگلی این منطقه شامل راش (*Fagus orientalis*)، ممرز (*Carpinis betulus*)، توسکای ییلاقی (*Alnus subcordata*) و پلت (*Acer velutinum*) است. گونه‌هایی با فراوانی کمتر عبارتند از شیردار (*Acer cappaducicum*)، بلندمازو (*Quercus castaneifolia*)، بارانک (*Sorbus torminalis*)، گیلاس وحشی (*Prunus avium*) و زبان‌گنجشک (*Fraxinus excelsior*) (کتابچه طرح جنگلداری سری ۱۰ لالیس).

مغزه‌برداری و آماده‌سازی نمونه‌ها

با دستگاه مغزه‌بردار روسی، مغزه‌ای رسوبی به طول یک متر از توربزار لالیس در یک راشستان در بخش مرکزی جنگل‌های هیرکانی برداشته شد. برای بررسی‌های گرده‌شناسی، نمونه‌های حجمی نیم‌سانتی‌متر مکعبی با فواصل پنج سانتی‌متر در امتداد مغزه برداشته شد. آماده‌سازی نمونه‌های گرده‌شناسی به روش استاندارد

پیشنهادی(1989) Fægri and Iversen در آزمایشگاه گرده‌شناسی دانشگاه گرایفسوالد آلمان انجام شد که شامل مراحل زیر است:

تیمار اسیدکلریدریک (HCl)، تیمار هیدروکسید پتاسیم (KOH)، الک (بامش ۱۲۵ میکرومتر)، تیمار با اسید هیدروفلوریک (HF)، استولیز (نسبت ۱:۹ از اسید سولفوریک و اسید استیک) و قرار دادن نمونه‌ها در روغن سیلیکون (با ویسکوزیته ۲۰۰۰ سنتی استوک).

شمارش گرده و ترسیم نمودار گرده

برای آنالیز گرده از هر عمق، اسلایدهای میکروسکوپی تهیه شد. برای شناسایی و شمارش گرده‌ها از میکروسکوپ نوری الیمپوس مدل CX31 با بزرگ‌نمایی ۴۰۰ برابر، کلیدهای شناسایی معتبر (Moore et al., 1991; Beug, 2004) و اسلایدهای مرجع موجود در گروه جنگلداری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه ارومیه استفاده شد.

برای ترسیم نمودار گرده (شکل ۲)، محاسبات اولیه داده‌های گرده‌شناسی در محیط اکسل انجام شد و برای نمایش و تهیه نمودار گرده، نرم‌افزار تیلیا نسخه Tilia 2.0.41 (Grimm, 2015) مورد استفاده قرار گرفت. برای توصیف و تفسیر آسان‌تر، نمودار گرده به چند بخش تقسیم شد که به هر بخش یک زون اجتماع گرده‌ای (pollen assemblage zone) گفته می‌شود.

سن‌سنجی

در این پژوهش از سن‌سنجی رادیوکربن به روش AMS (Accelerator Mass Spectrometry) استفاده شد. برای این کار، از عمق ۷۹–۷۱ سانتی‌متری مغزه مورد بررسی، مواد آلی (برگ، فلس جوانه و میوه درختان جنگلی) جمع‌آوری و شناسایی شد. سپس نمونه‌ها به روش Grosse-Brauckmann (1986) آماده‌سازی (تیمار با KOH 5 درصد به‌مدت پنج دقیقه در نقطه جوش) شد و به‌مدت یک شب در دمای ۴۰ ^{o}C خشک و به آزمایشگاه رادیوکربن پوزنان در کشور لهستان ارسال شد.

نتایج

چینه‌شناسی و سن‌سنجی مغزه لالیس

جدول ۱ ویژگی‌های چینه‌ای عمق‌های مختلف مغزه مورد بررسی در این پژوهش را نشان می‌دهد.

نتیجه تعیین سن مغزه لالیس به روش AMS در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۱- چینه‌شناسی مغزه لالیس (LLS).

Table 1. Lithostratigraphy of Lalis (LLS) peat core

عمق (سانتی‌متر) Depth (cm)	چینه‌شناسی Lithology
7/5-0	پیت قهوه‌ای با درجه تجزیه‌شدگی کم تا متوسط، حاوی مقدار زیادی ریشه گیاهان Slightly to moderately decomposed brown radicel/root peat
70-7/5	پیت قهوه‌ای با فراوانی ریشه‌های گیاهان Brown root peat
82-70	پیت قهوه‌ای با فراوانی ریشه‌های گیاهان و حاوی تکه‌های بزرگ چوب درختان Brown root peat including large wood pieces
100-82	پیت قهوه‌ای با فراوانی ریشه‌های گیاهان و همراه با تکه‌های چوب Brown root peat including wood pieces

جدول ۲- سن رادیوکربن و تقویمی برای توربزار لالیس.

Table 2. Radiocarbon and calibrated ages for Lalis mire.

