

CO NAPĘDZAŁO DINOZAURY?



**dr hab.
Maria Barbacka**

Paleobotanik, zajmuje się roślinami kopalnymi mezozoiku, głównie jury. Opracowuje stanowiska m.in. z terenów Polski, Węgier, Niemiec, Alaski. Główne kierunki badań to taksonomia i paleoekologia. Korzysta z metod interdyscyplinarnych w rekonstrukcjach ekosystemów jurajskich.
maria.barbacka@gmail.com

Z czego czerpały energię wczesne dinozaury?
Skamieniałe odchody ujawniają tajemnice ewolucji
roślinożerców w okresie jurajskim.

Maria Barbacka

Instytut Botaniki im. Władysława Szafera
Polskiej Akademii Nauk w Krakowie
Wydział Botaniczny Węgierskiego Muzeum
Historii Naturalnej w Budapeszcie

Jadwiga Ziaja

Instytut Botaniki im. Władysława Szafera
Polskiej Akademii Nauk w Krakowie

Grzegorz Niedźwiedzki

Centrum Biologii Ewolucyjnej
Uniwersytet w Uppsali (Szwecja)

Grzegorz Pacyna

Instytut Botaniki, Wydział Biologii
Uniwersytet Jagielloński w Krakowie



dr Grzegorz Pacyna

Jest paleobotanikiem, jego obecne badania koncentrują się na taksonomii i znaczeniu ewolucyjnym roślin iglastych z górnego triasu Śląska oraz taksonomii, ewolucji, paleoekologii i sukcesji flor z dolnej jury Gór Świętokrzyskich. Zajmuje się również interakcjami rośliny – zwierzęta w zapisie kopalnym i biostatygrafią z wykorzystaniem roślin kopalnych.
grzegorz.pacyna@uj.edu.pl

YURI PHOTOLIFE/SHUTTERSTOCK.COM

Wielki drapieżnik
Cryolophosaurus,
prawdopodobny twórca
śladów i koproliitów, a także
konsument dinozaurów
roślinożernych

Badania kopolitów (kopalnych odchodów) jurajskich dinozaurów roślinożernych i drapieżnych z Sołtykowa ujawniły wiele ciekawych informacji na temat ich diety, zwyczajów pokarmowych i roślinności Gór Świętokrzyskich sprzed 200 mln lat.

Stanowisko

Sołtyków (znany również jako Odrowąż) znajduje się w województwie świętokrzyskim, w powiecie konec-



kim. Część obszaru obejmującego teren dawnej kopalni odkrywkowej glin ceramicznych wykorzystywanych do wyrobu cegieł stanowi obecnie rezerwat przyrody nieożywionej Gagaty Sołtykowskie. Na terenie rezerwatu w piaskowcach zachowały się liczne ślady dinozaurów pozostawione tam 200 mln lat temu w grząskim gruncie równi zalewowej. Najliczniejsze

są średniej wielkości ślady pozostawione prawdopodobnie przez wczesne teropody – dinozaury drapieżne. Największe, dochodzące nawet do 50 cm długości, są trójpalczaste odciski przypisane wielkim wczesnym teropodom, których skamieniałe kości nie zostały do tej pory odkryte.

Ślady nazywane *Stenonyx* i *Grallator* mogły należeć do niewielkich teropodów – celofyzów. Liczne są mniejsze i większe ślady (do 40 cm) pozostawione przez zauropodomorfy, zaklasyfikowane do ichnotaksonu (taksonu wyznaczonego na podstawie skamieniałych śladów działalności zwierząt) *Parabrontopodus*. Małe i średnie ślady *Anomoepus* i *Delatorichnus* mogły być pozostawione przez wczesne pancerne dinozaury lub heterodontozaury. Pozostałe ślady wskazują na obecność gadów ssakokształtnych, wczesnych ssaków, lepidozaurów, pterozaurów i wczesnych krokodylopodobnych.

Kości to znaleziska bardzo rzadkie, za to na terenie Sołtykowa można spotkać liczne kopolity pozostawione przez dinozaury. Ogółem zostało zebranych około 300 kopolitów, z czego tylko niewielki procent jest zachowany w stanie nadającym się do badania.

