

DLACZEGO NIEKTÓRE WĘŻE SĄ CZARNE?

Stanisław Bury (Kraków)

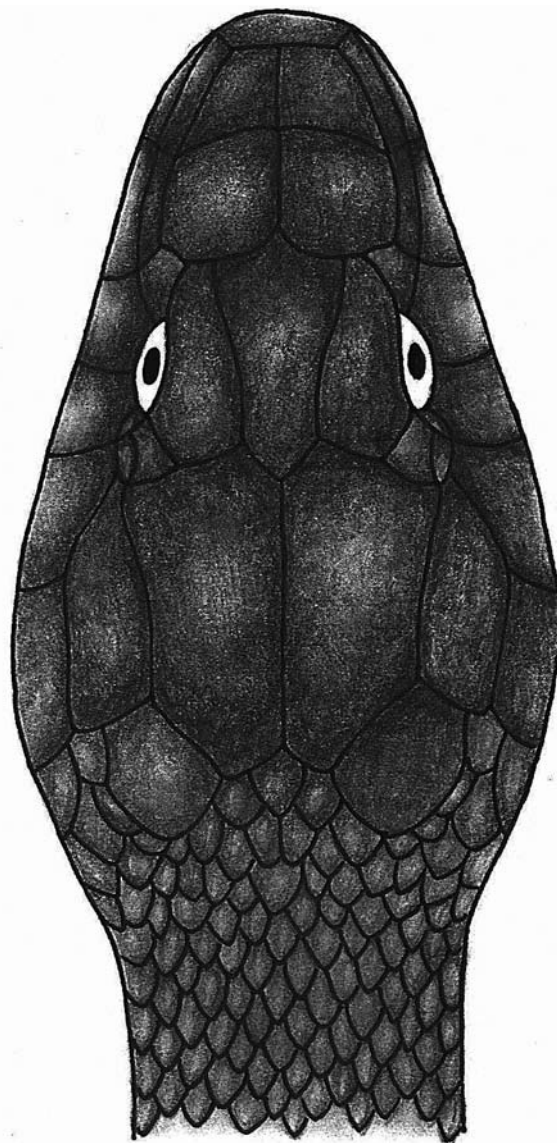
Wstęp

Ubarwienie jest jedną z cech zwierząt, która zawsze przyciągała uwagę ludzi. Każdy kiedyś obserwował kolorowe motyle, czarno-żółte salamandry, widział w telewizji lub zna z opowiadań czarną panterę czy jaskrawe węże koralowe. Ubarwienie nie powstało jednak po to, aby zwracać naszą uwagę, ale w wyniku długotrwałego procesu ewolucji pod wpływem działania doboru naturalnego. Kolor i barwny deseń zwierzęcia wiąże się z rozmaitymi elementami jego życia. Może mieć znaczenie w interakcjach społecznych pomiędzy osobnikami, np. być oznaką pozycji w hierarchii, może ułatwiać drapieżnikom dyskretnie podejść do ofiary, a z kolei ofierze pozostać niezauważoną. U zwierząt zmiennocieplnych ponadto może mieć wpływ na mechanizmy termoregulacyjne. Zatem ubarwienie jakim dysponuje osobnik, w wielu przypadkach jest swego rodzaju ewolucyjnym kompromisem – wypadkową różnokierunkowej presji doboru naturalnego.

Zmienność i polimorfizm

Ubarwienie zwierząt może być bardzo zróżnicowane nawet wewnątrz tego samego gatunku. U większości z nich trudno bowiem spotkać dwa osobniki, które będą posiadać identyczny deseń – układ plam, pasów, a także odcień barw grzbietu, itd. Co prawda u części gatunków wszystkie osobniki wydają się być takie same pod względem ubarwienia, ale jeśli dobrze się przyjrzeć można znaleźć pewne drobne różnice, np. w położeniu plam względem siebie czy kontraście pomiędzy barwnym wzorem a tłem. W niektórych przypadkach duże podobieństwo pomiędzy osobnikami w populacji jest korzystne, zdarza się nawet, że kilka występujących sympatrycznie gatunków jest do siebie bardzo podobnych. Klasycznym przykładem jest zjawisko mimikry u węży koralowych (*Micrurus* sp.). Ciało tych węży pokrywają charakterystyczne naprzemiennie ułożone poprzeczne pasy o kontrastowym, jaskrawym kolorze. W ten sposób koralówki sygnalizują, że są niebezpieczne i lepiej zostawić je w spokoju. W konsekwencji większość drapieżników widząc kolorowego, jaskrawego węża woli nie ryzykować ukąszenia i nie atakuje. Sytuację tę „wykorzystały” zupełnie niegroźne węże mleczne (rodzaj *Lampropeltis*), swoimi barwami upodabniając się do

