کهربا و اهمیت آن در دیرینه شناسی

جهانبخش دانشیان*

مقدمه

زمانی که از یک موزهٔ تاریخ طبیعی بازدید می کنیم و اسکلت یک دایناسور را می‌بینیم، به راحتی آن را متعلق به نوعی از جانداران می‌دانیم که منقرض شده‌اند. شاید تصور غلطی که بین مردم رواج دارد، از همین‌جا شکل گرفته باشد که فسیل را استخوان‌های پوسیدهٔ زیر خاک و یا مجموعه‌ای از استخوان‌های پوسیده در زیر خاک و یا مجموعه‌ای از استخوان‌ها که مدل یک دایناسور قدیمی را می‌سازند و در موزه نگهداری می‌شوند، می‌دانند. اما باید توجه داشت که دایناسورها با همهٔ جذابیتی که دارند، فقط بخش بسیار کوچکی از میلیون‌ها گونه فسیلی را تشکیل می‌دهند که در گذشته در قید حیات بوده‌اند.

سابقاً معنای لغوی فسیل عبارت بوده است از چیزی که از حفاری به‌دست آمده باشد. اما امروزه برای آن معنای دیگری متصورند و آن را شواهد شناخته شده‌ای از حیات گذشته می‌دانند. به عبارت دیگر، فسیل‌ها اجساد، بقایا و آثار موجوداتی هستند که پس از مرگ در بین رسوبات دفن شده و همراه با آن‌ها تحت تاثیر پدیدهٔ سنگ‌شدگی قرار گرفته‌اند.

موجودات زنده پس از مرگ در نتیجهٔ فرایندی به فسیل تبدیل می‌شوند. این فرایند که فسیلی شدن نام دارد، به شکل‌های گوناگون انجام می‌شود و انواع و اقسام بسیار زیادی دارد. تنوع در فرایند فسیلی شدن به واسطهٔ ویژگی‌های منحصربه‌فرد هر موجودی است که فسیل می‌شود. بنابراین فرایند فوق‌الذکر از نظر وسعت و حجم می‌تواند سطوح متفاوتی داشته باشد. به عبارت دیگر، فسیل شدن ممکن است در حد یک سلول، یا اندام یک جاندار و یا در سطحی وسیع‌تر و حجیم‌تر یعنی بدن کامل موجود صورت گیرد.

همان‌طور که می‌دانید، بدن موجودات زنده دارای قسمت‌های نرم و سخت هستند. پس از مرگ، بافت‌های نرم به سرعت می‌پوسند و از بین می‌روند و فقط قسمت‌های سخت باقی می‌مانند. البته گاهی اوقات امکان دارد، بافت‌های نرم یک موجود زنده پس از مرگ در حالات قطعاً استثنایی، به صورت فسیل حفظ شود. چنین حالاتی به خصوصیات بافتی و شیمیایی موجود و شرایط فیزیکو شیمیایی محیط در هنگام فسیل شدن بستگی دارد. محبوس شدن در کهربا نوعی از انواع فسیل شدن است که جاندار در یک محیط ساکن از نظر زیستی، به دام می‌افتد و بدن به طور کامل به صورت فسیل حفظ می‌شود.

صمغ، کپال و کهربا

کهربا[1] همان صمغ[2] فسیل شدهٔ درختان است. برخی از درختان به خصوص مخروطیان از خود صمغ تراوش می‌کنند. البته علت تراوش صمغ هنوز به طور کامل مشخص نیست، اما تصور می‌شود که ممکن است به یکی از دلایل زیر باشد:

الف) سازوکاری دفاعی برای مقابله با حشرات و قارچ‌هاست،

ب) واکنش گیاه در مقابل تغییرات ناگهانی آب و هواست،

ج) جذب حشرات به سوی گیاه و کمک به گرده‌افشانی و تولید مثل گیاه،

د) ایجاد پوششی برای تنهٔ درخت به منظور جلوگیری از خشک شدن آن.