Kopolity

Szczątki roślinne mają szansę zachować się nie tylko w kopolitach dinozaurów roślinożernych (żerujących na roślinach), lecz także drapieżnych (polujących na roślinożerców). Badanie zarówno szczątków roślinnych, jak i innych fragmentów, takich jak: kości, owady, drewno, muszle itp., znajdujących się w kopro-

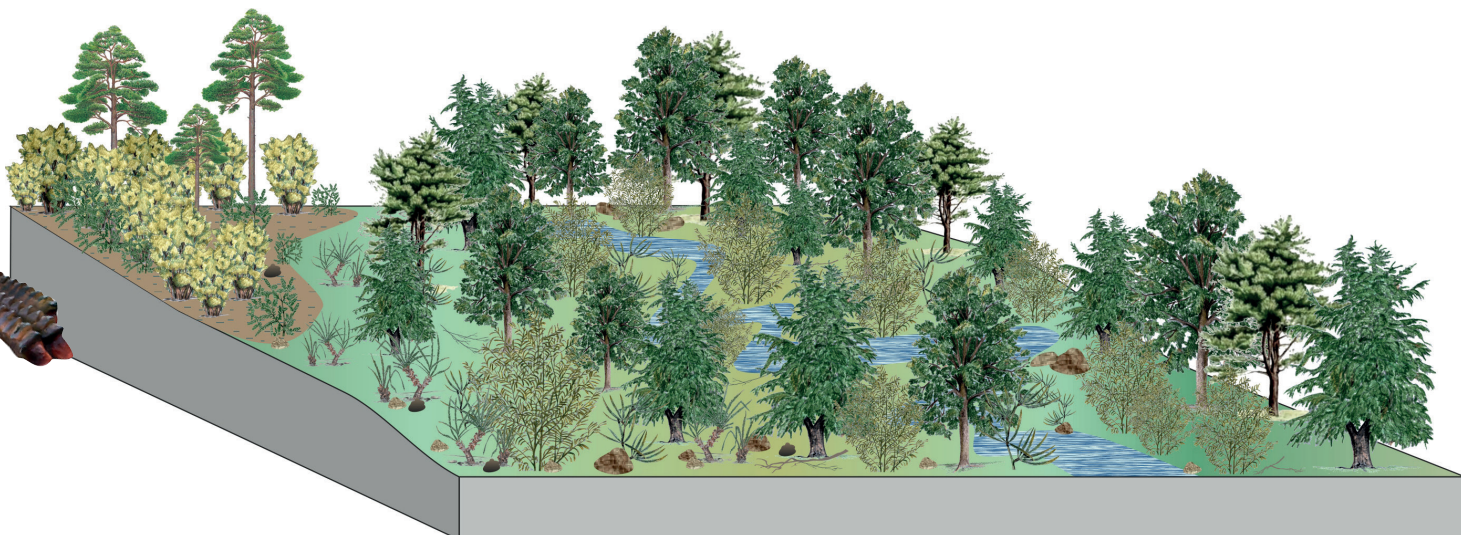


dr Jadwiga Ziaja

Palinolog, zajmuje się sporami i ziarnami pyłku roślin mezozoicznych, głównie jurajskich. Na podstawie analizy palinologicznej skał śledzi zmiany klimatyczne i środowiskowe badanych terenów. Opisuje i oznacza zarodniki i ziarna pyłku *in situ*, co jest ważne w ustalaniu botanicznych pokrewieństw roślin kopalnych.

j.ziaja@botany.pl

Rekonstrukcja roślinności z kopolitów zgodnie z jej preferencjami środowiskowymi wraz z otoczeniem wynikającym z badań sedymentologicznych





dr Grzegorz Niedźwiedzki

Absolwent Wydziału Biologii Uniwersytetu Warszawskiego. Uczestnik licznych ekspedycji i badacz permotriasu i jury w Polsce, Rosji, Tunezji, na Grenlandii i w Szwecji. Odkrywcą wielu stanowisk z tropami i kośćmi mezozoicznych płazów i gadów, tropów wczesnych czworonogów i szczątków dinozaurów.

grzegorz.niedzwiedzki@ebc.uu.se

litach, jest doskonałym źródłem informacji o faktycznej, a nie tylko potencjalnej diecie tej grupy zwierząt. Pozwala także na uzupełnienie danych na temat zwierząt czy roślin do tej pory niezalezonych w innym zapisie kopalnym.