gatunków jadowitych, tym samym zabezpieczając się przed atakami drapieżnych zwierząt. Wzajemne podobieństwo mogą wykazywać też same gatunki niebezpieczne. W tym przypadku drapieżniki szybciej uczą się, że jaskrawego węża lepiej zostawić w spokoju i dzięki temu mniejszy procent osobników z obu (lub więcej) podobnych gatunków ginie. Czasem jednak duża zmienność pomiędzy osobnikami może okazać



Ryc. 1. Ubarwienie głowy zaskrońca zwyczajnego (*Natrix natrix*) formy melanistycznej.

się korzystniejsza. Można bowiem wyobrazić sobie sytuację w której drapieżniki uczą się polowania na określony typ ofiar, które rozpoznają i wykrywają na podstawie koloru ciała. Jeśli w populacji każdy

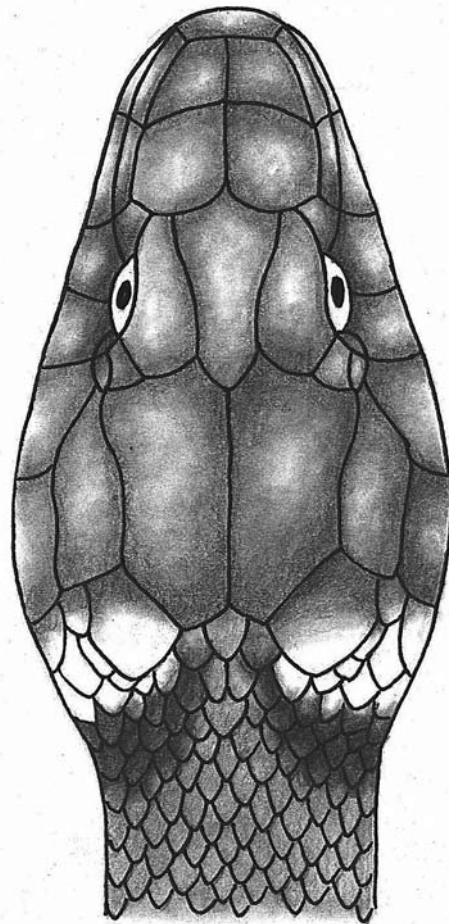
osobnik jest inny, utrudnia to drapieżnikowi rozpoznanie ofiary i nauczenie się „na kogo” można polować.

Polimorfizm cech, czyli wielopostaciowość – sytuacja gdy w populacji istnieje obok siebie kilka znacznie odmiennych form danej cechy jest szeroko rozpowszechniona w świecie zwierząt. Przykładów tego zjawiska nie trzeba daleko szukać, możemy je bowiem zaobserwować u krajowych gatunków gadów, np. u żmii zygzakowatej. Większość żmij z jakimi się spotykamy w czasie letnich wycieczek jest szara lub brązowa z charakterystycznym zygzakiem na grzbiecie. Wszystkie są od siebie w pewnym stopniu różne, jedne są jaśniejsze, inne ciemniejsze, u niektórych zygzak jest czarny i kontrastowy, u pozostałych nieco słabiej odcinający się od tła. Widzimy więc, że każda żmija jest inna, a ta prosta obserwacja potwierdza, że cechy, jak np. ubarwienie, wykazują pewną zmienność. Zauważyć można jeszcze jedno – osobniki nie dzielą się tylko na szare i brunatne, ani na takie u których wstęga jest czarna lub brązowa, a zatem nie dość, że wszystkie żmije różnią się od siebie to zmienność ich ubarwienia ma charakter ciągły, gdyż zarówno podstawowa barwa ciała, jak i barwa wzoru wykazują różne natężenie u różnych osobników. Czasem w populacji pojawia się wariant cechy znacznie odbiegający od „typowej” zmienności, napotykamy bowiem też takie żmije, które określa się mianem melanistycznych, są całe czarne, a zygzak jest u nich niewidoczny. Jeśli taka nowa, nietypowa mutacja poważnie zmniejsza dostosowanie osobnika, dobór naturalny może ją szybko wyeliminować. Może się jednak okazać, że taki odstający od reszty osobnik przeżywa i osiąga wyższy sukces reprodukcyjny niż pozostałe – wtedy mutacja zaczyna się rozprzestrzeniać, niekiedy wypierając formę typową. Może być też tak jak w przypadku melanistycznych żmij, mianowicie nowy wariant cechy nie jest ani zbyt faworyzowany ani całkiem eliminowany przez dobór, ale utrzymuje się na określonym poziomie. W takim układzie mamy do czynienia ze zjawiskiem polimorfizmu, czyli sytuacją kiedy w populacji oprócz form typowych, nazywanych dzikimi, występują także formy nieciągłe, nie mieszczące się w normalnym zakresie zmienności cechy. Przyjmuje się, że formę można uznać za polimorficzną, jeśli jej frekwencja w populacji wynosi co najmniej 1 %.