از بین دلایل فوق‌الذکر، این گونه تصور می‌شود که نقش صمغ بیش‌تر مقابله با حشرات و قارچ‌ها است (Platt, 1998a).

صمغ در زمان تراوش از گیاه، حالتی نرم و خاصیتی پلاستیکی دارد و با گذشت زمان کم‌کم شروع به سخت شدن می‌کند. امروزه چندین نوع صمغ متعلق به گیاهان گوناگون شناخته شده‌اند که از آن‌ها در صنایع متفاوت استفاده می‌شود. برای مثال: صمغ عربی[3] که از درختان منطقهٔ خاورمیانه استخراج می‌شود و برای تهیهٔ روغن جلا و همچنین در صنایع عکاسی مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ دامر[4] که به گیاهان کشور مالزی و جزایر اقیانوس آرام تعلق دارد و برای تهیهٔ لاک

الکل و روغن جلا به کار می‌رود؛ ماستیک[5] یا کندور رومی که از آن برای تهیهٔ نوعی چسب و روغن جلا استفاده می‌شود؛ مایره[6] که از درختان منطقهٔ عربستان و ترکیه جمع‌آوری می‌شود و از آن برای خوشبو کردن هوا استفاده می‌شود و مصرف دارویی نیز دارد؛ رازین[7] که از انواع گوناگون درختان کاج استخراج می‌شود و در صنایع برای به‌وجود آوردن اصطکاک مناسب بین دستگاه‌های صنعتی و ریسمان‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ ساندااراک[8] که از درختانی متعلق به منطقهٔ آفریقای شمالی به‌دست می‌آید و برای تهیهٔ لاک الکل به کار می‌رود (Platt, 1998b).

اما همان‌گونه که اشاره شد، کهربا همان صمغ فسیل شدهٔ گیاهان است. بدیهی است، می‌توان حضور کهربا را در طول تاریخ زمین‌شناسی، از زمان حضور گیاهان که صمغ را از خود تراوش می‌کنند، انتظار داشت؛ یعنی از زمان کربونیفر تا کنون. هرچند که قدیمی‌ترین کهربای شناخته شده در نهشته‌هایی با سن ۲۶۰ میلیون سال پیش (پرمین) و در کوه‌های اورال یافت شده است (Johnson, 2004).

گاهی اوقات در طبیعت به نمونه‌هایی بر می‌خوریم که حد واسط صمغ و کهربا هستند و خصوصیاتی شبیه کهربا دارند. این نمونه که معمولاً پلیمری خوشبو است و سطح آن به علت انقباض و تبخیر ترک و شکاف دارد، کپال[9] نام دارد. البته به درستی مقیاس معینی برای تشخیص سن آن‌ها وجود ندارد و این کار تابع عوامل خارجی است، اما واقعیت آن است که تغییر صمغ به کپال و سپس به کهربا، تحت تأثیر دو عامل عمدهٔ حرارت و فشار است که روی فرایند پلیمریسم و تبخیر صمغ تأثیر می‌گذارند (Platt, 1998b).

از نظر سنی، معمولاً نمونه‌هایی یافت شدهٔ کپال چندهزار سال سن دارند و غالباً حداکثر سن آن‌ها کم‌تر از یک میلیون سال است. هرچند که در شرق آفریقا نمونه‌ای از کپال گزارش شده که سنی حدود دومیلیون سال را نشان می‌دهد (Johnson, 2004).

در هر حال، محققان برای تشخیص کهربا از کپال چند روش پیشنهاد کرده‌اند که قابل استفاده هستند و عبارتند از: الف) زمانی که کپال را به شعلهٔ ملایم آتش نزدیک می‌کنیم، ذوب می‌شود و حالت مایع به خود می‌گیرد، در حالی که کهربا ذوب نمی‌شود. ب) کهربا و کپال هر دو سطحی براق و درخشنده دارند، اما پس از مدتی که در معرض هوا قرار می‌گیرند، سطح کپال به طور عمیقی ترک می‌خورد، در حالی که شدت ترک‌خوردگی کهربا بسیار کم‌تر است ج) اگر قطره‌ای الکل یا حلالی دیگر را بر سطح کپال بریزیم، روی آن اثر می‌گذارد، اما کهربا را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد و یا اثری جزئی بر آن می‌گذارد (Johnson, 2004).