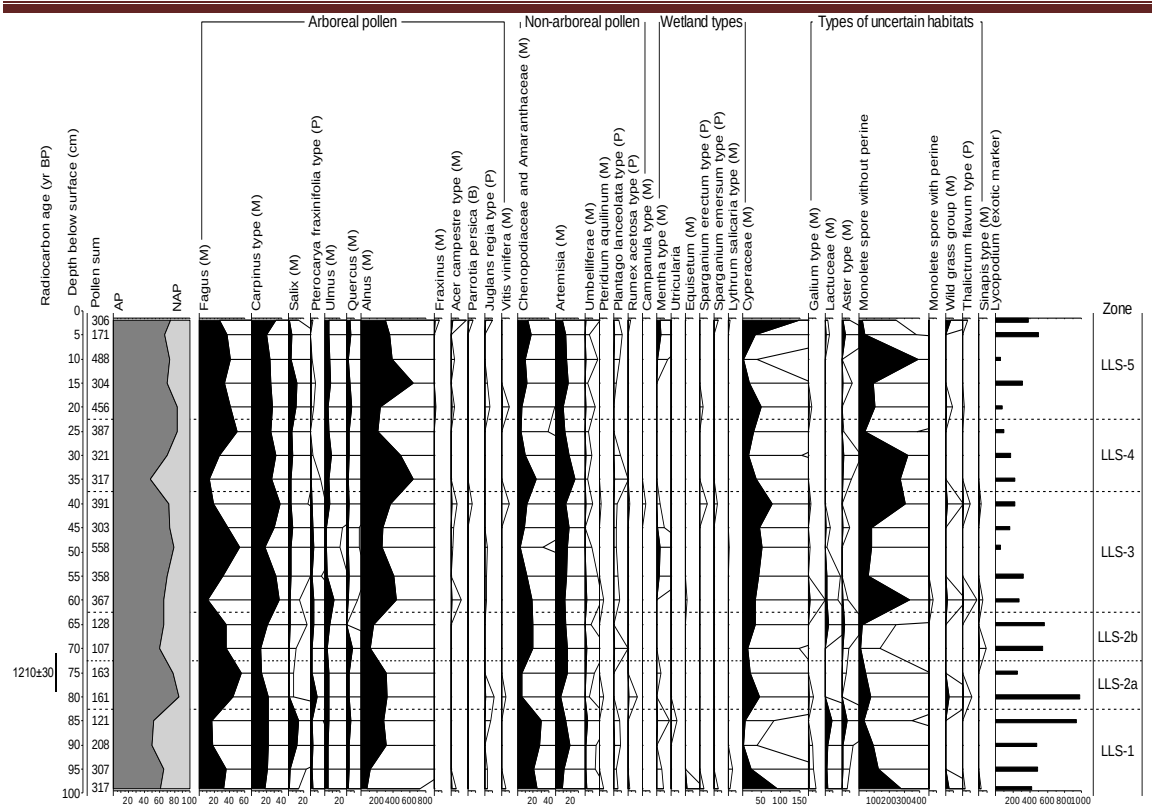
عمق (سانتی‌متر) Depth (cm)	کد نمونه در آزمایشگاه رادیوکربن ^{14}C Lab. No.	سن رادیوکربن (radiocarbon age)	سن تقویمی یا کالیبره شده (calibrated yr BP)
71-79	Poz-35918	1210±30 BP	1068.2-1159.5

گرده‌شناسی

بر اساس تغییرات عمده در فراوانی گرده‌های تشکیل‌دهنده نمودار، رکورد گرده‌ای لالیس به پنج زون اجتماع گرده‌ای تقسیم شد. همچنین، تیپ‌های گرده‌ای تشکیل‌دهنده این رکورد گرده‌ای در چهار گروه، شامل گرده‌های درختی و درختچه‌ای (Arboreal pollen: AP)، گرده‌های غیر درختی (Non-arboreal pollen: NAP)، گرده‌های گیاهان سطح توربزار (Wetland type) و تیپ‌های گرده‌ای با ویژگی‌های اکولوژیک نامعلوم (Types of uncertain habitats) قرار داده شد (شکل ۲). گروه اخیر گرده‌هایی با ویژگی‌های ریخت‌شناختی مشابه تولید می‌کنند که در بررسی‌های معمول گرده‌شناسی که از میکروسکوپ نوری برای شناسایی گرده‌ها استفاده می‌شود، قابل تفکیک از یکدیگر نبوده و به‌ناچار همه این گرده‌ها در یک گروه قرار می‌گیرند. برای محاسبه درصد فراوانی گرده‌ها، از مجموع گرده‌های شمارش شده درختی و غیردرختی استفاده شد. در این پژوهش، برای هر عمق به‌طور میانگین حدود ۳۰۰ دانه گرده درختی و غیردرختی (pollen sum) شمارش شد. به‌منظور متمایز کردن تیپ‌های گرده‌ای از آرایه‌های گیاهی، تیپ‌های مورفولوژیک گرده با SMALL CAPITALS نشان داده شده‌اند (Joosten and de Klerk, 2002). در ادامه به توصیف تغییرات مشاهده‌شده در منحنی‌های گرده از پایین‌ترین اجتماع گرده‌ای می‌پردازیم.

زون اجتماع گرده‌ای LLS-1 (عمق ۱۰۰/۵-۸۲ سانتی‌متر؛ ۱۲۷۰-۱۴۰۰ سال پیش)

در این زون گرده‌های راش، ممرز و توسکا از فراوانی به‌نسبت زیادی برخوردارند. گرده بید در ابتدا مقادیر بسیار کمی داشت ولی در میانه‌های زون بر مقدار آن افزوده شد. گرده‌های لرگ، بلوط و نارون منحنی‌های تقریباً پیوسته‌ای را در تمام طول زون تشکیل دادند. در بین گرده‌های غیردرختی، گرده‌های درمنه و اسفناجیان بیش‌ترین فراوانی را به‌خود اختصاص دادند. گرده‌های خانواده چتریان (UMBELLIFERAE) و کاردی یا بارهنگ برگ‌نیزه‌ای (PLANTAGO LANCEOLATA TYPE) نیز با مقادیر کمی در این زون مشاهده شد.



شکل ۲- نمودار درصد گرده توربزار لالیس

Figure 2. Pollen percentage diagram for Lalis mire

در بین تیپ‌های گرده‌ای که توسط گیاهان سطح توربزار تولید می‌شوند، خانواده جگن (CYPERACEAE) در ابتدای این زون با مقادیر زیادی مشاهده شد ولی در میانه زون به‌شدت کاهش یافت. همچنین، گرده‌های نعناع (MENTHA TYPE)، دم‌اسب (EQUISETUM) و خون‌فام (LYTHRUM SALICARIA TYPE) مشاهده شدند. در بین گروه تیپ‌های گرده‌ای با رویشگاه نامعلوم، هاگ‌های با دیواره صاف و بدون پرین (لایه‌ای شفاف در اطراف هاگ سرخس‌ها) (Monolete spores without perine) در ابتدای زون از فراوانی بسیار بالایی برخوردار بود ولی به‌تدریج تا انتهای زون از مقدار آن کاسته شد. به سمت نیمه بالایی زون، بر فراوانی گرده‌های گروهی از گیاهان خانواده کاسنی (ASTER TYPE) و قبیله LACTUCEAE افزوده شد.