Na ogół szczątki kutykul roślinnych (ochronnej warstwy wytworzonej z substancji lipidowych, celulozy i pektyn na powierzchni epidermy) badanych w koprolitach zachowują się jako bardzo małe fragmenty w strawionej masie, często rozpoznawalne tylko jako roślinne, rzadziej jako przynależne do danej grupy roślin, np. szpilkowe. Sołtykowskie koprolity (zarówno roślinożerców, jak i wielkich drapieżników) stanowią tu unikatowy wyjątek, ponieważ szczątki liści były na tyle liczne i duże, że niektóre można było oznaczyć do gatunku, niektóre do rodzaju, część zaliczyć do danej grupy systematycznej, a w dwóch przypadkach było możliwe nawet opisanie nowego taksonu.

Na razie nie jest wyjaśniona przyczyna tej wyjątkowej jakości szczątków roślinnych w badanych koprolitach. Co prawda wczesnojurańskie zauropody nie miały rozwiniętego systemu rozdrabniania pokarmu (rozgryzanie, przeżuwanie), ich zęby nadawały się tylko do zdzierania liści, ewentualnie szarpania gałęzi, ale potem pokarm był połykany w całości i ulegał fermentacji w żołądku, co w ostatecznym efekcie prowadziło do stosunkowo dobrego strawienia. Niektóre dinozaury połykały kamienie (gastrolity), by lepiej rozdrab-

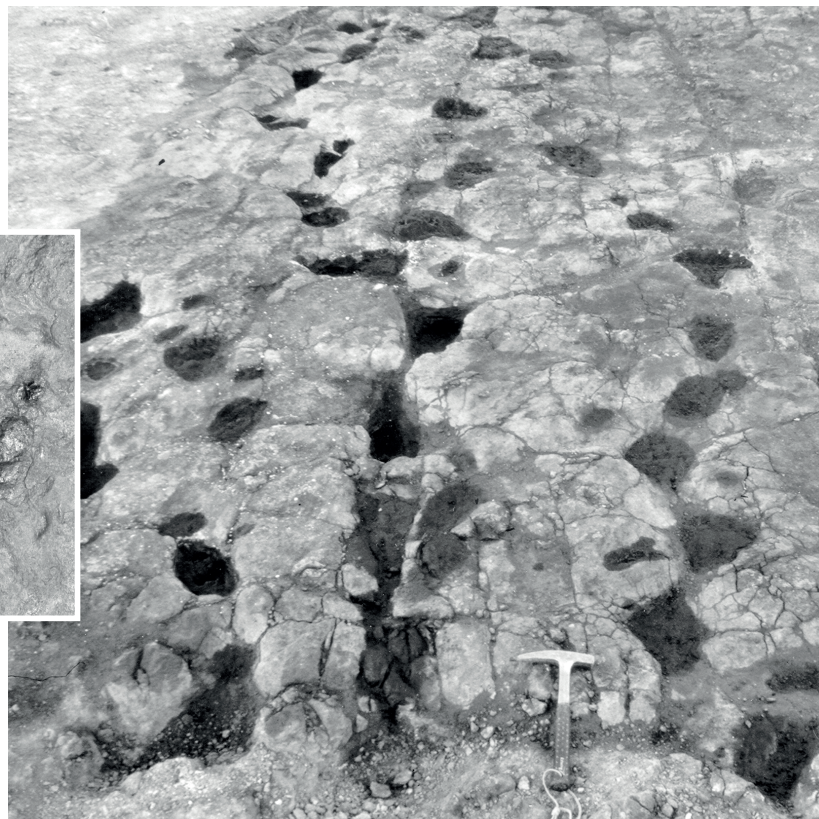
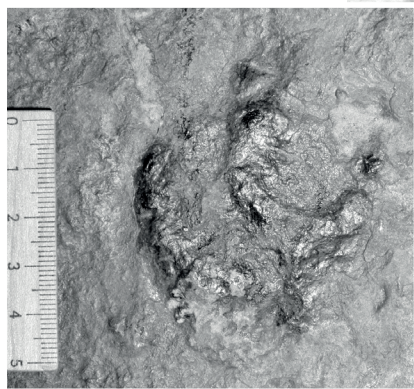
nić pokarm. W przypadku drapieżnych zachowanie większych kawałków roślin w ich odchodach mogło być spowodowane faktem, że kawałki roślin do ich przewodu pokarmowego trafiały najczęściej z wnętrznościami ofiar w różnym stadium trawienia i nie były dalej trawione, ponieważ drapieżne nie posiadały odpowiedniej to tego flory bakteryjnej ani enzymów. Pobrane rośliny były wydalane w tym samym stanie rozdrobnienia, w jakim znajdowały się w przewodzie pokarmowym roślinożernych. Z kolei duże fragmenty niestrawionych kutykul u roślinożernych są tutaj ewenementem.