Skąd bierze się melanizm?

Pierwszym pytaniem dotyczącym barw ciała zwierząt jakie przychodzi na myśl jest jego fizjologiczne i molekularne podłoże. Podczas gdy u ssaków w powstawaniu ubarwienia biorą udział komórki zwane

melanocytami, produkujące dwa typy barwników – eumelaninę odpowiadającą za barwę czarną i brązową oraz feomelaninę odpowiadającą za barwę czerwoną i żółtą, u gadów sytuacja jest nieco bardziej złożona, bowiem mamy tu do czynienia z trzema różnymi typami barwników ulokowanych w określonych typach chromatoforów, czyli komórek barwnikowych. Są to melanofory z melaninami, ksantofory produkujące barwnik żółty i czerwony oraz irydofory odbijające i załamujące światło, dzięki czemu skóra niektórych gadów ma w słońcu charakterystyczny tęczyowy połysk. Melaniny, których nadmiar jest bezpośrednią



Ryc.2. Ubarwienie głowy zaskrońca zwyczajnego (*Natrix natrix*) formy typowej.

przyczyną melanizmu są pochodnymi aminokwasu tyrozyny, która ulega w organizmie serii przemian, głównie z udziałem enzymu tyrozinazy. Poziom tyrozinazy jest z kolei regulowany przez hormon melanotropowy (MSH). Receptor tego hormonu jest kodowany przez gen *Mclr* (*melanocortin-1-receptor*), którego mutacje są częstą przyczyną melanizmu zwierząt (w tym prawdopodobnie także u gadów). Wykształcenie ubarwienia jest zatem złożonym procesem, na który składa się funkcjonowanie wielu genów, pomiędzy którymi dochodzi do oddziaływań

epistatycznych, czyli sytuacji gdy efekt ekspresji jednego genu wpływa na funkcjonowanie innych genów. Przykładowo mutacja w locus odpowiedzialnym za syntezę tyrozynazy prowadzi do amelanizmu, gdyż przerwana zostaje synteza melaniny, w której enzym ten bierze udział i nawet jeśli sekwencje pozostałych genów pozostają niezmienione to ubarwienie nie zostanie wykształcone. Można więc oczekiwać, że również inne geny mogą być odpowiedzialne za powstanie melanimu. Znane są takie sytuacje u innych grup zwierząt, a wśród węży analogicznym przykładem może być amelanizm u boa dusicieli, znane są bowiem dwie recesywne mutacje genów z różnych loci powodujące to zaburzenie. W konsekwencji krzyżując dwie homozygoty recesywne, każdą pod względem innego locus otrzymamy potomstwo ubarwione normalnie, heterozygotyczne w obu loci. W przypadku gadów wiedza na temat genetycznego podłoża ubarwienia jest niestety w dalszym ciągu niepełna. Nieco informacji dostarczają selekcje w hodowlach terrarystycznych, w których uzyskując nowe odmiany barwne, a następnie krzyżując je ze sobą, uzyskuje się informacje o dziedziczeniu barw i zależnościach pomiędzy poszczególnymi loci. Zauważono na przykład, że ciemne, szare lub czarne ubarwienie może wiązać się również z zaburzeniami syntezy barwników ksantoforowych, odpowiadających za kolory czerwony i żółty. Wtedy ich brak uwydatnia barwę melanin. Należy jednak zaznaczyć, że takie sytuacje rzadko mają miejsce w naturze.