زون اجتماع گرده‌ای LLS-2 (عمق ۶۲/۵–۸۲/۵ سانتی‌متر؛ ۱۰۲۰–۱۲۷۰ سال پیش)

این اجتماع گرده‌ای را می‌توان به دو زیر زون LLS-2a و LLS-2b تقسیم کرد. در زیر زون LLS-2a (عمق ۷۲/۵–۸۲/۵ سانتی‌متر؛ ۱۱۵۰–۱۲۷۰ سال پیش)، گرده راش افزایش چشمگیری را نشان داد، درحالی‌که گرده ممرز در مقایسه با زون پیشین کاهش یافت. توسکا، نارون و بلوط دارای مقادیری مشابه با زون قبلی هستند. گرده لرگ در ابتدا افزایش یافت ولی در ادامه از مقدار آن کاسته شد. در بین گرده‌های غیردرختی، درمنه از بیشترین فراوانی برخوردار بود ولی از درصد فراوانی اسفناجیان به‌طور چشمگیری کاسته شد. گرده گیاهان خانواده جگن و هاگ‌های بدون پرین سرخس‌ها در ابتدای این بخش از نمودار گرده افزایش و بعد از آن کاهش یافت. در زیرزون LLS-2b (عمق ۶۲/۵–۷۲/۵ سانتی‌متر؛ ۱۰۲۰–۱۱۵۰ سال پیش)، گرده‌های راش و توسکا کاهش یافته و ممرز روند افزایشی را نشان داد. گرده‌های بید و لرگ تغییر چندانی نسبت به زیرزون

قبلی نداشته ولی منحنی گرده بلوط در ابتدا کمی افزایش یافت.

زون اجتماع گرده‌ای LLS-3 (عمق ۵/۵–۶۲/۳۷ سانتی‌متر؛ ۱۰۲۰–۶۳۰ سال پیش)

ابتدای زون با افزایش گرده‌های ممرز، توسکا و نارون شروع می‌شود که در ادامه گرده نارون به‌طور چشمگیری کاهش یافت. همچنین، گرده‌های ممرز و توسکا در میانه‌های زون کاهش یافته ولی راش به بیشینه مقدار خود در این زون رسید. از بخش میانی تا مرز بالایی زون، گرده‌های ممرز و توسکا روند افزایشی و گرده راش روند کاهشی را نشان داد. گرده اسفناجیان در میانه‌های زون به کم‌ترین مقدار خود رسید و پس از آن دوباره افزایش یافت. درمنه از ابتدا تا انتهای زون با فراوانی نسبی به‌طور پیوسته‌ای حضور داشت.

در بین گرده‌های متعلق به گیاهان توربزار، گرده نعناع در میانه‌های زون افزایش نسبی نشان داد. گرده گیاهان خانواده جگن، روند رو به افزایشی را تا انتهای زون نشان داده و نزدیک به مرز بالایی زون، به بیشینه مقادیر خود رسید. هاگ‌های بدون پرین سرخس‌ها در ابتدا و انتهای زون از فراوانی چشمگیری برخوردار بودند ولی در عمق‌های میانی زون به‌شدت از مقدار آن‌ها کاسته شد.

زون اجتماع گرده‌ای LLS-4 (عمق ۵/۵–۳۷/۲۲ سانتی‌متر؛ ۳۸۰–۶۳۰ سال پیش)

منحنی مربوط به درصد فراوانی گرده راش، در ابتدای زون مقادیر کمی را نشان داد ولی به سمت مرز بالایی زون با شیب تندی افزایش یافت. گرده ممرز با مقادیر به‌نسبت زیاد و ثابت دیده شد. منحنی گرده توسکا از فراوانی زیادی در ابتدای زون برخوردار بود ولی به سمت مرز بالایی زون به‌شدت از مقدار آن کاسته شد. درصد فراوانی گرده لرگ در ابتدای زون کم بود و پس از آن به‌کلی ناپدید شد. گرده‌های درمنه و اسفناجیان، تنها در ابتدای زون مقادیر به‌نسبت زیادی را نشان داده ولی به سمت مرز بالایی زون از فراوانی هر دو به‌شدت کاسته شد. تک‌دانه‌های گرده کاردی در نمونه‌های پایینی زون مشاهده شد.

گرده خانواده جگن، به‌ویژه در میانه زون، مقادیر بسیار کمی را نشان داد. هاگ‌های بدون پرین سرخس‌ها در بخش‌های پایینی و میانی زون، از مقادیر زیادی برخوردار بوده ولی نزدیک به مرز بالایی زون از فراوانی آن‌ها به‌شدت کاسته شد.

زون اجتماع گرده‌ای LLS-5 (از عمق ۲۲/۵ سانتی‌متر تا سطح توربزار؛ ۳۸۰ سال اخیر)

منحنی گرده راش در این بخش از نمودار گرده، مقادیر به‌نسبت زیاد و تقریباً ثابتی را نشان داد. ممرز در تمام طول زون تا نزدیک به مرز بالایی مقادیر به‌نسبت یکنواختی داشت و در بالاترین عمق کمی افزایش یافت. منحنی گرده توسکا در نیمه پایینی زون به بیشینه مقدار خود رسید و پس از آن از مقدار آن کاسته شد. در بخش میانی زون، بر فراوانی گرده بید افزوده شد. همانند زون‌های پیشین، درمنه و اسفناجیان با مقادیر متوسط، بیشترین گرده‌های گروه NAP را به‌خود اختصاص دادند. ویژگی دیگر این زون اجتماع گرده‌ای، کاهش شدید گرده گیاهان خانواده جگن در میانه زون است که در بالاترین عمق مورد بررسی، به بیشینه مقدار خود در سراسر رکورد گرده‌ای رسید. هاگ‌های بدون پرین سرخس‌ها نیز به بیشترین مقدار خود در میانه این زون رسید ولی پس از آن و به سمت مرز بالایی زون به‌طور چشمگیری از مقادیر آن کاسته شد.