Badania

Do badania zostało przeznaczonych 14 koprolitów, po siedem od wielkich dinozaurów drapieżnych i roślinożernych, prawdopodobnie zauropodomorfów. Wstępna obróbka próbek polegała na mechanicznym rozdrobnieniu skamieniałych odchodów, następnie były one rozpuszczane w kwasie solnym i moczone w kwasie wersenowym (EDTA). Po wielokrotnym płukaniu szczątki organiczne były selekcjonowane według kategorii.

Pozostałości roślinne wypreparowane z koprolitów zachowują się w takim samym stanie jak te sfosylizowane w osadzie, czyli w postaci uwęglonych fragmentów liści, a właściwie ich kutykul. Żeby nadawały się do badania, należy je wypreparować klasyczną me-

Sołtyków, odciski śladów zauropodomorfów



tołą stosowaną w paleobotanice, poddając działaniu mieszaniny Schulzego (stężonego kwasu azotowego z dodatkiem chloranu potasu) i płuczając w słabym roztworze wodorotlenku potasu. W ten sposób usuwa się diagenetyczny węgiel i zostaje czysta kutykula nadająca się do badań mikroskopowych.

Fragmenty liści zachowanych w koprolitach mają od kilku do kilkunastu milimetrów i mają zachowane razem górne i dolne kutykule, co pozwala na bliższe oznaczenie roślin.

Oprócz kutykul liści w koprolitach mogą znajdować się jeszcze ziarna pyłku i zarodniki zachowane w masie kałowej lub przyklepione do kutykul. Mają znaczenie pomocnicze w odtwarzaniu roślinności z miejsc żerowania dinozaurów i określeniu wieku badanych obiektów.

