

na lądzie ptaki, a w wodzie ryby. W Afryce bąkojad, czaple złotawe i inne oczyszczają skórę wielkich ssaków, jak bawoły, antylopy, żyrafy i hipopotamy. U tych ostatnich pielęgnują one także wnętrze pyska, co ma miejsce również u gadów – krokodyli. Ryby bywają czyszczone przez pewne krewetki, a przede wszystkim przez rybki z rodziny babkowatych, a zwłaszcza z rodziny wargaczowatych (*Labridae*). Tu, w wodzie, towarzyszą temu specjalne formy zachowań społecznych z obu stron – co staje się zrozumiałe, gdy o przysługę „proszą” takie drapieżniki jak murena lub rekin. Czyszczone są też pod wodą ssa-ki – jak wspomniane hipopotamy oraz walenie.

Chcę zakończyć te rozważania przykładem (b) innego, dziwnego współdziałania drapieżnika ze zwierzęciem z innego gatunku. Mam na myśli miodowody. Są to zamieszkujące tropikalne puszcze i sawanny Afryki oraz pd.-wsch. Azji ptaki z rodziny *Indicatoridae* należącej do rzędu łaźców, czyli dzięciołowych (*Piciformes*), obejmującej kilkanaście gatunków, odżywiających się owadożernie, głównie

osami i pszczołami. Są one pasożytami lęgowymi, podobnie jak nasza kukułka. Miodowód duży (*Indicator indicator*) jest jednym z dwóch gatunków, które wykształciły ewolucyjnie behawioralną symbiozę z niektórymi gatunkami ssaków, zwł. z ratelem (*Melivora capensis* z rodziny łaścowatych, *Mustelidae*) i z człowiekiem – potrafiącymi dobierać się do barci pszczół po miód. Ptaki te, znalazłszy barć zwracają donośnym głosem uwagę ratela lub człowieka, po czym wzmagają natężenie głosu i przelatując na niewielką odległość – wiodą go do barci, by po podebraniu przezeń miodu pożywić się pozostałymi larwami i poczwarkami pszczół, czy znajdowanym tam niekiedy molem woskowym (*Galleria mellonella*), a także samym woskiem (ptak ten bowiem ma w przewodzie pokarmowym specjalną symbiotyczną florę bakteryjną trawiącą wosk).

Jak widzimy, wielkim błędem byłoby sądzić, że łowy zwierzęce – to tylko mord krwiożerczego drapieżcy, posługującego się wyłącznie kłami i pazurami!

Prof. dr hab. Jerzy Andrzej Chmurzyński jest etologiem, emerytowanym kierownikiem Pracowni Etologii w Zakładzie Neurofizjologii Instytutu Biologii Doświadczalnej im. M. Nenckiego PAN w Warszawie (<http://www.nencki.gov.pl/pracownia-etologii>). E-mail: j.chmurzynski@nencki.gov.pl.

SAGOWCE

Eugene A. Beyers (Pretoria), Anna Pacyna (Kraków)

Sagowce są roślinami nagozalążkowymi, ale pokrojowo podobnymi do palm (nie rozgałęziony pień, na ogół pojedynczo pierzaste liście), lecz liście palm nie są aż tak bardzo sztywne i za młodu są nie podzielone. Należą do podgromady *Cycadophytina* (nagozalążkowe wielkolistne), klasy *Cycadopsida*¹ i rzędu *Cycadales*, obejmującego 3 rodziny: *Cycadaceae*, *Zamiaceae*, *Stangeriaceae*². Niektórzy naukowcy używają terminu „sagowce” w odniesieniu do całej klasy *Cycadopsida*.

Sagowce są jedną z najstarszych grup roślin nasiennych na ziemi i czasem słusznie odnoszone do roślin należących do czasów prehistorycznych.

Były one jednym ze składników świata roślin nasiennych w środkowym mezozoiku. Większość szczątków kopalnych pochodzi z ery mezozoicznej; najstarsze są datowane na przełom permu i triasu. W jurze (około 150 mln lat temu) przypadał ich rozkwit i ten okres jest uważany za „wiek sagowców”. W kredzie większość sagowców wymarła.

Dziś sagowce są żywymi skamielinami, rzadkimi roślinami, których historia była związana z ewolucją i wyginięciem dinozaurów.

Niektórzy z mezozoicznych przedstawicieli sagowców są podobni do współczesnych rodzajów. Szczątki kopalne są znajduwane w wielu miejscach, gdzie sagowce dziś nie występują (Grenlandia, Alaska, Argentyna, oraz na licznych stanowiskach w Europie, sięgających na Syberii do Oceanu Lodowatego, a na południu – po północne Chiny i Indie). Wskazują one na panujący tam dawniej bardziej łagodny klimat, w tych obecnie umiarkowanych, a nawet subarktycznych regionach. Obecnie, obok gniotowych (*Gnetopsida*), sagowce są jedynymi żyjącymi nagozalążkowymi wielkolistnymi.

Sagowce dziś są niewielką, szczątkową grupą w królestwie roślin, liczącą według najnowszych danych (Hill, Osborne 2004) 11 rodzajów i 305 gatunków. Lista rodzajów przedstawia się następująco: *Cycas* (99)³, *Encephalartos* (65), *Zamia* (59), *Macrozamia* (40),

¹ System przyjęty w podręczniku Szwejkowska A., Szwejkowski J. 1993.

² Niektórzy taksonomowie wyróżniają *Boweniaceae* jako osobną rodzinę.

³ W nawiasach podano liczbę gatunków.