همان‌طور که اشاره شد، کپال و کهربا در برخی خصوصیات به یکدیگر شباهت دارند. برای مثال، هر دو سبک هستند و وزن مخصوص کمی دارند. رنگ هر دو از زرد کمرنگ تا نارنجی و قرمز تیره متغیر است و ساختی شبیه یکدیگر دارند و می‌توانند هر نوع ناخالصی را در خود داشته باشند (Johnson, 2004).

خواص کهربا

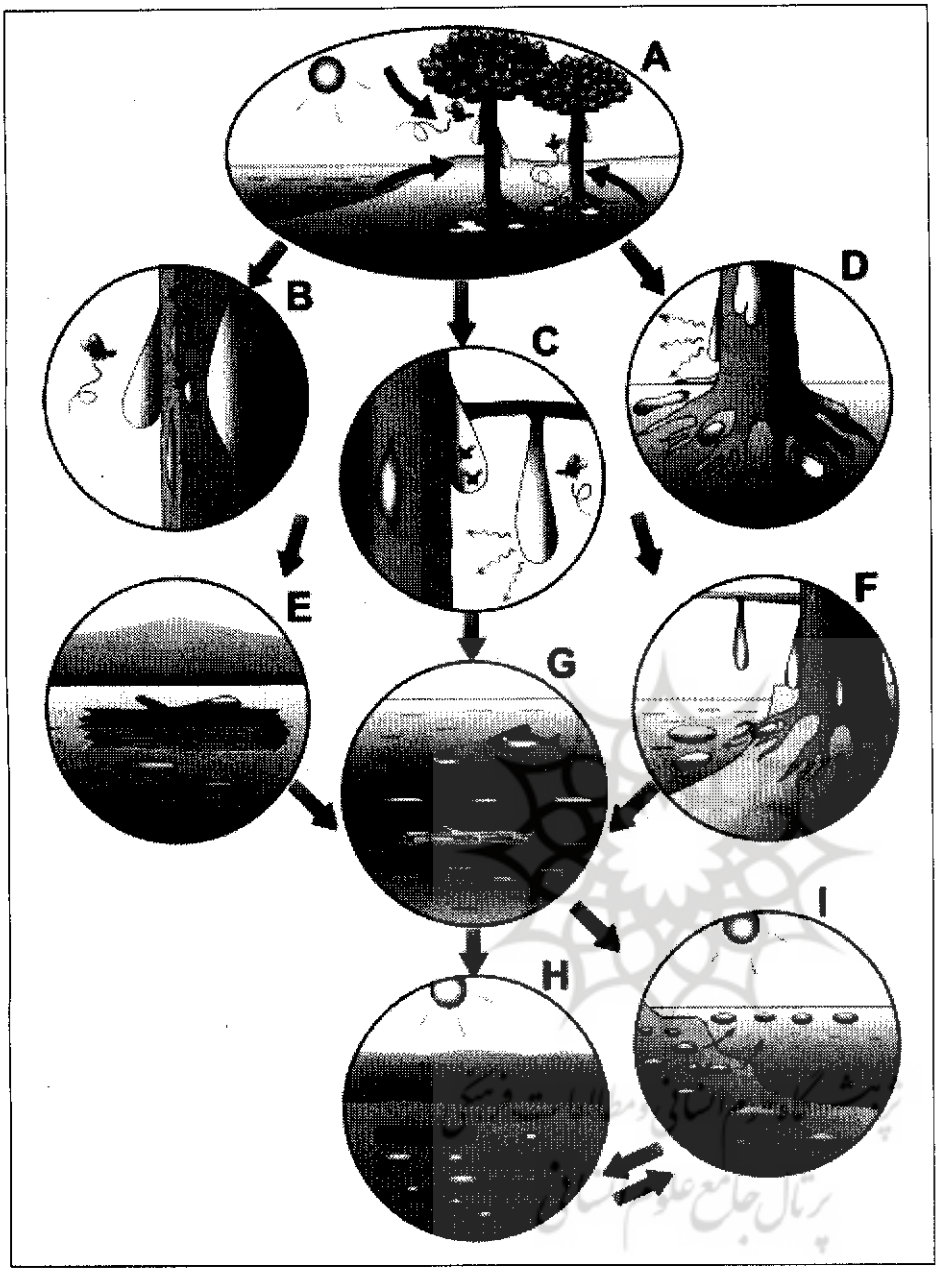
به‌طور کلی کهربا نوعی پلاستیک طبیعی است که شکل مشخص و فرمول شیمیایی ثابتی ندارد و در ترکیب آن سه عنصر کربن (۸۷٪-۶۷٪)، اکسیژن (۱۵٪) و هیدروژن (۱۱٪-۸٫۵٪) از عناصر اصلی به شمار می‌آیند و ممکن است سولفور (۰٫۳۴٪-۰٫۲۶٪) و مواد غیرآلی (۰٫۵٪) نیز به همراه داشته باشد که مقدار آن‌ها با ناخالصی که درون آن است، ارتباط مستقیم دارد و تغییر می‌کند. کهربا کانی محسوب نمی‌شود. کهربا رسانای ضعیف گرماست، خاصیت فلورسانس دارد و در اثر مالش بار الکتریکی تولید می‌کند. در الکل و به ویژه در استون، به صورت جزئی حل می‌شود و دمای ذوب آن ۲۸۰ تا ۳۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد است. سختی کهربا ۱ تا ۲٫۵ است که دامنهٔ تغییرات آن به خاطر منشأ و نوع کهرباست. وزن مخصوص آن ۱٫۰۵ تا ۱٫۱ است. کهربا با توجه به ساختمانش ممکن است به صورت حلقه‌های متحدالمرکز و لایه لایه باشد (کهربای صدفی) و یا حالت لایه لایه نداشته باشد (کهربای توده‌ای). رنگ کهربا معمولاً شفاف و یا کدر و مه‌آلود است. تا کنون بیش از ۸۰ کهربا با رنگ‌های گوناگون شناخته شده است. غالباً رنگ سطحی کهربا تیره‌تر از سطح داخلی آن است که می‌تواند به دلایل متفاوتی از قبیل اکسیداسیون سطح خارجی کهربا، ماهیت ذرات به دام افتاده در کهربا و یا حباب‌های به تله افتاده در کهربا باشد. تغییرات رنگ در کهربا بسیار شگفت‌آور است و از رنگ‌های زرد تا قرمز تغییر می‌کند که از برخی همچون رنگ زرد شفاف نیز در جواهرسازی استفاده می‌شود. البته کهربا با رنگ‌هایی همچون آبی، سبز و قهوه‌ای نیز گزارش شده است. اما تا کنون کهربای طبیعی که رنگ آن سیاه باشد، دیده نشده است (Platt, 1997).