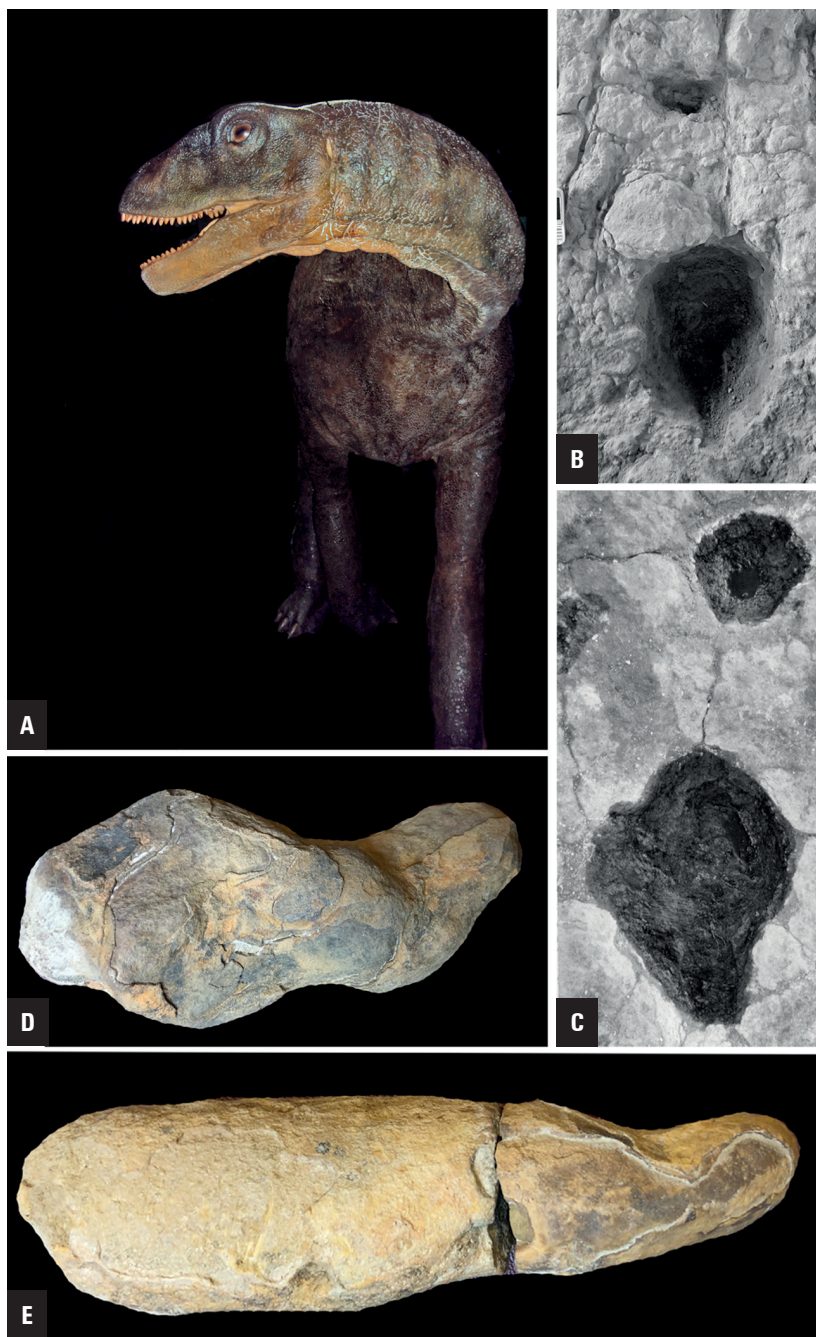
Interpretacja

Szczątki roślin u drapieżnych pochodziły w większości z przewodów pokarmowych upolowanych ofiar. Mogły być połknięte przypadkowo i nie można też całkowicie wykluczyć celowego zjadania roślin w ograniczonym zakresie, ponieważ nasza wiedza o fizjologii trawienia mezozoicznych gadów jest nadal szczątkowa. Celowe jest rozpatrywanie kutykul w kontekście botanicznym, a wnioski o zwyczajach żywieniowych koncentrują się głównie na roślinożercach.

Analiza kutykul obu typów koprolitów wykazała obecność 12 taksonów roślin, z czego pięć zostało oznaczonych do gatunku, pięć do rodzaju, a dwa do wyższych jednostek systematycznych. Cztery typy kutykul pozostały niezidentyfikowane. Oprócz kutykul znaleziono jeden fragment drewna długości kilku milimetrów. Szczątki z koprolitów reprezentują trzy gatunki paproci nasiennych, jeden gatunek sagowca, jeden benetytu, jeden miłorzębowy, cztery gatunki szpilkowych i dwa nieznanego pokrewieństwa. Trzy gatunki były już wcześniej opisane z terenu obrzeża Gór Świętokrzyskich, reszta to nowe znaleziska, czyli flora okolic wzbogacona została o dziewięć dotąd nie stwierdzonych taksonów.

Obecność w próbkach zarodników (mszaków, roślin widłakowych i paproci) z próbek koprolitów uzupełnia obraz składu roślinności z obszaru żerowania dinozaurów.