Ceratozamia (21), *Dioon* (13), *Bowenia* (2), *Lepidozamia* (2), *Chigua* (2), *Microcycas* (1) i *Stangeria* (1). Ta duża rozbieżność w liczbie gatunków, między stanem aktualnym a danymi choćby sprzed kilkudziesięciu lat, wynika z faktu, że zasięg szeregu gatunków jest ograniczony niekiedy do niewielkiego obszaru, zajmowanego przez małe populacje w trudno dostępnym terenie. W miarę postępu penetracji różnych niedostępnych zakątków tropików, odkrywano nowe gatunki. Przykładem może być rodzaj *Chigua* z Kolumbii opisany w 1986 r. Z kolei, według starszych danych *Cycas* obejmował 30–40 gatunków, natomiast obecnie podawanych jest ich 99.



Ryc. 1. *Encephalartos* sp. Okaz męski. Fot. W. Bryszewski.

W ostatnim czasie opisano wiele nowych gatunków *Cycas* z Azji południowo-wschodniej, gdzie znajduje się centrum różnorodności tego rodzaju. Większość tych nowo opisanych gatunków występuje na bardzo niewielkim obszarze. Warto wspomnieć, że w r. 1998 Laubenfels zaproponował, w oparciu o różnice anatomiczne w budowie pnia siedmiu gatunków *Cycas*, rodzimych w Azji południowo-wschodniej, utworzenie nowego rodzaju *Epicycas*.

Sagowce występują obecnie w rejonach tropikalnych i subtropikalnych obu Ameryk, Afryki, Azji i Australii oraz na wyspach Oceanu Indyjskiego i Pacyfiku – od Madagaskaru na zachodzie, po Nową Kaledonię, wyspy Salomona i Fidżi – na wschodzie. Z wyjątkiem rodzaju *Cycas*, zasięgi poszczególnych rodzajów ograniczone są do jednego tylko kontynentu; Ameryka (*Dioon*, *Zamia*, *Ceratozamia*, *Microcycas*, *Chigua*), Afryka (*Encephalartos*, *Stangeria*), Australia (*Macrozamia*, *Bowenia*, *Lepidozamia*). Co ciekawe, rodzaje występujące na jednym kontynencie wcale nie muszą być blisko spokrewnione, jak np. afrykański *Encephalartos* jest najbliżej spokrewniony z australijską *Macrozamia*, a australijska *Bowenia* – z amerykańską *Zamia*. Świadczy to o skurczeniu się dawnych szerokich zasięgów. Tylko *Cycas* ma szeroki zasięg – od Madagaskaru na zachodzie,

poprzez Seszele, Maskareny, wyspy Archipelagu Malajskiego, wyspy pacyficzne na wschód od Australii (Fidżi i Nowa Kaledonia) – na wschodzie i od pld. Indii, Cejlonu, półwyspu Indochińskiego, południowych Chin i wysp Riukiu i Kiusiu u południowych wybrzeży Japonii – na północy, po pñ.-wsch. część Australii – na południu. Na wschodnim wybrzeżu Afryki od delty Zambezi po Kenię rośnie obecnie *C. thouarsii*, który jest rodzimym gatunkiem na sąsiednim Madagaskarze, Komorach i Seszelach. Pochodzenie afrykańskich stanowisk tego gatunku budzi dyskusję, choć jest on tam zadomowiony, a nawet sprawia wrażenie jakby jego stanowiska były naturalne. Niektórzy badacze uważają, że stanowiska te są antropogeniczne. Gatunek ten miałby zostać przywieziony przez kupców arabskich i zadomowił się.

Sagowce jako całość wykazują duże zdolności adaptacyjne do życia w różnych warunkach siedliskowych, jednak poszczególne gatunki są raczej dość ściśle związane z konkretnymi siedliskami. Warunki termiczne na obszarze ich występowania są w miarę wyrównane. Pewne różnice są między temperaturami na nizinach i w górach. W każdym razie, są to na ogół obszary bez mrozu, a jeśli się zdarza, to jest on niewielki i krótkotrwały. Większe jest natomiast zróżnicowanie zajmowanych siedlisk pod względem ich wilgotności – od wilgotnych lasów deszczowych, poprzez luźne, świetliste lasy i zarośla, przez sawannę i trawiaste zbiorowiska na górskich stokach po półpustynie. Pewne gatunki rosną na piasku, inne na kamienistych zboczach, a nawet na skałach, jeszcze inne na terenach bagnistych. Kilka gatunków rośnie, nieraz w dużych skupiskach, na ustalonych wydmach na brzegu oceanu. Niektóre gatunki tolerują gleby zasolone. Pod względem warunków świetlnych jedne gatunki preferują pełne słońce, inne pełny cień. Są jednak gatunki, które rosną zarówno w cieniu, jak i w słońcu.

Współczesne sagowce wykazują różnorodność form życiowych. Rosną bardzo powoli i żyją długo; niektóre okazy mają 1000 lat. Dla wielu gatunków charakterystyczny jest nierozgałęziony pień (kłodzina). Rzadkie są przypadki (np. *Encephalartos princeps*) rozgałęziania się pnia u podstawy, skutkiem czego jeden osobnik tworzy całe zarośla. U większości gatunków pień jest niewysoki (2–3 m), ale są też gatunki znacznie wyższe; niektóre gatunki *Encephalartos* osiągają wysokość 16 m, a *Lepidozamia hopei* (najwyższy pień) 18–20 m. Nie znaczy to jednak, że wszystkie okazy tych gatunków osiągają taką wysokość. Przeważnie mają 6–7 m.