Melanizm w populacjach naturalnych

W sytuacji gdy dochodzi do mutacji powodującej melanim, zwierzę jest praktycznie w całości czarne, a zatem funkcje typowego ubarwienia zostają zaburzone. Osobnik taki nie ma specyficznej kombinacji barw i wzorów, wobec czego nie jest już w stanie upodobnić się do otoczenia ani nie może jaskrawymi barwami zasygnalizować, że nie jest bezbronny i lepiej go nie atakować itd. Zatem w wyniku działania drapieżników mutacja taka może szybko zniknąć z puli genowej populacji. W wielu populacjach, melanim się jednak utrzymuje i to niekiedy ze znaczną frekwencją, np. w przypadku żmii zygzakowatej jest to zjawisko obserwowane w bardzo wielu rejonach, m.in. w całych Bieszczadach. Muszą zatem istnieć jakieś mechanizmy, dzięki którym ten typ polimorfizmu nie zanika. Można się domyślać, że skoro polimorficzna forma cechy powoduje obniżenie dostosowania względem tej cechy w stosunku do dzikiej formy, to aby nie została ona wyeliminowana z populacji ten negatywny efekt musi być czymś zbalansowany.

Innymi słowy nowa mutacja powinna wykazywać jakieś korzyści, które przynajmniej częściowo rekompensują jej szkodliwe konsekwencje. W przypadku melanimu u gadów, które są zmiennocieplne można oczekiwać, że czarna barwa ze względu na swoje fizyczne właściwości będzie ułatwiać nagrzewanie się i gromadzenie ciepła. Możemy zatem mówić o skutkach plejotropowych melanimu, ponieważ zmodyfikowany jest nie tylko kolor ciała, ale pośrednio także zdolności termoregulacyjne.



Ryc.3. Melanistyczny osobnik żmii zygzakowatej (*Vipera berus*). Zygzak jest niewidoczny.

Badania testujące hipotezy na temat antydrapieżniczych i termoregulacyjnych funkcji ubarwienia prowadzono na żmijach zygzakowatych, porównując grupy czarnych i typowych żmij. W eksperymentach terenowych z zastosowaniem sztucznych modeli węży okazy czarne częściej były atakowane przez drapieżniki niż typowe, co potwierdziło ochronne właściwości zygzakowatego ubarwienia i brak takich właściwości u okazów czarnych. Potwierdzone także zostały przypuszczenia o korzyściach płynących z posiadania czarnej barwy. W tym przypadku węże trzymane w kontrolowanych warunkach i eksponowane na identyczne warunki nasłonecznienia. Pomiarzy temperatury ciała wykazały, że osobniki ciemniejsze nagrzewają się szybciej i osiągają nieco wyższą temperaturę ciała niż typowe.

Wspomniane obserwacje poczyniono wykorzystując osobniki dorosłe. Należy pamiętać, że różnicowanie pomiędzy osobnikami ze względu na wiek pociąga za sobą różnorodne konsekwencje i ubarwienie może, w zależności od wieku, pełnić nieco inne funkcje, a zatem inne będą także skutki melanimu. Rozwój zwierzęcia kojarzony jest przede wszystkim ze zmianami w zakresie budowy i funkcjonowania organizmu. W rzeczywistości jednak jest to proces znacznie wykraczający poza ten schemat i wiąże się również ze zmianami na poziomie behawioralnych