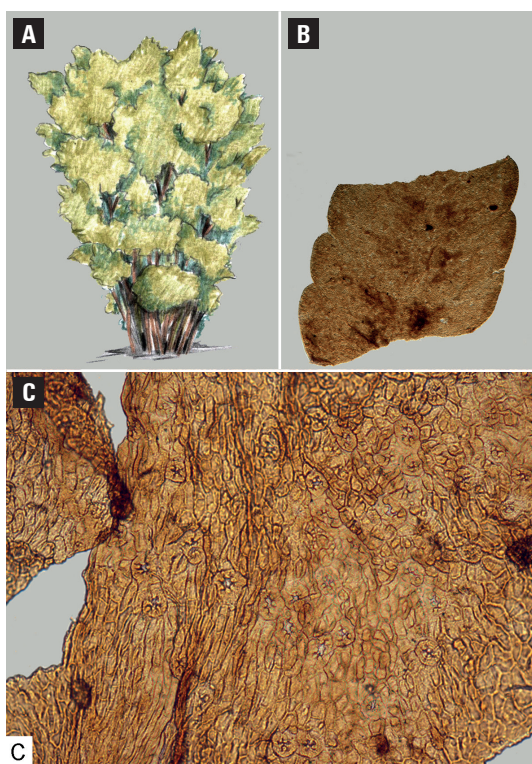
Preferencje środowiskowe roślin z koprolitów były określone metodami stosowanymi dla roślin kopalnych, czyli zostały ustalone na podstawie analiz osadów basenów sedimentacyjnych, w których są zdeponowane szczątki roślinne, a także wnioskowane z budowy morfologicznej roślin i ze struktury ich kutykuli. Większość taksonów z koprolitów dobrze wpisuje się w zrekonstruowany ekosystem wczesnej jury badanego obszaru. Są to taksony znane z różnych stanowisk Europy, związane ze środowiskami rzecznyymi lub deltowymi.



Z kolei jeden z gatunków paproci nasiennej wykazuje cechy kseromorficzne, wskazujące na środowisko wyraźnie suche lub zasolone. Do cech tych należy stosunkowo mały rozmiar listków (liście pierzasto złożone), gruba kutykula i aparaty szparkowe chronione przez dodatkowy mechanizm zamykający – papille (pałeczkowate wypukłości epidermy). Wszystkie te cechy mają na celu ograniczenie parowania, a więc ochronę przed wyschnięciem. Rekonstrukcja topograficzna badanych terenów nie wykazuje miejsc suchych (ekspozowanych), więc poszukiwania przyczyny kseromorfizmu skoncentrowały się na miejscach lokalnie zasolonych, tym bardziej że gatunek, o którym mowa,

A. Roślinożerny dinozaur *Vulcanodon*, prawdopodobny twórca śladów i koprolitów. Rekonstrukcja. Muzeum Przyrody i Techniki im. Jana Pazdura, Starachowice. B, C. Odciski śladów odpowiednio osobnika mniejszego i większego. D, E. Koprolity prawdopodobnie zestawione przez zauropodomorfa

Jedna z roślin oznaczona z koprolitów, paproć nasienna *Pachypteris papillosa* (Thomas et Bose) Harris. A. Domniemany pokrój rośliny. B. Fragment liścia z koprolitu. C. Kutykula w powiększeniu, widoczne aparaty szparkowe regulowane przez papilę



Pachypteris papillosa (Thomas et Bose) Harris, dotychczas był znany z osadów nadmorskich stref brzegowych i jest interpretowany jako halofityczny (przystosowany do rozwoju na zasolonym podłożu). Jednak z Sołtykowa do najbliższego wybrzeża morskiego było około 700–800 km (teren dzisiejszych Niemiec), co wyklucza możliwość przebycia tej trasy nawet przez dużego drapieżnika w czasie od pobrania pokarmu do wypróżnienia. Okazało się jednak, że w okolicach Miłkowa-Szewnej w osadach zostało potwierdzone występowanie boru, który może świadczyć o wcześniejszym zasoleniu gleby (w tym miejscu może być mowa o słonych osadach z permu, z których roztwór soli przedostał się i skumulował w późniejszych osadach w postaci słonych bagien lub źródeł). Odległość Sołtykowa od Miłkowa to około 70 km, co nie przedstawia problemów dla pokonania dystansu, za to pokazuje kierunek wędrówki niektórych osobników.