بحث

در این بخش با کمک داده‌های گرده‌شناسی رکورد گرده‌ای لالیس، تاریخچه ۱۴۰۰ ساله توده‌های جنگلی آمیخته راش منطقه مرکزی هیرکانی در اواخر هولوسن

بررسی می‌شود (هولوسن، زیردوره‌ای از دوره کواترنری است که حدود ۱۱۷۰۰ سال اخیر در تاریخ زمین را تشکیل می‌دهد). همچنین، مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر این تغییرات، شامل عوامل اکولوژیک، آب‌وهوایی و انسانی، بررسی و با نتایج پژوهش‌های دیگر مقایسه می‌شود.

گرده‌های راش، ممرز و توسکا در ۱۴۰۰ سال گذشته اغلب از فراوانی چشمگیری برخوردار بوده‌اند. این داده‌ها به‌خوبی نشان می‌دهد که در دوره زمانی مورد بررسی، راش و ممرز، درختان اصلی (چیره) در توده‌های جنگلی پیرامون توربزار بوده و ملج (*Ulmus glabra*) و بلندمازو (*Quercus castaneifolia*) گونه‌های همراه را تشکیل می‌داده‌اند. حتی باوجود ناچیز بودن فراوانی گرده‌های افرا در نمودار گرده لالیس، درختان مادری آن‌ها، به‌ویژه پلت (*Acer velutinum*)، هم نقش مهمی در ترکیب توده‌های جنگلی اطراف داشته‌اند، زیرا تولید و انتشار گرده در درختان حشره‌گرده‌افشان مانند افرا ضعیف است (Connor et al., 2004; Ramezani et al., 2013). زبان‌گنجشک (*Fraxinus excelsior*)، شیردار (*A. cappadocicum*) و نمدار (*Tilia platyphyllos*) هم به‌صورت انفرادی در ترکیب جنگل شرکت داشته‌اند. البته، یافت‌نشدن گرده‌های این درختان حشره‌گرده‌افشان در بعضی از دوره‌های زمانی، به معنی نبود آنها در توده‌های جنگلی اطراف توربزار نیست. در سطح و حاشیه توربزار لالیس نیز توسکای ییلاقی (*Alnus subcordata*) همواره فراوان‌ترین گونه درختی بوده و لرگ (*Pterocarya fraxinifolia*) و بیدمشک (*Salix aegyptiaca*) هم در مواقعی از فراوانی نسبی برخوردار بوده‌اند.

در ادامه، برای درک بهتر پویایی درازمدت ترکیب جنگل در اواخر هولوسن در منطقه، تغییرات پوشش گیاهی توده‌های جنگلی اطراف توربزار و همچنین سطح و حاشیه آن به تفکیک دوره‌های زمانی (مطابق با زون‌های اجتماع گرده‌ای در نمودار گرده لالیس) بررسی می‌شود.

بازه زمانی ۱۲۷۰–۱۴۰۰ سال پیش (زون اجتماع گرده‌ای LLS-1)

مقادیر به‌نسبت کم گرده‌های توسکا و بید از یک سو و فراوانی هاگ سرخس‌ها و گرده گیاهان خانواده جگن از سوی دیگر در ابتدای این دوره (۱۳۵۰–۱۴۰۰ سال پیش)، نشانه‌هایی از باز بودن نسبی تاج‌پوشش و گسترش گیاهان علفی بلند در سطح و حاشیه توربزار است. در همین زمان، راش و ممرز درختان اصلی و گونه‌هایی مانند بلندمازو، ملج و پلت با فراوانی کمتر در ترکیب توده‌های جنگلی پیرامون توربزار و دامنه‌های مجاور آن شرکت داشته‌اند. در حدود ۱۳۰۰ سال پیش، در پی تغییراتی در پوشش گیاهی سطح و حاشیه توربزار، توسکای ییلاقی و بیدمشک گسترش زیادی یافتند و با کاهش نور رسیده به کف جنگل، از فراوانی گیاهانی علفی، به‌ویژه سرخس‌ها و گیاهان خانواده جگن، به‌شدت کاسته شد. در توده‌های جنگلی اطراف توربزار هم از چیرگی راش کاسته شد که در پی خود بازشدن تاج‌پوشش جنگل و گسترش گیاهان مهاجم و نورپسند، به‌ویژه درمنه و اسفناجیان را به‌همراه داشت. بدون شک بخشی از مقادیر به‌نسبت زیاد گرده‌های دو آرایه گیاهی اخیر در این بخش و همچنین سراسر رکورد گرده‌ای لالیس، به‌دلیل قدرت انتشار بالای این گرده‌ها در فواصل طولانی است. فراوانی نسبی این گیاهان در مناطق ساحلی و جلگه‌ای شمال ایران (Akhani et al., 2010) و همچنین سرشت بادگرده‌افشانی آن‌ها (Djamali et al., 2008b; Ramezani et al., 2013)، انتقال گرده‌های آن‌ها را به ارتفاعات مناطق کوهستانی به همراه داشته است. منحنی پیوسته گرده کاردی نیز نشانه دیگری از حضور گونه‌های مختص فضاهای باز

است. وجود گرده این گیاهان در شمال غرب ایران نشانگر چرای دام در مناطق تخریب یافته و مزارع است (Zavvar et al., 2017; Djamali et al., 2009).

