کپرولیت و اهمیت آن در زمین شناسی

جهانبخش دانشیان ـ لیلا رمضانی دانا*

مقدمه

اجساد، بقایا و آثار جان‌دارانی را که در گذشته می‌زیسته‌اند، «فسیل» می‌نامند. بر این اساس، فسیل‌ها به دو دسته‌ی فسیل‌های اندامی[1] و فسیل‌های اثری[2] گروه‌بندی می‌شوند. «کپرولیت» جزو فسیل‌های اثری است. در حقیقت کپرولیت مواد دفعی جانورانی است که در زمان‌های گذشته می‌زیسته‌اند و آثار آن بین رسوبات به‌صورت فسیل باقی مانده‌اند. شاید تصور این‌که مواد دفعی نیز می‌توانند اطلاعات بسیار مهم و زیادی درباره‌ی حیات گذشته در اختیار ما قرار دهند، کمی دور از ذهن باشد، اما در واقع این فسیل‌ها می‌توانند، ما را در بازسازی حیات گذشته یاری کنند و اطلاعات مفیدی درباره‌ی رژیم غذایی، جانوران ساختار بدنی آن‌ها و در نهایت درباره‌ی تعیین سن نسبی لایه‌های رسوبی در اختیار ما قرار دهند. این فسیل‌ها اهمیت ویژه‌ای در آشکار کردن شرایط محیط زندگی جانورانی مانند دایناسورها دارند؛ به‌ویژه زمانی که بقایای فسیلی دیگری به جز کپرولیت از آن‌ها در دسترس نباشد.

کپرولیت چیست؟

وقتی که مواد مصرف شده توسط جانوران هضم شد، مواد اضافی باقی مانده در دستگاه گوارش در اکثر آن‌ها، از انتهای بدن خارج می‌شود که این مواد دفعی می‌توانند به‌صورت مایع، جامد و یا گاز باشند. زمانی‌که مواد دفعی جامد باشند، به آن‌ها «مدفوع»[3] گویند و مطالعه‌ی آن‌ها نیز «Scotology» نامیده می‌شود. [۷] کپرولیت در واقع همین مواد دفعی هستند که به‌صورت فسیل حفظ شده‌اند. ریشه‌ی کپرولیت، کلمات یونانی Kopros و Lithos هستند که معنای تحت لفظی آن‌ها «کود سنگی»[4] است. کپرولیت در واقع اثرات فسیلی است که می‌تواند اطلاعات قابل توجهی از نظر محتوای تغذیه‌ای و

عادت‌های غذایی و اکولوژی تولید کننده‌های خود در اختیار ما قرار دهد [۴].

کپرولیت‌ها که امروزه به آن‌ها «پالئوفس»[۵] یا مدفوع‌های قدیمی نیز گفته می‌شود، در مطالعه‌ی حیات برخی جانوران نظیر دایناسورها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده‌اند و موضوع تحقیقات بسیاری از دانشمندان هستند. آن‌ها به تشخیص رفتار تغذیه‌ای دایناسورها کمک زیادی کرده‌اند[۶]؛ به‌طوری که وجود قطعات گیاهان در آن‌ها نشانه‌ی رژیم غذایی گیاهی[۶] قطعات استخوان و دندان، نشان‌دهنده‌ی رژیم غذایی گوشت‌خواری[۷] است. برخلاف بعضی از جانوران امروزی که رژیم غذایی گیاه‌خواری-گوشت‌خواری[۸] دارند، تاکنون برای هیچ دایناسوری این نوع رژیم غذایی مشخص نشده و آن‌ها یا از گیاه و یا فقط از جانوران صید شده تغذیه می‌کردند. کپرولیت‌ها، هم چنین نشان‌دهنده‌ی محیط‌هایی هستند که دایناسورها در آن‌جا حضور داشته‌اند. چون گاهی هیچ اثر فسیلی درباره‌ی آن‌ها در منطقه وجود ندارد و تنها کپرولیت آن‌ها می‌تواند تعیین کننده‌ی حضور آن‌ها باشد.