Pozostaje pytanie, czy dinozaury celowo spożywały słonorośla, jak niektóre współczesne roślinożerne, które wykorzystują mikroelementy zawarte w soli. Na razie nie ma żadnych danych na wykorzystywanie soli przez dinozaury. Opierając się na wiedzy o współczesnych gadach, należałoby wykluczyć możliwość celowego żerowania na słonych terenach. Współczesne gady potencjalnie mające do czynienia ze słoną wodą (np. krokodyły) posiadają gruczoły solne wydalające sól z organizmu. Wygląda na to, że nie ma mechanizmu wykorzystania mikroelementów przez gady. Żerowanie na słonoroślach miało więc prawdopodobnie przypadkowy charakter.

Sądząc po proporcjach szczątków w koprolitach, większość spożytych roślin była wielkolistna, głównie paprocie nasienne i sagowce. Szpilkowe były w mniejszej ilości, za to wśród nich przeważały tużopodobne, mające miękkie i mięsiste gałązki. Inne szpilkowe i miłorzębowe są sporadyczne. Wszystkie taksony oznaczone z koprolitów to formy drzewiaste lub duże krzewy. Wskazuje to na żerowanie na poziomie koron, co jest dodatkową informacją o behawiorze dinozaurów.

Zupełny brak drewna w badanych koprolitach (jeden mikroskopijny kawałek nie ma znaczenia) świadczy o bogatych zasobach łatwiej strawnych i wysokoenergetycznych roślin. Duże ilości drewna wskazują na warunki głodowe, kiedy ciężkostrawne drewno dłużej zalega w przewodzie pokarmowym.

Taksony oznaczone ze szczątków kutykul w badanych koprolitach prawdopodobnie nie stanowią całkowitej diety dinozaurów roślinożernych na obszarze Gór Świętokrzyskich.

Należy wziąć pod uwagę, że liczne rośliny, np. wielkolistne paprocie (wśród których również były formy drzewiaste) mające kutykulę o innym, mniej odpornym składzie chemicznym, a także rośliny nasienne, mogły zostać strawione w całości, a pozostałości kutykul stanowią tylko mały procent zjedzonej żywności, akurat tylko z jakichś względów niestrawione fragmenty. Zarodniki i ziarna pyłku nie są tu pomocne, gdyż nie są równoznaczne ze zjadanymi gatunkami roślin, które je wytwarzały. Mogły występować na powierzchniach innych zjadanych przez dinozaury roślin lub zwierząt oraz w wypijanej wodzie.

Nowe informacje

Wyniki badania szczątków roślinnych w koprolitach dinozaurów dostarczyły informacji paleoekologicznych o nowej niszy ekologicznej, szczególnie dla gatunku *Pachypteris papillosa*, który zasiedlał zasolone tereny śródlądowe, i behawioralnych, rozszerzając naszą wiedzę na temat diety, sposobu i warunków żerowania dinozaurów. W wyniku badań na koprolitach został uzupełniony wczesnojurański skład flory z północnego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich o dziewięć taksonów, w tym dwa nowe dla nauki.

Prezentowane tutaj dane są najnowszymi wynikami badań w ramach projektu. Mimo że tego typu badania są prowadzone od lat w wielu placówkach na świecie, żadne dotychczasowe materiały nie były zachowane w tak dobrym stanie i nie przyniosły tyłu istotnych rezultatów z punktu widzenia paleobotaniki.

Badania zostały sfinansowane w ramach projektu ze środków Narodowego Centrum Nauki (grant nr 2017/25/B/ST10/01273) oraz z funduszy statutowych Instytutu Botaniki im. Władysława Szafera Polskiej Akademii Nauk.

Chcesz wiedzieć więcej?

Dzik J., *Krasiejów – u zarania ery dinozaurów*, „Ewolucja” 2003, nr 1, s. 2–13.

Dzik J., Niedźwiedzki G., Sulej T., *Zaskakujące uwięzienie ery gadów ssakokształtnych*, „Ewolucja” 2008, nr 3, s. 2–21.

Pacyna G., Zdebska D., Barbacka M., Ziaja J., *Co jadły polskie dinozaury?*, „Wszczęświat” 2013, nr 114 (7), s. 250–252.