بازشدن نسبی تاج‌پوشش جنگل در این بازه زمانی که از مقادیر به‌نسبت کم گرده‌های درختی (منحنی AP در شکل ۲) نیز دریافت می‌شود، احتمالاً ناشی از فعالیت‌های انسان در منطقه بوده است. از گذشته‌های دور، قطع درختان در جنگل‌های هیرکانی شمال ایران برای زغال‌گیری رایج بود و تا سال ۱۳۴۲ ادامه داشته است (Ehlers, 2007; Ramezani et al., 2008). همچنین، بر اساس یافته‌های باستان‌شناسی در مناطق مرکزی جنگل‌های خزری، قطع درختان به‌منظور ذوب فلزات حداقل از ۳۰۰۰ سال پیش رواج داشته (Ramezani et al., 2008) و مستندات تاریخی نیز حضور انسان را در جلگه‌های چالوس نشان می‌دهد (Mahjoori, 2002). نشانه دیگر حضور انسان در منطقه، وجود گرده گردو در این بخش از رکورد گرده‌ایست. گردو به‌دلیل کیفیت چوب و ارزش غذایی میوه آن از دیرباز مورد توجه انسان بوده است. Sabeti (1994) گردو را بومی جنگل‌های هیرکانی نمی‌داند و پژوهش‌های گرده‌شناسی نیز این فرضیه را تأیید می‌کند؛ چنانکه، قدیمی‌ترین رکورد گرده‌ای مربوط به گردو در شمال کشور به حدود ۲۳۰۰ سال پیش برمی‌گردد (Ramezani et al., 2016).

بازه زمانی ۱۰۲۰–۱۲۷۰ سال پیش (زون اجتماع گرده‌ای LLS-2)

افزایش گرده راش در بازه زمانی ۱۱۵۰–۱۲۷۰ سال پیش (LLS2-a)، نشانگر چیرگی درختان راش در توده‌های جنگلی اطراف توربزار است. داده‌های گرده‌ای این بخش از نمودار گرده، همچنین نشان می‌دهد که توده‌های جنگلی منطقه دارای تاج‌پوشش بسته و ترکیب گونه‌ای غنی بودند. در این بازه زمانی، توسکای ییلاقی و لرگ درختان اصلی سطح و حاشیه توربزار را تشکیل می‌دادند.

مهم‌ترین ویژگی دوره زمانی ۱۰۲۰–۱۱۵۰ سال پیش (LLS2-b)، کاهش چشمگیر گرده راش است که به همراه افزایش نسبی گرده‌های درمنه و اسفناجیان و حضور گرده کاردی نشانگر کاهش انبوهی توده در پیرامون توربزار است. افزایش گرده بلوط نیز نشانه‌ی دیگری از کاهش تراکم توده در این بخش از رکورد گرده‌ایست که گسترش نسبی درختان نورپسند بلوط (بلندمازو) را به همراه داشته است. افزایش نسبی گرده ممرز در پی کاهش درصد فراوانی گرده راش، نشانگر توالی طبیعی توده است. ممرز از درختان فرصت‌طلبی است که پس از کاهش راش گسترش یافته و جایگزین آن در توده می‌شود. موارد مشابه این پدیده، در بخش‌های دیگری از این رکورد گرده‌ای (مثلا نیمه بالایی اجتماع گرده‌ای LLS-3) و پژوهش‌های مشابه در منطقه ماشلک نوشهر (Ramezani et al., 2008) نیز مشاهده شده است. همچنین، کاهش قابل‌توجه گرده توسکا در این دوره حاکی از کاهش تراکم درختان توسکای ییلاقی در سطح و حاشیه توربزار است که می‌تواند به‌دلیل پایین رفتن سطح سفره آب در این اکوسیستم تالابی باشد. کاهش نسبی فراوانی لرگ در همین بازه زمانی، با پدیده کاهش لرگ (*Pterocarya* decline)، که در رکوردهای گرده‌ای دیگر در شمال ایران (Ramezani et al., 2016; Ramezani, 2013; Leroy et al., 2013; Khakpour Saeej et al., 2013) و منطقه کولشیس در شرق دریای سیاه (De Klerk et al., 2009) ثبت شده، همخوانی دارد. در پژوهش‌های مشابه، کاهش لرگ در این بازه زمانی، به تغییر اقلیمی در منطقه‌ای به بزرگی ناحیه رویشی هیرکانی–اگزینی (Zohary, 1973) نسبت داده شده است. بر این اساس، شمال ایران و منطقه کولشیس تا حدود ۱۰۰۰ سال پیش اقلیمی گرم‌تر و مرطوب‌تر از

زمان حال داشته و پس از آن از میانگین دما و مقدار بارش سالیانه این مناطق کاسته شد.

بازه زمانی ۶۳۰-۱۰۲۰ سال پیش (زون اجتماع گرده‌ای LLS-3)

درصد فراوانی گرده راش که از حدود ۱۲۰۰ سال پیش (نیمه بالایی اجتماع گرده‌ای LLS-2) رو به کاهش گذاشته بود با شروع این زون روندی افزایشی را تا حدود ۸۰۰ سال پیش نشان داد و از آن پس دوباره کاهش یافت. همانند بازه‌های زمانی پیشین، منحنی درصد فراوانی گرده‌های راش و ممرز حالتی الاکلنگی را نشان می‌دهد. این امر نشانگر تغییر همیشگی ترکیب توده‌های جنگلی اطراف توربزار و به‌عبارت دیگر پویایی درازمدت جنگل (long-term forest dynamics) است. هرچند، تغییرات هم‌زمان درصد فراوانی گرده‌های راش و ممرز که بیشترین فراوانی را در نمودار گرده لالیس به‌خود اختصاص می‌دهند تا حدی مربوط به تأثیر درصد در این نمودارهاست که در آن مجموع فراوانی گرده‌های درختی و غیردرختی (AP+NAP) در محدوده ۱۰۰ درصد قرار می‌گیرد (Moore et al., 1991).

افزایش گرده گیاهان خانواده Cyperaceae در این بازه زمانی می‌تواند نشانگر گسترش آنها در سطح و حاشیه توربزار و پایین‌رفتن تراز آب تالاب در محل مغزه‌برداری باشد.