اولین کپرولیت را، ویلیام باکلند[۹] (۱۸۲۹) در نهشته‌های ژوراسیک (لیاس) انگلستان گزارش کرد [۸]. احتمالاً وی اولین دانشمندی بوده که این اثرات فسیلی را پیدا و توصیف نموده است. البته ابتدا تصور می‌شد، این‌ها مخروط‌های کاج فسیل شده‌اند [۲]، اما بعدها این کپرولیت‌ها به صورت سیب‌زمینی قلوه‌ای شکل توصیف شدند که دارای ۵ تا ۱۰ سانتی‌متر طول و ۲/۵ تا ۵ سانتی‌متر قطر دارند [۶].

ویژگی کپرولیت‌ها

این فسیل‌ها به دو گروه گیاهی و جانوری تقسیم‌بندی می‌شوند و مبنای آن، رژیم تغذیه از گیاه‌خواری و یا گوشت‌خواری است. کپرولیت‌های گیاهی معمولاً ساقه، برگ‌ها و دانه‌های حفظ شده از گیاهانی را که گاه منقرض شده‌اند، دربر دارند. استفاده از این نوع کپرولیت به ما درباره‌ی گیاهان خورده شده و پراکندگی جغرافیایی و چینه‌شناسی این گیاهان در گذشته و نهایتاً زمان نسبی لایه‌ها کمک می‌کند. از کپرولیت‌ها هم‌چنین می‌توان برای شناسایی انگل‌های تغذیه‌ای حیوانات استفاده کرد و اطلاعاتی درباره‌ی سلامتی حیوانات و بیوشیمی آن‌ها به‌دست آورد. دانشمندان حتی می‌توانند، DNA را از آن استخراج و بررسی کنند و تولیدکننده کپرولیت را به‌ویژه زمانی که ناشناخته است، شناسایی کنند. از طرف دیگر همان‌طور که زیست‌شناسان بر اساس مدفوع جانوران در یک منطقه می‌توانند ایده‌هایی را درباره‌ی اجتماع حیوانات به‌دست بیاورند، فسیل‌شناسان نیز می‌توانند با مطالعه کپرولیت‌ها به این گونه اطلاعات و ویژگی‌ها دست یابند.

کپرولیت‌ها دارای مواد گیاهی از قبیل سلولز، همی‌سلولز و لیگنین هستند. بدیهی است، مواد گیاهی برای هضم شدن به مسیر طولانی هضم و حضور میکروارگانیسم‌ها نیاز دارند. اما این مواد اغلب در طول فسیل شدن تخریب و فاسد می‌شوند. گاه امکان دارد، کپرولیت‌ها توسط مواد دیگری مانند کلسیم و سیلیس جانشین شوند. از این‌رو بیشتر کپرولیت‌ها مربوط به جانوران گوشت‌خوار اند. در کپرولیت گوشت‌خواران قطعاتی از دندان، استخوان، فلس ماهی و یا صدف نرمتنان یافت شده است. این مواد اغلب ترکیب فسفاتیک و مقدار زیادی فسفات کلسیم دارند که از هیدروکسی آپاتیت استخوان‌ها مشتق شده و به حفظ شدگی کپرولیت کمک می‌کنند. اگرچه تشخیص نوع حیوان صید شده در کپرولیت مشکل است، اما اگر این شناسایی انجام شود، می‌تواند برای تعیین نوع حیوانی که در زمان مشابه و ناحیه‌ی مشابه با جانور شکارچی می‌زیسته و حتی پراکندگی جغرافیایی و زمین‌شناسی جانور بسیار مفید باشد و به تعیین سن لایه‌ها کمک کند. [۳]