Niektóre gatunki mają pień krótki a gruby (bulwiasty), całkowicie nadziemny lub dolną częścią pograżony w ziemi, z wystającą z niej tylko górną

częścią albo pień jest całkowicie podziemny, a ponad ziemię sterczy tylko pęk liści (np. *Zamia pygmaea*, *Bowenia serrulata*). Dwa gatunki *Zamia* są epifitami (m. in. *Z. poeppigiana*). U większości gatunków pień jest pokryty stwardniałym pancerzem pozostałości nasad dolnych liści i zeschniętych katafili⁴. Wewnątrz pień

pierzaste. Za młodu u większości gatunków liście są pastorałowato zwinięte (wyjątek – *Dioon*, *Ceratozamia*, *Encephalartos* i *Macrozamia*). W szczytowym pióropuszu liście są rozchylone na zewnątrz, a u niektórych gatunków, ich końce są zagięte ku górze. Wielkość liści jest różna, najmniejszy sagowiec –



Ryc 2. *Cycas* sp. Makrostrobil. Widoczne liściowate makrosporofile, górna, płonna część pierzasto wcinana. Fot. W. Bryszewski.

jest miękki i mięsisty, co sprawia trudność w oznaczeniu wieku. Bardzo specyficzna jest jego budowa anatomiczna. Duży jest udział tkanki mięsistej (duży rdzeń i kora pierwotna), natomiast niewielki udział drewna, szczególnie drewna wtórnego, które zbudowane jest z cewek z dużym udziałem miękiszu – drewno typu manoksylicznego. Przyrost wtórny na grubość jest nieznaczny.

Na szczycie pnia znajduje się pióropusz dużych, bardzo sztywnych, ustawionych spiralnie, wiecznie zielonych liści. Przez wierzchołek wzrostu wytwarzane są na przemian katafile i liście pierzasto podzielone. Gatunki z pniem pogrążonym w ziemi mają nieliczne liście, które tworzą się stopniowo – jeden po drugim. Na dużych okazach o pniu kolumnowym, liści jest bardzo dużo – do 100–150. Najczęściej liście są pojedynczo pierzaste. Tylko gatunki *Bowenia* i niektóre z rodzaju *Cycas* mają liście podwójnie

Zamia pygmaea ma liście tylko 5–6 cm długości, u innych – gatunki *Ceratozamia* i *Cycas* – długość liści dochodzi do 3 m, a u niektórych gatunków – *Encephalartos* – nawet do 5–6 m.

Sagowce wytwarzają palowy system korzeniowy. Korzenie są zwykle grube, mięsiste i zdolne zmagazynować wilgoć. Siewki rozwijają mocny korzeń główny, który jest kurczliwy i ma przez to zdolność wciągania pnia głębiej w glebę. Z korzenia głównego rozwijają się korzenie boczne, które powiększają cały system korzeniowy. Przeważnie są one małe, ale u gatunków o olbrzymim pniu są mocne i przypominają korzeń główny. Tworzą jakby dodatkowy korzeń główny i są pomocne w podtrzymaniu olbrzymiego pnia.

Osobliwością sagowców są korzenie boczne, wykazujące geotropizm ujemny i wytwarzające na powierzchni gleby struktury podobne do koralów; stąd ich nazwa „koralloidy” (korzenie koralowe). Kuliste

⁴ Katafile – zredukowane, grube, łuskowate liście, dł. 5–10 cm.

zgrubienia powstają przez bujanie tkanki pod wpływem obecnych w niej glonów. W protodermie tych korzeni są obecne sinice (m.in. *Nostoc cycadae*, *N. punctiforme*, *N. commune*, *Anabaena cycadae*, *A. macrozamia*). W starszych opracowaniach podawane były również bakterie azotowe (*Bacterium radicola* i *Azotobacter* sp.) oraz strzępki endomykoryzowych grzybów. Ostatnie badania ich nie wykazały, a jedyne znajduwane, to patogeny (Norstog, Nichols 1997). Sinice są zdolne wiązać azot atmosferyczny i wytwarzają pożyteczne aminokwasy – asparaginę i cytrulinę, ale też groźną neurotoksynę BMAA (β -N-metyloamino- L-alanina).

Sagowce są dwupienne, co oznacza, że organy rozmnażania męskie i żeńskie (strobile) tworzą się na osobnych roślinach. Okazy męskie i żeńskie są morfologicznie do siebie podobne, z wyjątkiem liści zarodnionośnych (sporofile).

Strobile umieszczone są albo na szczycie osi głównej i wtedy wzrost rośliny jest sympodialny, albo położenie ich jest boczne, a typ wzrostu monopodialny. Wyjątkiem są żeńskie osobniki gatunków *Cycas*, gdzie makrostrobil tworzy się na końcu osi głównej, lecz po rozpadzie strobila oś kontynuuje wzrost i tworzą się nowe liście płonne. W przypadku męskich okazów *Cycas*, strobil ma położenie szczytowe, a wzrost rośliny jest sympodialny. Liczba strobili na roślinie jest zależna od typu wzrostu. Przy sympodialnym typie wzrostu często jest tylko 1 strobil, rzadziej 2 lub 3 i często są one bardzo duże (np. 1 olbrzymi strobil u *Microcycas*). Przy bocznym położeniu, mikrostromobile mogą być liczne, np. u *Macrozamia* 20–40, a nawet ponad 100.