کهربا در دیرینه شناسی

در کنار صنعتگران و جواهرسازان، دیرینه شناسان نیز توجه ویژه‌ای به کهربا به عنوان شواهدی از تاریخ گذشته دارند. آنچه سبب ارزشمند شدن کهربا در مطالعات دیرینه شناسی می‌شود، محتویات و ناخالصی‌های فسیلی درون آن است که میلیون‌ها سال در کهربا به دام افتاده‌اند و به دانشمندان برای بررسی نوع موجودات و حیات آن‌ها در گذشته کمک می‌کنند. تا کنون از مناطق گوناگون دنیا کهربا با محتویات فسیلی جانوری و گیاهی بسیاری گزارش شده است. قبل

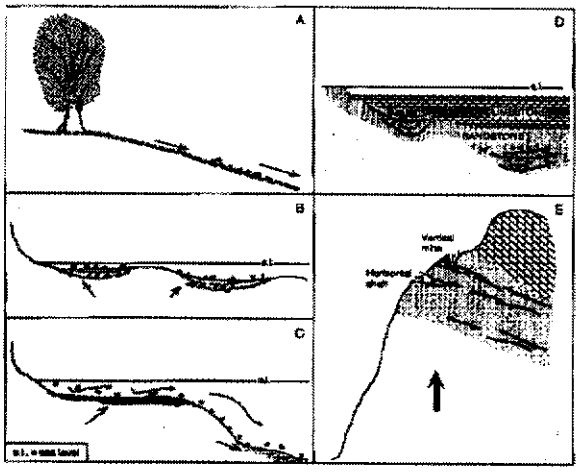
از آن‌که به انواع فسیلی درون کهربا اشاره‌ای شود، به طور مختصر تافونومی[10] کهربا را بررسی می‌کنیم. منظور از تافونومی تمامی مراحلی است که بدن جانداران پس از مرگ طی می‌کنند و معمولاً شامل سه مرحلهٔ قبل از دفن، هنگام دفن و پس از دفن می‌شود.

شکل ۱ تافونومی حشرات در کهربا را نشان می‌دهد. زمانی که جاندارانی نظیر حشرات در محیط خشکی، آبی و یا زیرزمینی در صمغ به دام می‌افتند (A)، ممکن است محل به دام افتادن جانداران و تجمع صمغ مثلاً در شکاف‌های داخلی و حفره‌های درون چوب و در زیر و بین پوست درخت باشد (B). البته زمانی که صمغ تحت فشار نباشد، امکان دارد قطرات آن به حالت استالاکتیت در آید و جریان یابد. در این زمان جاندارانی مانند حشرات در دام آن‌ها گرفتار می‌شوند (C). همچنین امکان دارد

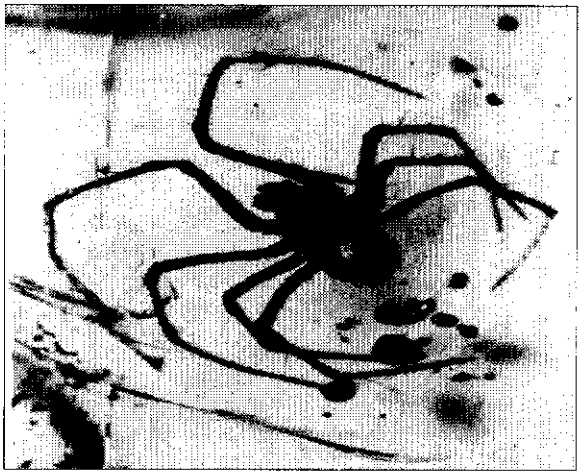


شکل ۱ : تافونومی حشرات در کهربا، مراحل A تا I از زمان به دام افتادن حشره در صمغ تا تشکیل کهربا (Martinez-Delclos, 2004).

در زیر خاک توسط ریشه‌ها و قسمت‌های هوازی درخت صمغ تولید کنند و در بن درخت و اطراف آن، توده‌های بزرگی از صمغ تجمع یابند (D). در اکثر حالات مشخص نیست که صمغ به همراه درخت فسیل شده به حوضهٔ رسوبی حمل شده و یا آن‌که به طور جداگانه حمل شده است (E). در هر صورت، در این مرحله صمغ‌ها به طور مستقیم از درخت و یا در اثر فرسایشی که در خاک‌ها رخ می‌دهد، داخل آب می‌شوند (F). نهشته‌های صمغ معمولاً به همراه رسوبات غنی از مواد آلی تجمع می‌یابند (G)، اما دیاژنز صمغ یا به عبارت دیگر، مرحله‌ای که صمغ باید طی کند تا به کهربا تبدیل شود، با دفن شدن صمغ بین رسوبات شروع می‌شود (H). بنابراین واضح است که کهربا معمولاً نابرجا بوده (I) و عامل زمان نقش بسیار مهمی در تشکیل آن دارد (Martinez-Declos, 2004). ایتورالد وینسنت (Iturrale-Vinent,2001) در مقاله‌ای چگونگی تشکیل کهربا در نهشته‌های میوسن کوبا، هائیتی، جمهوری دومنیکن، نهشته‌های الیگوسن و میوسن پورتوریکو و کرتاسه بالایی تا پالئوسن جامائیکا در آمریکای مرکزی را این چنین تشریح می‌کند (شکل ۲): صمغ توسط درختان به دلیل واکنش دزختان نسبت به برخی از حوادث خارجی اما ناشناخته تولید می‌شود. در مرحلهٔ بعد، صمغی که در معرض هوا قرار دارد، شروع به سفت شدن می‌کند و به صورت کپال از درخت روی خاک می‌افتد و در اثر