i ekologicznych właściwości osobnika. Wraz ze wzrostem zwierzęcia zmienia się bowiem jego pozycja w zależnościach troficznych ekosystemu, a to skutkować może modyfikacjami niektórych elementów strategii życiowej. Przykładem może być rodzimy zaskrońiec zwyczajny. Dieta osobników młodych różni się bowiem nieco od diety dorosłych. Inne są także zagrożenia z jakimi stykają się zaskrońce w różnym wieku, przy czym spektrum wrogów naturalnych zagrażających młodym węzom jest większe niż w przypadku zaskrońców dorosłych. Można stąd wnioskować, że młode węże będą dysponować adaptacjami zabezpieczającymi przed nadmierną presją ze strony drapieżców. Okazuje się, że ubarwienie jest jednym z takich przystosowań, co pokazały badania przeprowadzone w Szwecji przez Thomasa Madsena nad wspomnianym zaskrońcem zwyczajnym. Porównując grupę świeżo wylęgłych zaskrońców z osobnikami wyrosniętymi Madsen dostrzegł różnice w wyrazistości wzorów i natężeniu barw. Młode są na ogół bardziej kontrastowe, dotyczy to zwłaszcza plam zaskroniowych, które są jasne i wyraźne, a ponadto grzbiet zwykle pokryty jest białymi cętkami wyróżniającymi się na ciemnym tle. Dojrzałe zaskrońce mają zasadniczo taki sam deseń, jednak barwy z wiekiem blakną, co szczególnie jest widoczne u dużych, starych samic, których plamy zaskroniowe mogą być zupełnie poszarzałe. Różnice te skłoniły szwedzkiego herpetologa do wykonania prostej manipulacji odkrywającej ich znaczenie. W ramach eksperymentu wykonano kilkadziesiąt plastikowych modeli małych węży o typowych barwach i tyle samo modeli czarnych. Następnie umieszczono je na określonej powierzchni badawczej i obserwowano reakcje drapieżników. Zauważono, że modele typowe są rzadziej atakowane przez drapieżne ptaki niż czarne (melanistyczne). Autor na tej podstawie zasugerował, że jaskrawsze ubarwienie młodych ma charakter aposematyczny, tj. zniechęcający drapieżniki do ataku, a żółty lub pomarańczowy kolor plam w tylnej części głowy ma kojarzyć się z trudnymi do połknięcia i nieprzyjemnymi w smaku owadami. Jednocześnie dowiedziono, że mutacja powodująca melanizm upośledza obronne mechanizmy bazujące na ubarwieniu jakimi dysponuje zwierzę, czyniąc je podatnym na częstsze ataki drapieżników. W przypadku zaskrońca zwyczajnego dane zebrane w Dolinie Sanu w Bieszczadach, jedynym miejscu w Polsce gdzie notowano występowanie czarnej formy tego gatunku, pokazują, że najmniejsze osobniki wykazujące nietypowo ciemne ubarwienie mieszczą się w przedziale długości 40–50 cm – takie rozmiary zaskrońce osiągają zwykle między 2 a 4 rokiem życia, nie stwierdzano natomiast melanistycznych młodych

w najniższych klasach wiekowych. Podobne obserwacje poczyniono u tego gatunku na bałtyckiej wyspie Gotlandii oraz u innego rodzimego węża – żmii zygzakowatej, u której wybarwienie się zachodzi zwykle między 2 a 3 rokiem życia. Stwierdzenia melanizmu u tych gatunków wśród młodych są bardzo rzadkie i dotyczą jedynie pojedynczych osobników. W tej sytuacji nasuwa się pytanie dlaczego melanizm u tych węży ujawnia się dopiero z wiekiem? Zważywszy na przewidywane korzyści termoregulacyjne, można by się spodziewać czarnych osobników we wszystkich klasach wieku. Badania przeprowadzone na amerykańskich węzach z rodzaju *Thamnophis*, zasiedlających wyspy na jeziorze Erie, krewniaków znanego nam zaskrońca, rzuciły nieco światła na ten problem. Otóż w badaniach tych zwrócono uwagę na potencjalne efekty termoregulacyjne wpływające, jak zakładano, z właściwości czarnej barwy ciała. Pomiar temperatury ciała osiąganą przez zwierzę oraz szybkości nagrzewania się w zależności od barwy i wieku (przełożonego na rozmiar) pokazały, że oba parametry nie różnią się w istotny sposób pomiędzy obiema formami, ale jedynie u młodych węży. Dorośle wykazują pewne różnice, jednak tylko w wysokości osiąganą temperatury, co może nieść korzyści związane z reprodukcją, zwłaszcza u osiągniętych większe rozmiary samic. Zatem opóźniona ekspresja melanizmu może wiązać się ze wspomnianym już faktem braku termoregulacyjnych korzyści u osobników młodych. W tej sytuacji podwyższona presja drapieżnicza nie jest w żadnym stopniu rekompensowana i przez to cecha nie rozprzestrzenia się w populacji. Takim tokiem wnioskowania można pokusić się o wyjaśnienie tego zjawiska u żmii i zaskrońca, ale dlaczego w takim razie u *Thamnophis* melanizm występuje również u osobników młodych? Odpowiedź na to pytanie w świetle powyższych wniosków wymaga nieco zastanowienia. Należy pamiętać, że dobór nie jest jedynym czynnikiem ewolucji kształtującym zmienność cechy. W niewielkich, a na dodatek wyspowych, jak w omawianym przypadku, populacjach frekwencja genów często jest kształtowana przez czynniki losowe, np. dryf genetyczny. Ponadto można przypuszczać, że na małych wyspach na jeziorze Erie zamieszkiwanych przez te węże żyje niewiele drapieżników, wobec czego czarne młode nie są eliminowane, a to, że w ogóle występują wynika ze specyficznego podłoża genetycznego z jakim mamy do czynienia w tej konkretnej populacji, warunkującego melanizm ujawniony od wczesnych etapów rozwoju. Pewnym potwierdzeniem tego założenia są wyniki opisywanego już eksperymentu z użyciem sztucznych modeli węży, u *Thamnophis* nie