علاوه بر این گروهی از کپرولیت‌ها دارای مواد مختلف و متنوعی از قبیل هاگ و دانه گرده، «فیتولیت»[۱۰]، نشاسته، انگل و تخم آن‌ها هستند. وجود دانه گرده در کپرولیت‌ها می‌تواند نشان‌دهنده‌ی گیاهانی باشد که به‌عنوان غذا مورد استفاده قرار می‌گرفتند. در بعضی از کپرولیت‌ها، تعداد و تنوع دانه‌های گرده قابل ملاحظه و ممکن است نشان‌دهنده‌ی دانه‌های گرده ته‌نشین شده از غذاهای قبلی در روده باشد، زیرا که دانه‌های گرده می‌توانند به‌مدت سه روز یا بیشتر در روده بمانند و در سری‌های بعدی دفع به‌طور هم‌زمان دیده شوند [۵].

قدیمی‌ترین کپرولیتی که تاکنون شناخته شده، مربوط به‌زمان سیلورین (حدود ۳۹۵ تا ۴۳۵ میلیون) است. در آن زمان، حیوانات مهره‌دار کمی حضور داشتند و کپرولیت‌های به‌دست آمده تنها متعلق به ماهی‌ها (از قبیل کوسه‌ها) هستند.

حفظ شدگی کپرولیت‌ها، هم‌چون سایر فسیل‌ها، به روش دفن وابسته است. مطالعات نشان می‌دهند که کپرولیت‌های جانوری به‌ویژه دایناسورهای گوشت‌خوار[۱۱] حفظ شدگی بهتری نسبت به دایناسورهای گیاه‌خوار دارند. زیرا کپرولیت گوشت‌خواران دارای مواد استخوانی حیوانات صید شده و مواد معدنی بالایی هستند و در نتیجه، شرایط فسیل شدگی بهتری دارند. نوع فسیل شدگی بیشتر کپرولیت‌ها کانی‌زایی[۱۲] است و استخوان، دندان، صدف و گاه و به‌ندرت غضروف (مانند کوسه‌ها) با کانی‌ها به‌ویژه کلسیم و سیلیس، جای‌گزین می‌شوند و حفظ شدگی خوبی پیدا می‌کنند. اما در عوض، در این شرایط تجزیه‌ی آن‌ها به‌منظور دست یافتن به داده‌های بیوشیمیایی بسیار

محدود و دشوار است و گاه امکان‌پذیر نیست. البته گروهی دیگر از کپرولیت‌ها با خشک شدن باقی می‌مانند. که این نوع فسیل شدگی، پایداری کمی دارد و عوامل دیاژنتیکی، به سرعت آن‌ها را تخریب می‌کند. بدیهی است، خشک شدن این امکان را به ما می‌دهد که بتوانیم کپرولیت‌ها را از نظر بیوشیمیایی بررسی در این حالت، برای به‌دست آوردن اطلاعات از روش مغناطیس هسته‌ای[۱۳] (NMR) استفاده می‌شود که براساس بخش‌های مغناطیسی هسته اتم‌ها بنیان گذاشته شده است. سن کپرولیت‌های خشک شده را می‌توان با استفاده از ایزوتوپ کربن ۱۴ تعیین کرد.

کپرولیت‌ها از محیط‌های دریایی، آب شیرین و رسوبات تخریبی یافت شده‌اند و گاهی فسیل شناسان توانسته‌اند، کپرولیت‌هایی با سن پلئیستوسن (۱٫۸ میلیون سال تا ۱۰ هزار سال پیش) را به حالت‌های خشک شده در درون غارها بیابند. معمولاً بهترین محیط‌های حفظ‌کننده کپرولیت‌ها دشت‌های سیلابی[۱۴] و به‌ویژه قسمت خشک دشت‌های سیلابی است، زیرا که با طغیان رودخانه سریع دفن می‌شوند. محققان توانسته‌اند در چنین محیط‌هایی، کپرولیت‌هایی بزرگ (حدود ۴۰ سانتی‌متر قطر) از دایناسورها با سن ژوراسیک بیابند.