شکل ۲ . نحوهٔ تشکیل کهربا، مراحل A تا E (Iturralde-Vinent,2001).



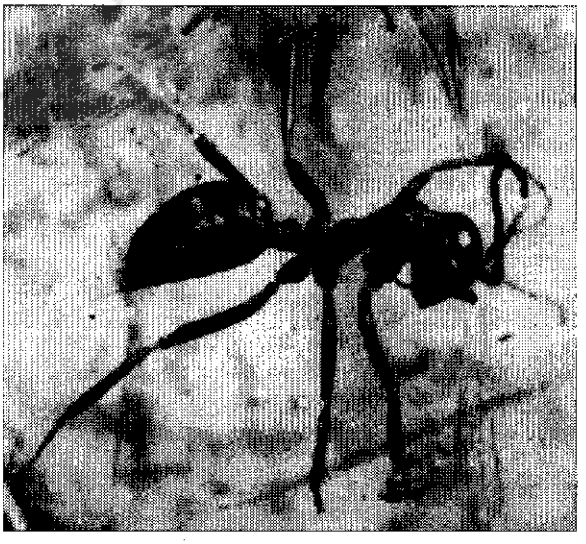
شکل ۳ . یک عنکبوت به دام افتاده در کهربا متعلق به زمان **ائوسن**، از ارکانزاس ایالات متحده (Boardman et al.,1987).

بارانهای شدید و سیل‌آسا، در اثر جریان آب شسته می‌شود و به حوضه‌های رسوبی انتقال می‌یابد (A). البته دو حالت برای انتقال کپال متصور است: یکی آن‌که در مرداب‌های ساحلی به صورت درهم آمیخته با رسوبات و بقایای گیاهان نهشته شده است (B)، و یا آن‌که توسط رودخانه‌ها به حوضه‌های دریایی حمل شده و احتمالاً در محیط‌های متفاوتی به جا گذاشته شده‌اند (C). در مرحلهٔ بعد، در حقیقت تدفین کپال در اعماق زیاد به همراه عامل زمان (میلیون‌ها سال)، حرارت و فشار زیادی را به‌وجود آورده که به تغییر کپال به کهربا، بقایای گیاهی به نهشته‌های زغالی، و رسوبات به سنگ منجر شده است (E).

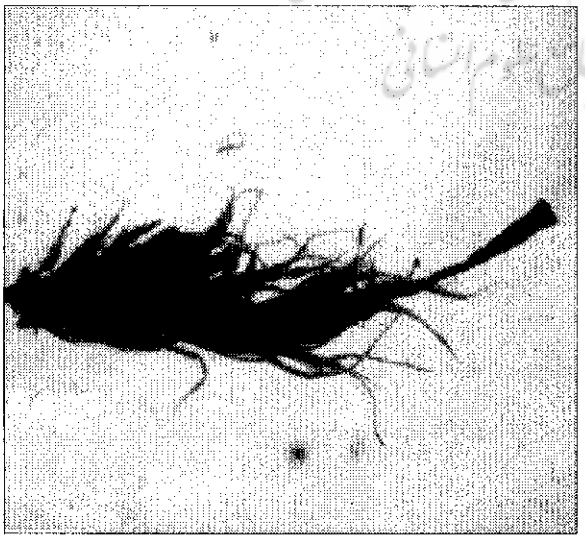
بررسی موجودات محبوس شده در کهربا نشان می‌دهد که بیش‌ترین آثار، مربوط به حشرات هستند. البته آثار دیگری همچون مارمولک کوچک، قورباغه، موی پستانداران، ستون مهره و دندان‌های موش، از نمونه‌های فسیلی یافت شده از جانوران مهره‌دار کهربا هستند (Platt, 20004).