بازه زمانی ۳۸۰-۶۳۰ سال پیش (زون اجتماع گرده‌ای LLS-4)

منحنی فراوانی گرده‌های درختی (AP) مانند راش در ابتدای این دوره به کم‌ترین حد خود در سراسر رکورد گرده‌ای می‌رسد ولی پس از آن روندی افزایشی را نشان می‌دهد. کاهش تاج‌پوشش در توده‌های جنگلی پیرامون توربزار را می‌توان به فعالیت‌های تخریبی انسان در منطقه در این دوره نسبت داد. ایجاد فضای باز در توده که موجب افزایش دریافت نور در کف جنگل می‌شود به گسترش گیاهان نورپسند و مهاجم کمک می‌کند. مقادیر زیاد گرده‌های درمنه و اسفناجیان و فراوانی نسبی گرده بارهنگ برگ‌نیزه‌ای در ابتدای این زون به همین نکته اشاره دارد. حتی افزایش چشمگیر هاگ سرخس‌ها در نیمه پایینی زون به احتمال قوی ناشی از انتشار گسترده سرخس‌های نورپسند جنگل‌های هیرکانی، به‌ویژه سرخس نر (*Dryopteris filix-mas* و *D. affinis*)، در پی بازشدن تاج‌پوشش توده است. در ادامه تغییرات در ساختار جنگل، راش گسترش یافته و با بسته‌شدن تاج پوشش از فراوانی گیاهان علفی مهاجم کاسته شد. موارد مشابه این پدیده در رکوردهای گرده‌ای جمند (Ramezani, 2009) و موزی‌داربن (Ramezani et al., 2008) در منطقه ماشلک نوشهر مشاهده شده است.

در سطح و حاشیه توربزار، توسکای ییلاقی در ابتدا از فراوانی قابل توجهی برخوردار بود ولی با گذشت زمان به‌شدت کاهش یافت. این امر نیز به تغییرات هیدرولوژیک محلی ارتباط داشته و احتمالا ناشی از پایین رفتن تراز آب و کوچک‌تر شدن توربزار مربوط بوده است. ناپدید شدن گیاهان سطح و حاشیه توربزار در این دوره (گروه Wetland types در شکل ۲ را ببینید) این فرضیه را تقویت می‌کند. هم‌زمان با این کاهش نسبی تراز آب توربزار، از فراوانی لرگ نیز کاسته شد و از این پس نقش این گونه در ترکیب توده‌های حاشیه توربزار بیش از پیش کم‌رنگ شد.

۳۸۰ سال اخیر (زون اجتماع گرده‌ای LLS-5)

در ۳۸۰ سال گذشته راش و ممرز درختان اصلی در توده‌های جنگلی اطراف توربزار بوده و ملج، بلندمازو و پلت هم با فراوانی کمتر در ترکیب توده‌ها شرکت داشته‌اند. بر اساس نمودار گرده لالیس، درختانی مانند شیردار، نمدار و زبان‌گنجشک هم به‌صورت پایه‌ای در

توده‌های جنگلی منطقه حضور داشته‌اند. در سطح و حاشیه توربزار نیز توسکای ییلاقی فراوان‌ترین گونه درختی بوده و بیدمشک تا میانه‌های زون از فراوانی نسبی برخوردار بوده است. همان‌گونه که پیش‌تر گفته شد، نوسانات سطح سفره آب زیرزمینی بر فراوانی درختان توسکا تأثیر می‌گذارد؛ چنانکه، دوره‌های مرطوب‌تر با افزایش در فراوانی این درختان رطوبت‌پسند همراه است. از طرف دیگر، با توجه به نورپسند بودن این درختان، بازشدن بیشتر تاج‌پوشش می‌تواند به گسترش آن‌ها منجر شود. بر اساس پژوهش‌های نمونه‌برداری سطحی در منطقه مرکزی جنگل‌های هیرکانی (Ramezani et al., 2013)، درختان توسکا از قدرت بالایی برای تولید و انتشار گرده برخوردارند؛ بنابراین، فراوانی توسکا در بیشتر دوره زمانی مورد بررسی تا حدی به همین مکانیسم تولید و انتشار گرده در این درختان ارتباط دارد.

افزایش چشمگیر هاگ سرخس‌ها در بخش بالایی رکورد گرده‌ای لالیس نشانه‌ای از باز شدن تاج‌پوشش درختان در توده‌های جنگلی مجاور توربزار است که به احتمال زیاد در نتیجه دخالت‌های بشر در این توده‌ها حاصل شده است. مقادیر بسیار زیاد گرده خانواده جگن در بالاترین عمق مغزه مورد بررسی هم نشانگر گسترش شدید گیاهان خانواده Cyperaceae در سطح توربزار است. گونه *Carex acutiformis* از فراوان‌ترین گیاهان علفی سطح توربزار در زمان نمونه‌برداری و کارهای میدانی در این پژوهش بود.