Wielkość i waga strobili są bardzo zróżnicowane. Na ogół makro- i mikrostromobile różnią się wielkością i kształtem. Makrostrobile mają na ogół owalny kształt i mogą mieć nawet do 1 m długości (*Lepidozamia peroffskyana*), a u *Encephalartos transvenosus* osiągają długość 80 cm, a wagę 45–50 kg. Mikrostromobile są wąskie a długie i zwykle mniejsze od makrostrobili (u *Bowenia* – mikrostromobile są 2 razy krótsze od makrostrobili). Tylko 1 gatunek *Encephalartos* ma oba typy strobili prawie jednakowej wielkości i kształtu, ale różnią się one ciężarem. Makrostrobile, ze względu na ciężar nasion, są wielokrotnie cięższe od mikrostromobili. Najmniejsze strobile są u *Zamia pygmaea* – oba typy strobili mają długość do 2 cm, a ciężar – 30 g. U większości sagowców sporofile są ustawione spiralnie na osi strobila. U *Zamia* oba typy sporofili są ustawione okółkowo.

Mikrosporofile (męskie liście zarodnionośne, pręciki) są łuskowate i ściśle do siebie przylegają. Na dolnej ich powierzchni są bardzo liczne (u *Cycas* do

1000 i więcej mikrosporangiów, zgrupowanych po 3–4). Nieliczne mikrosporangia są w rodzaju *Zamia*. W mikrosporangiach powstają mikrospory (ziarna pyłku). Makrosporofile (owocolistki) u większości sagowców, ewolucyjnie bardziej zaawansowanych, mają kształt łusek z dwoma załączkami u podstawy. Wyjątkiem jest *Dioon*; np. u *D. spinulosum* załączków jest 3–4, a nawet 5. Bardziej pierwotny typ owocolistków jest u *Cycas*. Mają one często kształt liści płonnych, są jednak mniejsze (do 40 cm dł.), nie zielone,



Ryc 3. *Encephalartos lanatus*. Rozsypujący się strobil żeński i nasiona. Makrosporofile tarczkwate. Fot. W. Bryszewski.

pokryte żółtawymi włoskami. Ich górna, blaszkowata, płonna część jest pierzasto podzielona, piłkowana lub wrębna. W dolnej części, na miejscu dolnych listków, znajdują się załączki, ustawione naprzeciwlegle lub skrzyżlegle. Liczba załączków może być różna; np. 7 u *C. thoursii*, 5–6 u *C. revoluta* i tylko 1 para u szeregu australijskich gatunków *Cycas*. U *C. revoluta* część płonna owocolistka jest bardzo dobrze rozwinięta, podczas gdy u innych gatunków obserwuje się stopniową jej redukcję.

Makrosporofile *Cycas* są dość luźno zestawione w strobilu, podczas gdy, w rodzajach o łuskowatych owocolistkach są one ciasno zestawione w zbity,

owalny strobil. Załączki są bardzo duże, u *Macrozamia* nawet 6 cm dł. (najmniejsze u *Zamia pygmaea* – 5–7 mm dł.).

Sposób zapylania u sagowców jest obecnie dyskusyjny. Dawniej istniało przekonanie, że sagowce są wiatropylne. Od lat prowadzone są obserwacje i wykonywane eksperymenty (m. in. w tunelach powietrznych). Ostatnio przeważa pogląd, że większość sagowców jest zapylana przez owady. Przeciwnicy zapylania przez wiatr wysuwają argumenty, że liczne sagowce są niskiego wzrostu i rosną wśród znacznie wyższej, zwartej roślinności i w tych warunkach wiatr nie dochodzi do ich strobili. Za owadopylnością przemawia fakt znajdowania w mikro-



Ryc 4. *Encephalartos woodii*. Okaz męski ze strobilem. Fot. W. Bryszewski.

strobilach, w okresie ich dojrzewania, rojów drobnych ryjkowców, obsypanych pyłkiem, który pozostaje na ich ciele do 60 godzin. Mogą być one przywabiane w okresie pylenia przez słaby, ale wyczuwalny zapach, jaki wydzielają strobile. Na mikrostrombilach *Cycas* i *Encephalartos* znajdowano z kolei chrząszcze. W tym wypadku nie bez znaczenia może być znacznie podwyższona (o ok. 15 stopni) temperatura wewnątrz dojrzewających mikrostrombili w stosunku do temperatury otoczenia. Niektórzy dopuszczają wiatropylność u sagowców ze stosunkowo luźnym makrostrobilem (np. *Cycas*), gdzie załączki nie są zamknięte w przestrzeni między ciasno przylegającymi, tarczokształtymi makrosporofilami a osią strobila, jak to ma miejsce u *Dioon* czy *Zamia*. W przypadku takich makrostrobili, zwolennicy wiatropylności dopuszczają współdziałanie wiatru i owadów. Wiatr przenosiłby pyłek na makrostrobil, a do załączków pyłek byłby transportowany przez owady, przywabiane barwą załączków. Doświadczenia w tunelach powietrznych nie wykluczają wiatru jako czynnika przenoszącego pyłek na powierzchnię makrostrobila *Cycas*. Natomiast transport do załączków miałby odbywać się za pomocą kropli deszczu lub rosy. Byłoby to jednak możliwe

w przypadku gatunków żyjących w środowisku, gdzie występuje deszcz lub rosa w porze pylenia *Cycas*. Zwolennicy współdziałania wiatru i owadów w przypadku takich strobili jak u *Dioon* i *Zamia*, gdzie jedyne dojście do załączków jest od nasady dolnych, sterylnych makrosporofili, uważają, że te poziomo ustawione sporofile mogą stanowić lądowisko dla owadów, które później przenoszą pyłek z powierzchni makrostrobila na załączki.