علاوه بر دشت‌های سیلابی، از محیط‌های مناسب دیگر می‌توان از آبگیرها یا چاله‌های کوچک‌های آب، باتلاق‌ها و جریان‌ها و نواحی گلی دهانه‌ی رودها و یا دریاچه‌ها نام برد[۳].

ریخت‌شناسی کپرولیت‌ها:

کپرولیت‌ها از نظر شکل تنوع زیادی دارند و این تنوع انعکاس دهنده‌ی تنوع حیواناتی است که آن‌ها را تولید کرده‌اند. البته رژیم غذایی و تغییرات آن و شرایط ژنتیکی نیز در این امر مؤثر است. آن‌ها از نظر ریخت‌شناسی شامل اشکال استوانه‌ای، دوکی، کروی، پیچشی و انواع آمورف و بی‌شکل هستند[۳]. روی سطح گروهی از کپرولیت‌ها، شیارها و خطوطی دیده می‌شوند که ممکن است مستقیم یا مارپیچی باشند [۱]. این شیارها و خطوط به دو صورت دیده می‌شوند: گروهی که منظم و در واقع شبیه کانال‌های موازی هم هستند و توسط حشرات و لارو آن‌ها ساخته شده‌اند و تفسیر و نحوه شکل‌گیری آن‌ها را «کپروفاگی»[۱۵] گویند. گروه دوم حفرات نامنظمی هستند که ممکن است، در اثر حمل و نقل کپرولیت‌ها قبل از دفن نهایی ایجاد شده باشند و یا مربوط به قطعات استخوانی باشند که در لایه‌ی سطحی کپرولیت‌ها بوده‌اند و هنگام انتقال و جابه‌جایی از جای خود بیرون آمده‌اند [۵]. علاوه بر حفرات، شیارها و خطوطی نیز در سطح کپرولیت‌ها وجود دارند که گاهی تحت تأثیر عوامل هوازدگی و دیاژنتیکی از بین می‌روند. گروه مهمی از این شیارها، که در کپرولیت‌های ائوسن کشف و مطالعه شده‌اند، توسط برخی از محققان مانند **بردلی**[۱۶] ۱۹۴۶ [۱۱] به سوسک‌های کود[۱۷] نسبت داده شده است. **چین و گیل**[۱۸] [۱۲] نیز این شیارها و تونل‌ها را در کپرولیت‌های دایناسورها بررسی کردند. به عقیده آن‌ها نیز، این آثار توسط سوسک‌های کود که بسیار شبیه سوسک کود امروزی بوده‌اند، ایجاد شده‌اند. امروزه نیز این سوسک‌ها روی مدفوع گیاه‌خواران یافت می‌شوند. چین و گیل با توجه به مطالعات و مشاهدات خود نتیجه گرفتند وجود این تونل‌ها در کپرولیت‌ها نشان دهنده آن است که سوسک‌های کود هم‌زمان با دایناسورها و قبل از حضور مؤثر پستانداران در اکوسیستم دوره پالئوژن و در آن محیط با دایناسورها ارتباط داشته‌اند. محققان با مطالعه کپرولیت‌ها به این نتیجه دست یافتند که حاضر بوده سوسک‌های کود ابتدا با توسعه پستانداران علف‌خوار بزرگ در خشکی ظاهر شده‌اند. این نظر مشخص می‌کند که کپرولیت‌ها حتی می‌توانند، شواهدی را در ارتباط با روابط بین موجودات در محیط‌های زیست گذشته ارائه کنند [۳].

اندازه کپرولیت‌ها متفاوت است و از قطر ۴۰ سانتی‌متر تا قطر کمتر از ۱ سانتی‌متر یافت می‌شوند. کپرولیت‌های کوچک و منفرد را که قطر کمی دارند، پلت[۱۹] می‌گویند. گاهی پلت‌ها با هم ادغام می‌شوند و یک کپرولیت بزرگ ایجاد می‌کنند [۳]. البته باید توجه داشت که گاهی اندازه کپرولیت‌ها هیچ ارتباطی به اندازه و وزن بدن موجود تولیدکننده آن ندارد.