نتیجه‌گیری

بررسی گرده‌شناسی توربزار لالیس نشان داد که در ۱۴۰۰ سال گذشته راش و ممرز فراوان‌ترین گونه‌های درختی در ترکیب توده‌های جنگلی و توسکای ییلاقی مهم‌ترین درخت در سطح و حاشیه توربزار بوده‌اند. همچنین، درختانی مانند ملج، بلندمازو و پلت دیگر گونه‌های چوبی مهم را در ترکیب گونه‌ای جنگل‌های اطراف توربزار تشکیل می‌داده‌اند. البته، تغییرات آب‌وهوایی و فعالیت‌های انسانی تغییراتی را در سطح محلی و منطقه‌ای به‌وجود آورده‌اند. از دیدگاه توالی درازمدت توده‌های جنگلی، گسترش چشمگیر ممرز پس از کاهش راش در توده‌های جنگلی منطقه که در رکورد گرده‌ای لالیس در چند بازه زمانی دیده شد، دارای اهمیت است و به تفاوت در سرشت اکولوژیک نوری این دو گونه اشاره دارد. در رکورد گرده‌ای لالیس، نقش و تأثیر انسان بر اکوسیستم اولیه و تغییر کاربری زمین در منطقه، به‌خوبی ثبت شد. مهم‌ترین نشانه‌های دخالت انسان در منطقه، وجود گرده‌های گردو و افزایش گرده‌های درمنه، اسفناجیان، کاردی (بارهنگ برگ‌نیزه‌ای)، خانواده جگن و هاگ‌های بدون پرین سرخس‌هاست که گیاهان مادری آن‌ها در فضاهای باز رشد و توسعه می‌یابند. گونه رطوبت‌پسند و گرمادوست لرگ که تا حدود ۸۰۰ سال پیش از درختان مهم سطح و حاشیه توربزار مورد بررسی بود، به دلایل اقلیمی (کاهش دما و بارش) به‌شدت کاهش یافت و امروزه گسترش اصلی آن به ارتفاعات پایین‌تر محدود شده است. در سال‌های آینده تغییرات اقلیمی افزایش یافته و در بسیاری از مناطق بر شدت دخالت‌های بشر در طبیعت افزوده خواهد شد. از طرفی، تغییرات اقلیمی (گرمایش جهانی) نقش تعیین‌کننده‌ای در انتشار جغرافیایی گیاهان خواهد داشت. بنابراین، لازم است که واکنش پوشش گیاهی را در برابر این تغییرات بدانیم و قادر به مدیریت آن باشیم. آگاهی از تغییرات گذشته اکوسیستم جنگل و پویایی طبیعی آن در طول زمان به درک صحیح وضعیت کنونی توده‌های جنگلی و دیگر اجزای تشکیل‌دهنده آن مانند زیست‌سامانه‌های تالابی و توربزارها، که منابع مهم آبی و برخوردار از تنوع زیستی غنی هستند، کمک می‌کند. این امر در برنامه‌های حفاظتی و سیاست‌گذاری اکوسیستمی

جنگل و نیز پیش‌بینی وضعیت آینده آن نقش اساسی ایفا خواهد کرد. پژوهش‌های دیرینه‌بوم‌شناختی، که گرده‌شناسی مهم‌ترین ابزار آن است، ما را در دستیابی به چنین چشم‌اندازی راهنمایی می‌کند.

References

-Akhani, H.; Djamali, M.; Ghorbanalizadeh, A.; Ramezani, E., Plant biodiversity of Hyrcanian relict forests, N Iran: an overview of the flora, vegetation, palaeoecology and conservation. *Pakistan Journal of Botany* **2010,** *42* (1), 231-258.

-Beug, H.-J., *Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete: Mit 17 Abbildungen und 8 Tafeln*. G. Fischer: 1961.

-Blackmore, S., Pollen and spores: microscopic keys to understanding the earth's biodiversity. *Plant Systematics and Evolution* **2007,** *263* (1), 3-12.

-Connor, S. E.; Thomas, I.; Kvavadze, E. V.; Arabuli, G. J.; Avakov, G. S.; Sagona, A., A survey of modern pollen and vegetation along an altitudinal transect in southern Georgia, Caucasus region. *Review of Palaeobotany and Palynology* **2004,** *129* (4), 229-250.

-de Klerk, P.; Haberl, A.; Kaffke, A.; Krebs, M.; Matchutadze, I.; Minke, M.; Schulz, J.; Joosten, H., Vegetation history and environmental development since ca 6000 cal yr BP in and around Ispani 2 (Kolkheti lowlands, Georgia). *Quaternary Science Reviews* **2009,** *28* (9-10), 890-910.

-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., 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* **2009,** *36* (7), 1364-1375.

-Djamali, M.; de Beaulieu, J.-L.; Campagne, P.; Andrieu-Ponel, V.; Ponel, P.; Leroy, S.; Akhani, H., Modern pollen rain–vegetation relationships along a forest–steppe transect in the Golestan National Park, NE Iran. *Review of Palaeobotany and Palynology* **2009,** *153* (3-4), 272-281.

-Djamali, M.; Kürschner, H.; Akhani, H.; de Beaulieu, J.-L.; Amini, A.; Andrieu-Ponel, V.; Ponel, P.; Stevens, L., Palaeoecological significance of the spores of the liverwort Riella (Riellaceae) in a late Pleistocene long pollen record from the hypersaline Lake Urmia, NW Iran. *Review of palaeobotany and palynology* **2008,** *152* (1-2), 66-73.

-Ehlers, E., Forest and forestry. In Yarshater, E., editor, Encyclopaedia Iranica. Center for Iranian Studies of Columbia University. Retrieved 23 November 2007 from 2007. http://www.iranica.com/articles/v10f1/v10f128.html.

-Faegri, K.; Kaland, P. E.; Krzywinski, K., *Textbook of pollen analysis*. John Wiley & Sons Ltd.: 1989.

-Feurdean, A.; Willis, K. J., The usefulness of a long-term perspective in assessing current forest conservation management in the Apuseni Natural Park, Romania. *Forest Ecology and Management* **2008,** *256* (3), 421-430.

-Grimm, E. C., Tilia and Tiliagraph, Illinois State Museum, Springfield, 2015; 101 p.

-Grosse-Brauckmann, G., Analysis of vegetative plant macrofossils. *Handbook of Holocene palaeoecology and palaeohydrology* **1986**, 591-618.

-Joosten, H.; de Klerk, P., What's in a name? Some thoughts on pollen classification, identification, and nomenclature in quaternary palynology. *Review of Palaeobotany and Palynology* **2002,** *122* (1-2), 29-45.

-Khakpour Saeej, M.; Ramezani, E.; Siyab Ghodsy, A. A.; Zare, H.; Joosten, H., Palynological reconstruction of 1500 years of vegetation history of Veisar (N Iran). *Rostaniha* **2014,** *14* (2), 135-148.