Zapłodnienie komórki jajowej odbywa się przez wielowiciowy, stożkowaty plemnik o średnicy 0,3 mm (największy na świecie). Nasiona są duże (przeciętna długość – 3–4 cm, szerokość 2–3 cm; u *Zamia pygmaea* nie dłuższe niż 1 cm, a u niektórych gatunków *Macrozamia* i *Cycas* – do 8 cm), podłużnie jajowate lub okrągłe, błyszczące, barwne (czerwone, żółte, pomarańczowe lub brązowe). Łupina nasienna jest dwuwarstwowa. Pod zewnętrzną, cienką, błoniastą warstwą, znajduje się wewnętrzna mięsista – sarkotesta, a pod nią twarda – sklerotesta. *Cycas circinalis*, *C. rumphii* i *C. thouarsii*, żyjące na wydmach na brzegu oceanu, w odróżnieniu od innych sagowców, mają nasiona z grubą warstwą gąbczastą na zewnątrz sklerotesty, które wskutek tego są zdolne utrzymywać się na powierzchni wody i zdolne do życia w słonej wodzie nawet do 5 tygodni.

Barwa nasion, soczysta i mięsista sarkotesta, a także emitowany przez nią zapach – u większości gatunków – owocowy, a u *Dioon edule* – silny odór kwasu masłowego, przywabiają liczne zwierzęta, jak małpy, gryzonie i ptaki, a także słonie (w Afryce) oraz niedźwiedzie i pekari (w Meksyku i Gwatemali), które żywią się nasionami *Dioon edule*. Soczysta i mięsista sarkotesta jest ulubionym przysmakiem dla zwierząt. Nie uszkadzają one sklerotesty i samego jądra nasienia z obfitą ale trującą zawartością, natomiast przy okazji konsumpcji przyczyniają się do rozsiewania nasion. Według starszych doniesień sarkotesta nie zawiera związków trujących, natomiast w pewnym stopniu przeczy temu wypowiedź Jonesa (1998). Nasiona sagowców są bardzo prymitywne. Zarodek formuje się całkowicie już po odpadnięciu nasienia od rośliny macierzystej i natychmiast kiełkuje. Brak jest okresu spoczynku, a więc nie posiadają charakteru przetrwalnikowego. Były podawane przypadki, kiełkowania nasion już na makrosporofilu. Z powodu znacznej wagi nasion, spadają one u podnóża roślin rodzicielskich, gdzie kiełkują i ostatecznie większość z nich obumiera.

Wpływ ognia na sagowce

Na obszarach gdzie żyją sagowce ogień jest częstym zjawiskiem. Pożary naturalne lub spowodowane

przez człowieka mogą zdarzać się co roku. Jest to głównie ogień blisko powierzchni ziemi, tak, że u niższych okazów uszkodzeniu ulegają liście, strobile i nasiona. Natomiast pień jest doskonale chroniony przez pancerz stwardniałych nasad liści i katafili. Stożek wzrostu jest chroniony przez nasady liści na szczycie pnia. Gatunki z podziemnym pniem są dobrze izolowane przez glebę.

Wkrótce po pożarze sagowce się odradzają. Obserwacje w Australii wykazały, że ogień stymuluje wzrost liści, powstawanie sporofili, a także produk-

(ang. *amylo trophic lateral sclerosis* – stwardnienie boczne zanikowe) i chorobę Parkinsona. Najnowsze badania wykazały, że BMAA indukuje selektywne degeneracje neuronów ruchowych poprzez wzrost koncentracji jonów wapnia oraz tworzenie się reaktywnych form tlenu (ROS). U małej BMAA uszkadza korę ruchową mózgu i w mniejszym stopniu rdzeń kręgowy. BMAA podlega silnej bioakumulacji. O ile 1 g sinicy zawiera 0,3 µg, to w korzeniach sagowca jest już 9 µg/g, a w tkankach roślinożernego nietoperza *Pteropus mariannus*, żywiącego się nasio-



Ryc 5. *Cycas* sp. Okaz żeński. Strobil na szczycie pnia. Fot. W. Bryszewski.

cję nasion (wzrastała nawet siedmiokrotnie). Podobnie na sawannach Południowej Afryki, gdzie pożary pojawiają się regularnie, zauważono wpływ ognia na tworzenie się sporofyli u licznych gatunków *Encephalartos*.

Związki toksyczne

Sagowce zawierają szereg trujących związków, z których najważniejsza jest neurotoksyna BMAA, wytwarzana przez symbiotyczne bakterie, występujące w koralloidach i azoksyglikozydy – cykazyne i makrozamina, wytwarzane przez same sagowce.

Neurotoksyna BMAA (β -N-metyloamino-L-alanina) – aminokwas niebiałkowy, bogaty w azot, oddziałuje neuropatologicznie i może powodować SLA

nami sagowców – 3556 µg/g. Nietoperze były ulubionym pożywieniem mieszkańców wyspy Guam w archipelagu Marianów i prawdopodobnie one są przyczyną choroby nazwanej zespołem neurodegeneracyjnym zachodniego Pacyfiku, na którą po II wojnie światowej chorowała znaczna część mieszkańców wyspy.