یکی از سخت‌ترین بخش‌های مطالعه کپرولیت‌ها، مشخص کردن حیوان تولید کننده آن است. در صورتی که توده‌های دفعی روده در حفره بدنی جانور یافت شوند، شناسایی حیوان امکان‌پذیر است.

البته غیر از این مورد، موارد دیگری وجود دارند که به مشخص کردن جانور تولیدکننده آن کمک می‌کنند. برای مثال، ریخت‌شناسی و اندازه کپرولیت می‌تواند یکی از آن‌ها باشد. اگرچه اندازه کپرولیت‌ها می‌تواند اطلاعاتی درباره‌ی حیوانات تولیدکننده ارائه کند، اما تفاسیر اندازه باید با دقت انجام شوند. هر چند مقدار مواد دفعی وابسته به اندازه بدن است، اما تطابق مستقیم ممکن است خالی از اشتباه نباشد. برای مثال، ممکن است یک کپرولیت کوچک در اثر شکسته شدن یک توده دفعی بزرگ‌تر ایجاد شده باشد. به‌علاوه، بعضی از حیوانات بزرگ، پلت‌های دفعی کوچک ایجاد می‌کنند، اما حیوانات کوچک نمی‌توانند توده دفعی بزرگ‌تر تولید نماید [۳].

شکل کپرولیت‌ها اگر از اشکال پیچشی[۲۰] باشد، می‌تواند به‌طور قابل قبولی به شناسایی حیوان تولیدکننده آن کمک کند. زیرا کپرولیت‌های مارپیچی اغلب مربوط به ماهی‌ها، به‌ویژه

شش‌داران و کوسه‌ها هستند، اما اگر حیوان تولیدکننده دارای کپرولیت‌هایی با اشکال ساده و عادی باشد، شناسایی حیوان مشکل می‌شود [۱].

کپرولیت‌های مارپیچی از مناطق متفاوت و از نهشته‌های پالئوزوئیک و مزوزوئیک گزارش شده‌اند و گسترش و پراکندگی این نوع کپرولیت نشان می‌دهد که محیط‌های آبی، پتانسیل خوبی برای حفظ کردن آن‌ها دارند. از طرف دیگر، می‌توان حدس زد که کپرولیت‌های غیرپیچشی بیشتر مربوط به حیوانات مهره‌دار خشکی هستند [۳].

مطالعه‌ی کپرولیت‌ها

کپرولوژی[۲۱] علمی است که به مطالعه مواد دفعی فسیل شده جانوران می‌پردازد. در مراحل اولیه‌ی مطالعه، ابعاد کپرولیت اندازه‌گیری می‌شود و محیط و شکل کپرولیت‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد. ریخت‌شناسی اثرات هاضمه‌ای به وسیله‌ی اندازه کپرولیت‌ها آشکار می‌شود و این اثرات سطحی، شامل خطوط عمودی و موازی هم و خطوط افقی است. هم‌چنین، مقدار قطعات استخوان و اندازه آن‌ها و مقدار و تمرکز فسفات کلسیم در آزمایش‌های ماکروسکوپی و میکروسکوپی مشخص می‌شود [۵].