-Leroy, S. A.; Kakroodi, A. A.; Kroonenberg, S.; Lahijani, H. K.; Alimohammadian, H.; Nigarov, A., Holocene vegetation history and sea level changes in the SE corner of the Caspian Sea: relevance to SW Asia climate. *Quaternary Science Reviews* **2013,** *70*, 28-47.

-Leroy, S. A.; Lahijani, H.A.K.; Djamali, M.; Naqinezhad, A.; Moghadam, M.V.; Arpe, K.; Shah-Hosseini, M.; Hosseindoust, M.; Miller, Ch. S.; Tavakoli, V.; Habibi, P.; Naderi, M., Late Holocene palaeoenvironmental records from the Anzali and Amirkola Lagoons (south Caspian Sea): vegetation and sea level changes. *Geography, Environment, Sustainability* **2010**, *3* (2), 32-41.

-Lowe, J. J.; Walker, M. J. C., Reconstructing Quaternary Environments, 2nd edition.; Prentice Hall, 1997; p 476.

-Mahjoori, E., History of Mazandaran, Toos Publisher, 2002; p 366. (In Persian)

Moore, P. D.; Webb, J. A.; Collison, M. E., *Pollen analysis*. Blackwell scientific publications: 1991.

-Ramezani, E., Palynological reconstruction of late-Holocene vegetation, climate, and human impact in Kelardasht (Mazandaran Province, N Iran). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2013,** *21* (1), 48-62.

-Ramezani, E., The Holocene development of the Caspian forests: a palynological study with silvi cultural applications (case study: Mashalak forests). PhD thesis. University of Tehran. 2009.132 p. (In Persian)

-Ramezani, E.; Marvie Mohadjer, M. R.; Knapp, H.-D.; Ahmadi, H.; Joosten, H., The late-Holocene vegetation history of the Central Caspian (Hyrcanian) forests of northern Iran. *The Holocene* **2008,** *18* (2), 307-321.

-Ramezani, E.; Mohadjer, M. R. M.; Knapp, H.-D.; Theuerkauf, M.; Manthey, M.; Joosten, H., Pollen–vegetation relationships in the central Caspian (Hyrcanian) forests of northern Iran. *Review of Palaeobotany and Palynology* **2013,** *189*, 38-49.

-Ramezani, E.; Mrotzek, A.; Mohadjer, M. R. M.; Kakroodi, A. A.; Kroonenberg, S. B.; Joosten, H., Between the mountains and the sea: Late Holocene Caspian Sea level fluctuations and vegetation history of the lowland forests of northern Iran. *Quaternary International* **2016,** *408*, 52-64.

Sabeti, H., Forests, trees and shrubs of Iran. Yazd University Press, 1994. (In Persian)

-Seppä H., Elias, S. A., (Eds.), Pollen Analysis. *The Encyclopedia of Quaternary Science*, vol. 3, 2013; p. 794-804.

-Shumilovskikh, L. S.; Hopper, K.; Djamali, M.; Ponel, P.; Demory, F.; Rostek, F.; Tachikawa, K.; Bittmann, F.; Golyeva, A.; Guibal, F., Landscape evolution and agro-sylvo-pastoral activities on the Gorgan Plain (NE Iran) in the last 6000 years. *The Holocene* **2016,** *26* (10), 1676-1691.

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

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

-Wasylikowa, K., Witkowski, A.; 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, 2008; ISBN-13978-3-906166-55-1.

-Zavvar, A.; Ramezani, E.; Naqinezhad, A.; Joosten, H., Palynological analysis of the Late-Holocene vegetation and climate of Ganli-Gol wetland near Urmia, northwestern Iran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2017,** *25* (1), 82-94.

-Zohary, M., *Geobotanical foundations of the Middle East*. Fischer: 1973.

Palynological reconstruction of beech (*Fagus orientalis* Lipsky) forest history in central Hyrcanian region over the past 1400 years

B. Abdollahi[1], E. Ramezani Kakroudi[*2] and H. Joosten[3]

1- MSc. Forestry, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, I. R. Iran. (babdollahi707@gmail.com)
2- Associate Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, I. R. Iran. (e.ramezani@urmia.ac.ir)
3- Professor, Department of Peatland Studies and Palaeoecology, Institute of Botany and Landscape Ecology, University of Greifswald, Greifswald, Germany. (joosten@uni-greifswald.de)

Received: 02.04.2020 Accepted: 23.05.2020

Abstract

Palynological analysis and radiocarbon dating of a peat core from a mire (1314 m a.s.l.) in the Alborz Mountains enabled the reconstruction of the vegetation history of the central Hyrcanian forests over the past 1400 years. This palaeopalynological record indicates that *Fagus orientalis* and *Carpinus betulus* were the most abundant tree species in the surrounding forest stands accompanied by *Quercus castaneifolia*, *Ulmus glabra* and *Acer velutinum*. *Alnus subcordata* must have persistently been the most abundant tree species at local scale, i.e., on and in the immediate vicinity of the mire. However, this species substantially declined during the periods 1400-1350, 1250-1050 and 450-300 BP, most likely as a consequence of local hydrological changes. Also, *Pterocarya fraxinifolia*, which was a main local element until a few centuries ago, decimated probably following a climatic cooling and/or drying. In periods where beech was dominant, i.e., 1250-1100 BP, 900-750 BP and over the last 450 years, the stands surrounding the mire were closed canopy and rich in (tree) species. These time spans were also characterized by the sporadic occurrence of shade-intolerant invasive species in the forest floor. Climatic changes and anthropogenic activities must have decisively influenced the structure and composition of the forest stands over the last 1400 years. This was particularly the case during the periods 1350-1250 and 700-550 BP, when a substantial decrease of beech and canopy cover led to the expansion of opportunistic invasive species, such as upland ferns, *Artemisia* and chenopods, and to a lesser extent *Plantago lanceolata*.

Keywords: Climate change, Holocene, Human activity, Palynology, Vegetation history.

[*] Corresponding author Tel: +989143884194