Najczęstszymi objawami zatruc neurotoksynami sinicznymi są: osłabienie, bóle brzucha, drżenie mięśni, trudności w oddychaniu, zachwianie równowagi. Roślinożerne zwierzęta po zjedzeniu liści sagowców dostają paraliżu tylnych nóg, co przynosi wielkie szkody w stadach bydła i owiec. Ciężkie zatrucia mogą prowadzić do śmierci zwierzęcia, albo bezpośrednio albo pośrednio – z powodu narastającego głodu, ponieważ zwierzę jest unieruchomione.

Cykazyna, znana od dawna i odkryta później makrozamina, znaleziona w nasionach *Macrozamia* i *Encephalartos*, występują we wszystkich badanych sagowcach (Moretti et. al. 1983). Starsze opracowania podawały, że cykazyna nie występuje u *Stangeria* i *Ceratozamia*. Związki te nie są szkodliwe, dopóki nie przejdą przez przewód pokarmowy. Wtedy



Ryc. 5. *Encephalartos lebomboensis*. Boczenie ustawione mikrostrombile. Fot. W. Bryszewski.

uaktywniają się pod wpływem enzymu β -glikozydazy znajdującej się w wielu „dobrych” bakteriach jelitowych i rozkładane są na cukier i aglikon – metylazoksymetanol (MAM), który jest związkiem silnie toksycznym, mutagennym i karcynogennym. Może powodować raka jelita grubego, uszkadzać komórki wątroby. MAM jest nietrwały, a produkty jego rozkładu uszkadzają DNA.

Azoksyglikozydy występują w sagowcach przeważnie w wysokich stężeniach, zróżnicowanych w różnych częściach sagowców i stężenie to może zmieniać się w czasie. Makrozamina występuje u prawie wszystkich sagowców (również u *Cycas*) w większym stężeniu niż cykazyna. Zatrucia u zwierząt są wynikiem spożycia sagowców – głównie liści, ale właściwie wszystkie części (pnie, korzenie i nasiona) zawierają trucizny. Wbrew dawniejszym poglądom, że sarkotesta nasion nie zawiera związków trujących, analizy z 1990 r. wykazały ich obecność u *Cycas*, *Encephalartos* i *Stangeria*.

Te toksyczne związki stanowią ochronę sagowców przed kręgowcami roślinożernymi oraz szkodnikami owadzimi. Co ciekawe owady zapylające strobile są uodpornione na toksyny sagowców.

Endemiczne rodzaje sagowców w Afryce

Dwa rodzaje sagowców mają zasięg ograniczony tylko do Afryki. Są to *Encephalartos* z licznymi gatunkami i monotypowy rodzaj *Stangeria*.

Nazwa *Encephalartos* wywodzi się z greckich słów – *en* = wewnątrz, *kepkali* = głowa i *atros* = chleb, co znaczy „chleb w głowie”. Wyrażenie to odnosi się do pnia, bogatego w tkankę miękiszową z dużą zawartością skrobi, z której otrzymywana jest mączka (sago), używana do sporządzania pokarmu. Najwięcej skrobi znajduje się w najwyższej części pnia.

Natomiast epitet gatunkowy „*transvenosus*” odnosi się do delikatnej siatki bocznych nerwów pomiędzy nerwami głównymi, widocznymi przy oglądaniu liścia pod światło.

Encephalartos, liczący według najnowszych danych 65 gatunków, jest jednym z największych wśród sagowców. Występuje w Afryce środkowej, środkowo-wschodniej i południowej (Gana, Togo, Benin, Nigeria, Republika Środkowo-Afrykańska, Południowy Sudan, Kongo, płn. skrawki Angoli, Kenia, Uganda, Tanzania, Zambia, Zimbabwe, Malawi, Mozambik, RPA i Suazi. Afryka Południowa z 39 występującymi tam gatunkami jest jednym ze światowych centrów różnorodności sagowców.

Gatunki rodzaju *Encephalartos* występują w rejonach zarówno z dużymi opadami deszczu, jak i w suchych; na nizinach i w górach. Zajmują bardzo różne siedliska – gęste lasy, luźne lasy, luźne zarośla, sawanny, zbiorowiska trawiaste, skalne wąwozy, ale też piaszczyste wydmy nadmorskie. *E. transvenosus* rośnie w dużych skupiskach na górskich stokach, w zbiorowiskach niskich traw, na wys. 600–1000 m n.p.m. Rodzaj obejmuje obie odmiany – o pniu bulwiastym i kolumnowym, a liście pewnych gatunków są kolczaste (np. *E. ferox* i *E. latifrons*).

Pod względem wysokości pnia i postaci gatunki *Encephalartos* wykazują duże zróżnicowanie, które może się wiązać z adaptacją do środowiska. Są tu gatunki zarówno z podziemnym pniem jak u *E. ferox*, który czasami może wyrastać nad ziemię do wysokości 1 m, średnio wysokie gatunki z pniem do 4 m wys. (*E. laevifolius*), jak też z wysokim, kłodziniastym pniem do 15–16 metrów (*E. transvenosus*), czasami rozgałęzionym u nasady (*E. princeps*). Z powodu różnic we wzroście, niższe rośliny mogą być znacznie starsze od tych wysokich. Pięciometrowy okaz *E. transvenosus* może mieć kilkadziesiąt lat, podczas gdy *E. frederici-quilielmii* z pniem wysokości 1 m, może być od niego znacznie starszy.