stwierdzono bowiem różnic w częstości ataków drapieżników na modele czarne i typowe. Oznacza to, że brak jest presji selekcyjnej na melanizm spowodowanej drapieżnictwem lub jest ona bardzo słaba. Można spekulować czy to wyjaśnienie jest wystarczające w odniesieniu do żmii zygzakowatej i zaskrońca. Być może za ubarwienie osobników młodych odpowiadają inne geny niż u osobników dorosłych i mutacje tych genów niosą ze sobą plejotropowe efekty obniżające dostosowanie, a drapieżniki i termoregulacja mają drugorzędne znaczenie?

Badania nad melanizmem prowadzono także na azjatyckim połozie *Elaphe quadrivirgata* na wyspie Yakushima, gdzie od lat obserwowane są czarne formy tych węży.

Populacja połozów zamieszkująca wyspę cechuje się mniejszymi rozmiarami ciała niż węże pochodzące z kontynentu. Ponadto u tego gatunku, podobnie jak u północnoamerykańskich *Thamnophis sirtalis*, melanizm występuje także u młodych osobników, co umożliwiło określenie różnic w zdolnościach termoregulacyjnych pomiędzy formami barwnymi z uwzględnieniem wieku. Podobnie jak u innych gatunków stwierdzono, że czarne osobniki czerpią korzyści termiczne płynące z właściwości tej barwy. Natomiast mając na uwadze wcześniejsze rozważania na temat innych gatunków dość zaskakujące wydają się wyniki, zgodnie z którymi, największe różnice obserwuje się u osobników młodych, a nie, jak można by oczekiwać, u dorosłych. Kolejnym aspektem, który wyróżnia *Elaphe quadrivirgata* jest brak różnic we frekwencji melanizmu u obu płci. U żmij i *Thamnophis* bowiem melanizm jest częstszy u samic. Autor prac nad azjatyckim połozem sugeruje, że może to wynikać z jajorodności tego gatunku (żmija zygzakowata i *Thamnophis sirtalis* to gatunki żyworodne), która nie narzuca tak dużych wydatków energetycznych na samice jak żyworodność. W tej sytuacji nasuwa się pytanie o zróżnicowane skutki melanizmu w zależności od płci. Gatunkiem, na którym opierano próby odpowiedzi na to pytanie jest, po raz kolejny, żmija zygzakowata. Pierwsze obserwacje poczynione przez dwóch badaczy Andrena i Nilsona na początku lat osiemdziesiątych w Szwecji skupiały się na samcach, a ich wynikiem było stwierdzenie, że melanistyczne samce są cięższe od typowo ubarwionych, co jest korzystne w walkach godowych. Kilka lat później ukazała się praca innego herpetologa Andersa Forsmana, która, wydawało by się, że temu zaprzecza. Mianowicie pomiary wykonane na żmijach z wysp archipelagu Stockholm nie wykazały istotnych różnic w masie