علاوه بر آثار روی سطح کپرولیت‌ها درون آن‌ها نیز آثار و مشخصه‌هایی وجود دارند که در مطالعه مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای مثال، درون بعضی از آن‌ها حفراتی وجود دارد که توسط مصرف‌کننده‌های مواد ارگانیکی در مدفوع اولیه ایجاد شده‌اند و این آثار به فهم چرخه‌های غذایی کمک می‌کنند. علاوه بر این آثار، فضاهای خالی دیگری نیز در کپرولیت‌ها وجود دارند که ممکن است حباب‌های هوایی باشند که در اثر تخریب مواد آلی و خروج گاز ایجاد شده‌اند. البته باید توجه داشت که گاهی فرسایش و هوازدگی، ویژگی‌های سطح و قسمتی از خصوصیات ریخت‌شناسی کپرولیت‌ها را از بین می‌برد و دیگر نمی‌توان از این ویژگی‌ها در مطالعات استفاده کرد. روش آماده سازی نمونه در آزمایشگاه به این صورت است که ابتدا روی نمونه‌ها اندازه‌گیری‌های دقیق انجام می‌گیرد و سپس نمونه‌ها با استون شسته می‌شوند. در مرحله‌ی بعد، نمونه‌ها با پمپ تخلیه خشک و برای مطالعه با میکروسکوپ الکترونی به روش‌های متداول آماده می‌شوند. میکروسکوپ الکترونی به ما اجازه می‌دهد که بتوانیم، ساختارهای ریز در کپرولیت‌ها را شناسایی کنیم و قطر حفرات درون آن را اندازه بگیریم. این حفرات در ارتباط با گازهای خارج شده از مدفوع هستند و می‌توانند اطلاعاتی درباره‌ی رژیم غذایی جانور در اختیار ما بگذارند [۵].

گوانو[۲۲] کپرولیت پرندگان

مواد دفعی پرندگان که برای انسان‌ها به‌عنوان کود باارزش هستند، «گوانو» نامیده می‌شوند. این اصطلاح از کشور پرو منشأ گرفته است و برای موادی که پرندگان دفع می‌کردند و غنی از مواد آلی و معدنی بود، و به ویژه در مورد مدفوع پلیکان‌ها و پرندگان دریایی به‌کار برده می‌شد. بعدها استفاده از این کلمه گسترش یافت و حتی برای فضولات خفاش‌ها(پستاندار) در کف غارها جمع می‌شدند نیز استفاده شد. صدها سال پیش، کشاورزان جنوب امریکا پی به ارزش گوانو بردند و از گوانو موجود در خطوط ساحلی و جزایر، به عنوان کود برای زمین‌های کشاورزی خود استفاده می‌کردند. بعدها استفاده از گوانو گسترش یافت، به‌طوری که امروزه یکی از اقلام صادراتی به شمار می‌رود.

جالب است بدانید، گوانو خفاش تاریخچه‌ی طولانی در کشاورزی و اقتصاد کشور کوبا دارد. حتی امروزه، گوانو خفاش‌ها در غارها در آمریکا و آسیا به‌عنوان بهترین کود ارگانیکی شناخته می‌شود. دلیلی که گوانو خفاش به‌عنوان یک کود ایده‌آل مطرح است، ترکیب و ساختار شیمیایی آن است. به‌علاوه، این گوانوها درون غارها به‌جا گذاشته و حفظ می‌شوند و باد و نور خورشید آن‌ها را به سرعت تجزیه نمی‌کنند. گوانو از نظر ترکیبات، غنی از نیتروژن و فسفات است. برای زمین‌های کشاورزی بسیار اهمیت دارد و با داشتن قارچ‌ها و باکتری‌های سودمند، گیاهان را در برابر بیماری‌ها حفاظت می‌کند. گوانو به‌عنوان یک کود کشاورزی و یک منبع کلیدی برای صادرات، به‌ویژه در ایالات متحده مطرح است؛ به‌طوری که کشاورز می‌تواند، یک رنگ خاصی از گوانو، گوانو یک گونه‌ی خاص خفاش، گوانو یک مکان خاص، و حتی نوع خاصی از ترکیبات شیمیایی گوانو را درخواست کند[۹].