Encephalartos transvenosus jest nazywany „palmą Modjadji” (Modjadji palm) od imienia legendarnej królowej deszczu. Królowa Modjadji, władczyni Lovedu, plemienia żyjącego w prowincji Limpopo i mówiącego językiem Bantu, jest reprezentantką 400-letniej dynastii matriarchalnej. Według wieści, każdorazowa królowa posiada magiczną moc

srowadzania deszczu. Te królewskie drzewa były chronione przez kolejne pokolenia królowych deszczu. Drzewa te występują głównie na dwu wzgórzach koło Duiwelskloof, gdzie tworzą jednogatunkowy las, nazywany także Lasem Deszczowym Modjadji. Jest to jedyny las sagowcowy w Afryce Południowej. W celu zapewnienia ochrony tych sagowców, Modjadji prosili rząd RPA o proklamowanie tego obszaru rezerwatem przyrody. W rezerwacie przyrody Modjadji (Modjaji Nature Reserve) jest największe skupienie pojedynczego gatunku sagowca na świecie.

Stangeria jest reprezentowana współcześnie tylko przez jeden gatunek – *S. eriopus*, dawniej *S. paradoxa*. Epitet rodzajowy według jednych źródeł pochodzi od nazwiska dr Williama Stangera, który przyczynił się do właściwej klasyfikacji tej rośliny, pierwotnie uznawanej za paproć. Dopiero dr Max Stanger dostarczył żywy okaz, na podstawie którego roślina ta została prawidłowo opisana. Nazwa gatunkowa „*eriopus*” pochodzi od aksamitnego, szarego owłosienia liści, które szybko zanika, pozostając tylko na ogonku liściowym. Jest to niewysoka roślina (wysokość mniej niż 2 m) o całkowicie podziemnym pniu i wyglądzie wieloletniej rośliny zielnej z pierzasto podzielonymi liśćmi. Ich nerwacja jest typowa dla paproci, tzn. z licznymi, równoległymi nerwami bocznymi, odchodzącymi od nerwu głównego. Jest to cecha nie spotykana u innych sagowców. Stąd pierwsze znalezione okazy *Stangeria* zaliczano do paproci.

Wrzecionowaty korzeń główny niepostrzeżenie przechodzi w bulwiastą podziemną łodygę, o średnicy 10–25 cm. Nad ziemią sterczy 1–2, rzadko więcej, dużych, pierzasto podzielonych liści, za młodu pastorałowato zwiniętych. W zależności od siedliska na jakim występuje roślina, tworzy ona dwie formy morfologiczne. Forma „leśna” występuje na terenach z wyższymi opadami i zwartą roślinnością drzewiastą i rosnące tam osobniki *Stangeria* mają duże, szerokie liście, mogące osiągać długość do 2 m. Na terenach otwartych, w regionach narażonych na coroczną suszę i pożary, z roślinnością trawiastą – liście są krótkie (długość do 30 cm) pokryte grubą kutikulą. Niekiedy łodyga rozgałęzia się i powstaje do 12 gałęzi, a każda z nich wytwarza liście i pojedynczy strobil. Strobil męski jest cylindryczny, długości 10–25 cm i średnicy 3–4 cm, o szpiczastym szczycie, za młodu srebrzyście owłosiony. W miarę dojrzewania strobil się wydłuża, a włoski zanikają i strobil przybiera barwę żółto-brązową. Strobil żeński ma kształt owalny lub stożkowaty, długości ponad 18 cm, a średnicy 8 cm, na szczycie zaokrąglony. Za młodu również owłosiony srebrzyście; później włoski zanikają, a w miarę

dojrzewania strobila barwa zmienia się na ciemno zieloną. Makrosporofole są łuskowate o zewnętrznej powierzchni nieco wypukłej, z dwoma zalążkami u podstawy. Owocolistki ustawione są skrętolegle, ale w ten sposób, że tworzą 6 pionowych pasm. Sarkotesta dojrzałych nasion ma kolor ciemnoczerwony, który zmienia się na brązowy. Nasiona są rozsiewane przez ptaki i afrykańskie wiewiórki z rodziny *Sciuridae*. Podobnie jak inne sagowce, *Stangeria* również wytwarza „korzenie koralowe”.

Stangeria występuje na niewielkim obszarze Afryki Wschodniej, w przybrzeżnym pasie (m. 27° a 33° szer. geogr. płd.) szerokości 2–3 km od brzegu oceanu, zajmując osłonięte miejsca, poza zasięgiem słonecznej mgiełki, gdyż *Stangeria* nie toleruje soli. Rośnie w świetlistych, wiecznie zielonych lasach lub niskich traworoślach, często sąsiadujących z plażą.

Zagrożenie i ochrona sagowców

Obecnie sagowce w naturze nigdzie nie występują licznie. W niektórych krajach pewne gatunki zajmują pierwsze miejsca na liście gatunków zagrożonych. Są obecnie najbardziej zagrożoną grupą roślin, co zostało ujawnione w ostatnim globalnym oszacowaniu sagowców przez Międzynarodową Unię Ochrony Przyrody (IUNC). U wielu gatunków sagowców spada liczebność okazów i wzrasta ryzyko ich wyginięcia z powodu kradzieży i zbierania bez żadnych skrępowań z naturalnych siedlisk. Afrykańskie sagowce są rzadkie i zanikają w naturze z powodu małych populacji; ok. 38% sagowców znajduje się na Czerwonej Liście. W Afryce Południowej najbardziej zagrożonym rodzajem jest *Encephalartos*, a wymarcie w stanie naturalnym *E. woodii* i *E. relictus* zostało potwierdzone.