ani długości ciała pomiędzy samcami obu form. Być może jednak założenia Andrena i Nilsona wcale nie zostało obalone, ale na wyspach jest zbyt mało pokarmu, aby zostało ono zrealizowane. Czarne osobniki ze względu na szybszy metabolizm mogą bowiem wymagać obfitszych zasobów pokarmowych, aby w pełni skorzystać na swoich właściwościach. Rok po opublikowaniu pracy Forsmana ukazał się kolejny artykuł wspomnianego już Thomasa Madsena. Przedstawione zostały w nim rezultaty kilkuletnich badań nad wyspą populacją żmii zygzakowatej w warunkach zmiennej dostępności pokarmu, który stanowiły gryzonie. Około połowa samców w tej populacji należała do formy melanistycznej. W pierwszych sezonach badań stwierdzono, że długość ciała czarnych samców była istotnie większa niż u normalnych, a zagęszczenie odławianych gryzoni było wysokie. W kolejnym sezonie natomiast odnotowano spadek zagęszczenia gryzoni, czyli bazy pokarmowej dla żmij. Konsekwencje takiego stanu rzeczy dla węży zauważono już po roku. Większość odłowionych samców była wychudzona, a wielkość populacji spadła o połowę. Wielkość samców odłowionych ponownie, a oznakowanych w poprzednich sezonach była istotnie mniejsza od samców odłowionych po raz pierwszy. Wskazuje to na wyższą śmiertelność dużych samców w okresie spadku dostępności pokarmu, przy czym należy pamiętać, że większe rozmiary ciała cechowały formę melanistyczną. Można zatem wnioskować, że dostępność pokarmu może być ważnym czynnikiem wpływającym na frekwencję melanizmu, a także na jego efekty u osobnika. Jakie są w takim razie konsekwencje melanizmu dla samic? Żmije nie składają jaj, ale rodzą żywe młode. W początkowych etapach ciąży przyjmują jeszcze pokarm, ale potem zupełnie przestają polować i całą energię skupiają na rozwoju zarodków. Poród następuje późnym latem lub jesienią. Jest to dla samic bardzo wyczerpujący proces i zdarza się, że samica ginie po porodzie. Przypadki takie nie należą do rzadkości i mają miejsce najczęściej wówczas, gdy warunki pogodowe utrudniają żerowanie, a pod koniec sezonu spadki temperatury są zjawiskiem częstym i normalnym, działającym na niekorzyść samic. Melanistyczne samice przeważają jednak nad typowymi w wykorzystaniu energii słonecznej, dzięki czemu śmiertelność *post partum* jest u nich mniejsza. Węże jajorodne są w lepszej sytuacji, bowiem składają jaja wczesnym latem, a zatem mają jeszcze sporo czasu na uzupełnienie zapasów energetycznych, przez co różnice pomiędzy czarnymi i normalnymi samicami w przeżywalności mogą się zacierać.

Największe trudności w wyjaśnianiu zjawiska melanizmu następują w węże morskie. Wiosłogony (rodzaj *Laticauda*) to szczególny rodzaj węży morskich, gdyż jako jedyne potrafią poruszać się po lądzie, na którym składają jaja, podczas gdy pozostałe morskie węże są żyworodne i wiodą całkowicie wodny tryb życia. Badania rozpoczęte w 2002 roku wykazały, że spośród dwóch objętych obserwacjami gatunków, tylko u jednego – wiosłogona pospolitego (*Laticauda laticauda*) występują formy melanistyczne. Zauważono także, że węże ciemnieją wraz z wiekiem. Dla ułatwienia podzielono je na trzy kategorie: pręgowane (typowe ubarwienie), ciemne (wariant pośredni) i czarne. Wśród świeżo wyklutych osobników praktycznie wszystkie miały pręgowany grzbiet, tylko jeden wąż został zaklasyfikowany jako ciemny. Młode, ale już nieco starsze wiosłogony także w zdecydowanej większości miały typową barwę ciała. Natomiast wśród dojrzałych płciowo węży zaczęły się wyodrębniać ciemne i czarne formy, z przewagą tych pierwszych, przy czym barwa brzusznej strony ciała zawsze pozostawała jasna. U dorosłych samic frekwencja melanizmu okazała się wyższa niż u samców, jednak w tym przypadku zaproponowano inne wyjaśnienie niż u zmij. Mianowicie samce osiągają dojrzałość płciową przy mniejszych rozmiarach ciała, w więc szybciej niż samice. Skutkiem tego wśród samców więcej jest osobników dorosłych niż u samic, u których okres juwenilny trwa dłużej. Wyższa frekwencja melanizmu u dorosłych samic wynika