کپرولیت دایناسورها

تا کنون کپرولیت‌های زیادی از نهشته‌های مزوزوئیک یافت شده‌اند اما نمونه‌های کمی از آن‌ها را می‌توان به‌طور قطع به دایناسورها نسبت داد. علت آن در واقع، پیچیده بودن شناسایی دقیق کپرولیت دایناسورهاست. تشخیص نوع جانوری که در زمان مزوزوئیک در کنار تعداد زیادی از حیوانات دیگر حضور داشته، مشکل است؛ به‌ویژه زمانی که کپرولیت از نوع فسفاتیک، متوسط اندازه و غیرپیچشی باشد. در واقع این نوع کپرولیت، علاوه بر

دایناسورها، توسط تعدادی دیگر از مهره‌داران گوشت‌خوار از قبیل لاک‌پشت‌ها، سوسمارها و ماهی‌ها نیز تولید می‌شده است. اما کپرولیت‌های بزرگ را قاطعانه می‌توان به دایناسورها نسبت داد. البته باید مطمئن بود که می‌توان به توده‌ی یافت شده حقیقتاً نام کپرولیت را داد؛ گاهی توده‌های نودولی و پیازی شکل سیلیسی که در نهشته‌های ژوراسیک وجود دارند، توسط گروهی از محققان به کپرولیت‌های دایناسورها نسبت داده شده‌اند. اما با آزمایشات دقیق‌تر می‌توان فهمید که این نمونه فاقد مواد آلی و سایر ویژگی‌های مواد دفعی است و به دایناسورها ارتباطی ندارد برخلاف کپرولیت‌های جانوری، شناسایی جانوران تولیدکننده کپرولیت‌های گیاهی در زمان مزوزوئیک آسان‌تر است، زیرا که تعداد جانوران گیاه‌خوار هم‌زمان با دایناسورها کم بوده است [۳].

همان‌طور که قبلاً اشاره شد، بیشتر کپرولیت‌های حفظ شده مربوط به گوشت‌خواران بوده‌اند و اکثر آن‌ها آثار استوانه‌ای شکل دارند. این نوع کپرولیت‌ها مربوط به چهار گروه از گوشت‌خواران، شامل: فیتوسورها[۲۳]، رایسوچین‌ها[۲۴]، تروپودها[۲۵] و متوپوسورها[۲۶] هستند. این گروه‌ها دارای کپرولیت‌هایی فاقد فشردگی بوده‌اند، و به عقیده‌ی والدمن و هوپلاینز[۲۷] [۱۳] این گروه از کپرولیت‌ها در آب به‌جا گذاشته شده‌اند. نواحی دشت‌های سیلابی در واقع محل سکنای هر کدام از این چهار گروه هستند [۵] (شکل‌های ۱ تا ۳) [۱۴].

یکی از جدیدترین تحقیقاتی که امروزه فسیل‌شناسان روی کپرولیت‌ها انجام می‌دهند، مطالعه‌ی DNA گیاهی است که جانور از آن تغذیه کرده است. این مطالعه که توسط تکنیک «RCR»[۳۰] انجام می‌شود، به دقت و با سرعت از قسمت خاصی از DNA کپی‌های متعدد تهیه می‌کنند و ساختمان شیمیایی DNA را می‌سازند و دو برابر می‌کنند و سپس DNA بدست آمده را مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌دهند. به کمک این فناوری جدید می‌توان به اطلاعات جالب‌توجهی در خصوص تغییرات جانور در محیط پی برد و علل انقراض گروهی برخی از آن‌ها را در گذشته، مشخص ساخت. برای مثال، این تغییرات می‌توانسته‌اند، باعث ایجاد بیماری در گروهی از جانوران و سبب مرگ آن‌ها شده

شکل ۱. یک دایناسور گوشت‌خوار از فیتوسورها (*Phytosaurs :fie-toe-sores*). این خزندگان شبیه کروکودیل بودند و طول آن‌ها به ۱۲ متر می‌رسد. اغلب از ماهی‌ها و بقیه‌ی جانوران تغذیه می‌کردند.

شکل ۲. دیپلودوکوس[۲۸]، یکی از دایناسورهای گیاه‌خوار در زمان ژوراسیک را نشان می‌دهد. این جانور با گردن و دم بسیار دراز طولی در حدود ۲۷ متر داشته که ۶ متر از آن متعلق به گردن بوده و تصور می‌شود وزنی بین ۱۰ تا ۱۶ تن دارا بوده است.