دیرینه‌شناسان به راحتی می‌توانند بر اساس محتویات فسیلی کهربا، سن آن را تعیین کنند، برای مثال **کرویکشنگ وکو** (Cruickshank and Ko, 2003) توانستند با یافتن حشره‌ای به دام افتاده در کهربا در شمال کشور میانمار در شرق آسیا، سن کهربا را کرتاسه (تورونین ـ سنومانین) تعیین کنند. با توجه به حفظ شدگی خوب نمونهٔ فسیلی، آن‌ها ادعا کردند که علاوه بر تعیین سن، نمونهٔ فوق‌الذکر کمک شایان توجهی نیز به مطالعهٔ زیست‌شناسی تکاملی[11] و تحول[12] حشرات می‌کند.

همچنین باز و ارتونو (Baz and Ortuno, 2001) سه گونه و دو جنس جدید از حشرات را از درون کهربایی متعلق به شمال اسپانیا و با سن کرتاسه گزارش کردند و با یافتن آن‌ها توانستند ارتباطی را بین حشرات هم خانواده در زمان کرتاسه و الیگوسن بیابند. **لورنکو** (Lourenco,2003) نیز توانست بر اساس فسیل عقرب محبوس شده



شکل ۴ . قدیمی‌ترین فسیل مورچه شناخته شده که در کهربای متعلق به زمان کرتاسه به تله افتاده است. (Boardman et al.,1987)



شکل ۵ . فسیل خزهٔ گیان
(a: Trachycystis microphylla; b:Hypnodontopsis fossilis) (Frahm, J.-P.,2004).

در کهربا در کشور فرانسه، سن آن را کرتاسهٔ پیشین تعیین کند.

با بررسی آثار فسیلی گزارش شده در درون کهربا، به حیواناتی از قبیل عنکبوت (شکل۳)، مورچه (شکل۴)، سوسک و... برمی‌خوریم که بدن آن‌ها به‌خوبی حفظ شده است و به محققان این اجازه را می‌دهد که از آن‌ها برای درک مفاهیم زیست شناسی تکامل و تحول، پالئواکولوژی، محیط شناسی دیرینه، پالئوژئوگرافی و آب و هواشناسی دیرینه استفاده کنند.

از طرف دیگر، گزارش‌هایی در مورد آثار و بقایای گیاهان در کهربا به خصوص در مورد خزهٔ گیان (Frahm, 1996;2000;2004) و کوتیکول گیاهان آلی (Gomez et al.,2002) وجود دارد. به طوری که فرام (Frahm,2004) بزرگ‌ترین مجموعه از خزهٔ گیان را از منطقهٔ بالتیک و ساکسون (Baltic and Saxon) با سن ائوسن و شامل ۵۵ نمونه گزارش کرد (شکل۵). گومز و همکاران (Gomez et al.,2002) نیز برای اولین‌بار کهربایی با سن کرتاسه را از آفریقا گزارش کردند که در آن کوتیکول گیاهان عالی به خوبی حفظ شده است. همچنین واگنر (Waggoner, 1994) توانست کهربایی را با سن کرتاسهٔ پسین از می سی سی پی ایالت متحده بیابد که آثار فسیلی از جلبک و اسپور قارچ در آن وجود داشت.

در خاورمیانه نیز تعداد آثار فسیلی گزارش شده در کهربا معدود بود. برخی از آن‌ها مانند عقرب محبوس شده در کهربا، از کشور لبنان (Lourenco, 2001) و اولین فسیل حشره با سن کرتاسه از کشور اردن (Bandel et al.,1997) هستند. تا کنون گزارشی از کهربا و آثار فسیلی درون آن از ایران نشده است، اما با توجه به گسترش جنگل‌های گرم و مرطوب در زمان تریاس پسین و ژوراسیک پیشین در بعضی نواحی ایران، می‌توان انتظار یافتن کهربا را در نهشته‌هایی با سن فوق داشت.