zatem z mniejszej proporcji tych samic, które są dojrzałe. Pozostaje pytanie dlaczego melanizm u tych węży w ogóle utrzymuje się w populacji? Być może nie się ze sobą spodziewane korzyści termoregulacyjne? W morzu jednak barwa nie ma wpływu na temperaturę organizmu. Wiosłogony za to spędzają część życia na lądzie, ale nawet wtedy czarna barwa na nic się nie przyda, ponieważ wiosłogony pospolite prowadzą nocny tryb życia. Drugi badany gatunek *Laticauda saintgironsi* jest natomiast często obserwowany podczas wygrzewania się w słońcu, ale u niego nie stwierdzono okazów melanistycznych. Wy tłumaczenie to można zatem odrzucić. U zwierząt morskich kontrast pomiędzy ciemnym zabarwieniem grzbietu, a jasną brzuszną stroną ciała może mieć znaczenie anty-drapieżnicze. Jednak frekwencja węży z ciemnym grzbietem była niewielka, ponadto u *L. saintgironsi* w ogóle takich osobników nie stwierdzono, więc to wyjaśnienie także wydaje się mało prawdopodobne. Wreszcie czarne zabarwienie może chronić przed szkodliwymi skutkami promieniowania słonecznego, ale i ten argument wydaje się mało realny, ponieważ jak wspomniano, wiosłogon pospolity jest gatunkiem nocnym i jest znacznie mniej narażony na promieniowanie słoneczne niż monomorficzny *L. saintgironsi*. Przy braku zadowalających wyjaśnień autorzy zasugerowali, że polimorfizm u wiosłogonów może mieć charakter przypadkowy i nie wymaga objaśniania w kontekście adaptacyjnym.

Stanisław Bury jest studentem Biologii na Uniwersytecie Jagiellońskim. E-mail: stanislaw.bury@gmail.com.

CHEMICZNE DATOWANIE CAŁUNU TURYSKIEGO

Irena Choczyńska (Kraków)

Całun Turyński jest lnianym płótnem o rozmiarach 434 cm długości i 110 cm szerokości, na którym znajduje się podwójny wizerunek ludzkiego ciała w kolorze sepii. Są to sylwetki mężczyzny, widzianego od przodu i od tyłu, skierowane głowami do siebie. Postać z Całunu nosi wyraźne ślady bicia, biczowania, noszenia korony cierniowej i ukrzyżowania.

Obraz na tkaninie jest skutkiem działania dwóch niezależnych od siebie procesów: w wyniku jednego powstał „odcisk”, a drugiego – „wizerunek” postaci.

„Odcisk”, tworzący na tkaninie ciemniejsze plamy, jest wynikiem kontaktu materiału z martwym ciałem poranionego człowieka. Najnowsze techniki badawcze pozwoliły na identyfikację wielu związków obecnych w płynach fizjologicznych, między innymi

ludzkich globulin i albumin, produktów rozpadu hemoglobiny, a także zwiększone ilości bilirubiny, które pojawiają się w osoczu męzczonego człowieka. Analizy hematologii sądowej wykazały, że skazaniec miał grupę krwi AB.

O ile sposób powstania „odcisku” nie budzi wątpliwości, na temat pojawienia się „wizerunku” nie ma żadnej wiarygodnej hipotezy. Jest on wynikiem rozpadu celulozy lnu, który zaszedł wyłącznie na powierzchni włókien, na głębokości do 40 µm. Do zagadkowych cech „wizerunku” należy: jego negatywny charakter, brak konturów, brak struktury kierunkowej, termostabilność, pozory trójwymiarowości oraz brak wpływu ciężaru ciała na proces jego powstawania. Znana jest kolejność zachodzących