پرتال جامع علوم انسانی

شکل ۳. اولترازوروس[۲۹] از دایناسورهای گیاه‌خوار را نشان می‌دهد. این جانور در زمان کرتاسه پیشین می‌زیسته و با طولی بیش از ۳۰ متر و ارتفاع ۱۸ متر و احتمالاً وزنی در حدود ۱۵۲ تن، شاید بزرگ‌ترین دایناسور شناخته شده باشد.

باشند، مطالعه‌ی کپرولیت و DNA بقایای گیاهان مصرف شده می‌تواند، حتی تغییرات عادت غذایی جانور را که متأثر از شرایط محیطی بوده نشان دهد. البته هنوز دانشمندان موفق نشده‌اند، با مطالعه‌ی DNA به شناسایی ویروس‌ها و انگل‌هایی که با جانور هم‌زیستی داشته‌اند، پی ببرند. این فناوری جدید نوپاست و هنوز به مطالعات زیادی برای پاسخ به بسیاری از سؤالات نیاز دارد. [۱۰]

* گروه زمین شناسی دانشگاه تربیت معلم

پی نوشت

1. Body fossils
2. Trace fossils
3. Scot or Feca
4. Dung- stone
5. Paleofeces
6. *Herbivorous diet*
7. *Carnivorous diet*
8. *Omnivorous diet*
9. William Buckland
10. (Phytolith) فیتولیت‌ها اشکال ایال واگزالات‌های کلسیم هستند که در گروه‌های متفاوت مواد غذایی، از قبیل ذرت و گندم دیده می‌شوند. این مواد حفظ کننده‌های فوق‌العاده خوبی برای تشکیل کپرولیت‌ها به شمار می‌روند [۶].
11. *Theropods*
12. Permineralization
13. Nuclear Magnetic
14. Flood Plains
15. Coprophagy
16. Bradley
17. Dung beetle
18. Chin & Gill
19. Pellet
20. Spiral
21. Coprology
22. Guano
23. *Phytosaurs*
24. *Rauisuchians*
25. *Theropods*
26. *Metoposaurs*
27. Hoplains
28. *Diplodacus*
29. *Ultrasaurus*
30. Research Computing Resource

منابع

1. http://www.njfossils.net/othershark.html
2. http://www.hoopermuseum.earthsci.carleton.ca/david/cop1a.html
3. Chin, K., (1996). The paleobiological implications of herbivorous dinosaur coprolites; ichnologic, petrographic, and organic geochemical investigations. *Unpublished Ph. D. dissertation, University of California, Santa Barbara;* Santa Barbara, California, 162 p.
4. http://www.hoopermuseum.earthsci.carleton.ca/david/cop1.html
5. http://www.nature.nps.gov/geology/paleontology/pub/grd3_3/pefo7.htm
6. http://www.paleoresearch.com/services/paleofecescoprolites.htm
7. http://www.paleoresearch.com/index.html
8. Buckland, W., (1829). On the discovery of a new species of pterodactyle; and also of the faeces of the *Ichthyosaurus*; and of a black substance resembling sepia, or Indian ink, in the Lias at Lyme Regis.
Proceedings of the Geological, society of London. I: 96-98.
9. http://www.What is Guano.htm
10. http://www.sciencedaily.com/releases/1998/07/980721081204.htm
11. Bradley, W. H. (1946). Coprolites from the Bridger Formation of Wyoming: their composition and microorganisms. *American Journal of Science*. 244: 215-239.
12. Chin, K., and B. D. Gill (1996). Dinosaurs, dung beetles, and conifers; participants in a Cretaceous food web. *Palaios*, 11: 280-285.
13. Walderman, M., and W. S. Hopking, (1970). Coprolites from the Upper Cretaceous of Alberta, Canada, with a description of their microflora. *Canadian Journal of Earth Science*, 7: 1295-1303.
14. http://www.en.wikipedia.org.diplodocus and ultrasaurus.