* عضو هیأت علمی گروه زمین‌شناسی ـ دانشگاه تربیت معلم تهران

زیرنویس

1. Amber	2. Resin	3. Arabic gum
4. Dammar	5. Mastic	6. Myrrh
7. Rosin	8. Sandarach	9. Copal
10. Taphonomy	11.phylogeny	12. Evolution

منابع

Bandel,K., Shinaq,R.and Weilschat, W.,1997. First insect inclusions from the amber of Jordan (Mid Cretaceous). Mitt. Geolg.-Palaeont. Inst. Univ. Hamburg, 80,pp.213-223.

Baz, A.and Ortuno, V.M.2001. New genera and species of empheriids (Psocoptera: Empheriida) from the Cretaceous amber of Alava, northern Spain, Cretaceous Research, vol.22,Issue 5,pp.575-584.

Boardman, R.S., Cheetham, A.H. and Rowell, A.J., 1987. Fossil invertebrates, Blackwell scientific Publication, pp.264,267.

Cruickshank, R.D.and Ko, K.,2003. Geology of an amber locality in the Hakawang Valley, Northem Myanmar, Journal of Asian Earth Sciences, vol. 21, Issue5, pp.441-445.

Frahm, J.-P.,1996. Mosses newly recorded from SAxonian amber. Nova Hedwig. 63, pp.525-527.

Frahm, J.-P.,2000. New and interesting records of mosses from Baltischem benstein. Hausskechtia, 9,pp.129-132.

Frahm, J.-P.,2004. A new contribution to the moss flora of Baltic and Saxon amber, , Review of Palaeobotany and Palynology, vol. 129,Issues 1-2,pp.81-101.

Gomez, B., Bamford, M. and Martinez-Delclos, X.,2002. Lower Cretaceous Plant cuticles and amber (Kirkwwod Formation, South Africa), Comptes Rendus Palvol., Vol. 1,2,pp083-87.

Iturralde-Vinent, M. A.,2001. Geology of the amber -bearing deposites of the Greater Antilles, Caribbean Journal of Science, Vol. 0,No.0,pp.141-167.

Johnson, T., 2004. Amber: Just what is it anyway?, http://www.uky.edu/Arts Sciences/Geology/webdogs/amber/science/science.html.

Lourenco, W.R.,2003. The first scorpion fossil from the Cretaceous amber of France. New Implications for phylogeny of Chactoidea. Comptes Rendus Palvol., vol.2,3,pp.213-219.

Lourenco, W.R.,2002. The first scorpion fossil from the Cretaceous amber of France. New Implications for phylogeny of Chactoidea. Comptes Rendus Palvol., 1,pp.97-101.

Lourenco,W.R.,2001. A remarkable scorpion fossil from the amber of Lebanon. New Implications for phylogeny of Buthoidea. Comptes Rendus Acad. Sci. Paris., IIa 332,pp. 641-646.

Martinez - Delclos, X.,2004. Taphonomyof insect in carboates and amber, Palaeogeography, Palaeoecology, Palaeoecology, vol. 203, 1-2, pp.19-64.

Platt,G.,1997. Properties of amber, http://www.gplatt.demon.co.uk/map.htm

Platt,G.,1998a. What is amber?,http://www.gplatt.demon.co.uk/whatis. htm.

Platt,G.,1998b. Type of amber,copal and resin, http://www.gplatt.demon.co.uk/typesof. htm.

Platt,G.,2004. Amber-frozen moments in time,http://www.ganoksin.com/borisat/nenam/amber.htm.

Waggoner,B.M.,1994. Fossil microorganisms from Upper Cretaceous amber of Mississippi, Review of Palaeobotany and Palynology, vol. 80,Issues 1-2,pp.75-84.