Wielkie zagrożenie stanowią przemytnicy, którzy wybierają rzadkie i zagrożone gatunki, nie zważając gdzie one rosną – w stanie dzikim czy ogrodzie botanicznym. Ostatnio utworowali sobie drogę do Ogrodu Botanicznego w Johannesburgu i wykopali 20 najbardziej zagrożonych roślin. Niektóre z tych roślin trafiają za granicę, jak do USA i krajów azjatyckich, gdzie kolekcjonerzy są gotowi zapłacić do 10 000 dolarów za duże okazy rzadkich gatunków. Obecnie globalny handel tymi roślinami, jest ograniczony zgodnie z postanowieniami Konwencji Międzynarodowego Handlu Zagrożonymi Gatunkami (CITES – Convention on International Trade of Endangered Species). Wszystkie sagowce w Afryce Południowej, podlegają pod CITES Appendix I, który dotyczy gatunków

najbardziej zagrożonych. Zakłada on, że handel materiałem roślinnym pozyskiwanym ze stanu dzikiego jest zakazany, a cały handel hodowanymi roślinami jest ściśle regulowany. Nawet na hodowanie sagowców w prywatnym ogrodzie wymagane jest zezwolenie. Rozmnażanie chronionych roślin z nasion i odrostów jest wielką pomocą w ochronie zagrożonych gatunków.

Znaczenie użytkowe

Pomimo, że sagowce są znane jako rośliny trujące, mają też pewne znaczenie jako rośliny użytkowe. Tam gdzie rosną w stanie dzikim, są wykorzystywane jako pożywienie i w medycynie ludowej, do wyrobu przedmiotów codziennego użytku lub pamiątek, a także do celów rytualnych.

Szereg sagowców, w tym kilka gatunków *Encephalartos* ma postać pięknych drzew, które poza ich naturalnym środowiskiem ozdabiają liczne ogrody, szklarnie i arboreta, a w chłodniejszych obszarach, małe okazy rosną w donicach jako rośliny domowe. Liście sagowców są także używane do dekoracji miejsc, gdzie odbywają się różne imprezy – zabawy lub oficjalne uroczystości, a także do wieńców pogrzebowych, jako imitacja liści palmowych.

Sagowce dostarczają również pożywienia. Na skalę przemysłową z rdzenia pnia, którego komórki zawierają dużo skrobi, wyrabiana jest mączka *sago* (należy pamiętać, że mąkę *sago* w większej ilości otrzymuje się z rdzenia niektórych palm, przede wszystkim z sagownicy – *Metroxylon sagu*). W niektórych regionach, tubylcze plemiona wyrabiają z rdzenia pnia lub nasion sagowców swego rodzaju chleb, np. w Południowej Afryce z „palmy chlebowej” (ang. *bread palm*) (nazwa odnosi się do kilku endemicznych gatunków *Encephalartos* – *E. caffer*, *E. ferox*, *E. horridus*). Po zbiorze, surowiec jest suszony i mielony na mączkę, która jest później używana do wyrobu chleba. Na małą skalę jest to wciąż praktykowane wśród kilku rolniczych plemion. Aborygeni w Australii z nasion *Cycas armstrongii* robią swego rodzaju chleb, który jest ciężki, zakalcowaty, ma nieprzyjemny zapach, ale świetnie smakuje (zwłaszcza w okresie głodu) i długo się trzyma. Także nasiona meksykańskiego sagowca *Dioon* są ważnym źródłem pożywienia dla kilku tubylczych plemion.

Ponieważ większość organów sagowców zawiera toksyczną cykazynę i makrozaminę, toksyny te muszą być najpierw usunięte z rośliny, zanim sporządzi się z niej pokarm. Przeważnie osiąga się to przez długotrwałe płukanie surowca, a także prażenie. Prawdopodobnie pierwszymi Europejczykami, którzy

przekonali się o trującym działaniu sagowców byli żeglarze kapitana Jamesa Cooka, którzy po wylądowaniu we wschodniej Australii, znaleźli ognisko Aborygenów z pozostawionymi w nim nasionami *Cycas*, które uznali za jadalne. Po zjedzeniu ich wielu ciężko zachorowało, a dwóch zmarło. Również inni podróżnicy, widząc tubylców jedzących pokarm z sagowców, naśladowali ich bez zastosowania potrzebnych czynności ochronnych i przypłacali to życiem. O sile trucizny świadczy fakt, że Indianie w Gwatemali używali soku z *Zamia* do wykonywania wyroków śmierci na skazańcach.

Sagowce są również używane w medycynie ludowej do wyrobu leków. Produkowany przez niektóre gatunki rodzaj żywicy, którego największe ilości znajdują się w ogonkach liściowych i osadkach liści, jest używana do leczenia ukąszeń węży i owadów, jak również uciążliwych wrzodów i czyraków. Papka z nasion *Cycas* zmieszana z olejem kokosowym jest stosowana w różnych krajach azjatyckich na choroby skórne, rany i owrzodzenia. W Meksyku wywar z nasion *Dioon edule* jest używany do uśmierzania nerwobóli.

Różne części sagowców używane też są do wytwarzania różnych przedmiotów codziennego użytku lub wyrobów regionalnych. Wełnistymi włoskami, znajdującymi się u nasady ogonków liściowych gatunków *Cycas* i *Macrozamia*, są wypychane poduszki i materace. Liście pewnych gatunków są używane do pokrycia dachów, wyrobu koszyków, mat i kapeluszy lub używane są jako miotły. Pnie wysokich gatunków *Cycas* są używane jako podpory domów. Gwizdki i zabawki są robione z suchych, wydrążonych nasion *Dioon spinulosum* i różnych gatunków *Cycas*. Fantazyjne pudełka na zapałki wyrabiane są z australijskiej *Lepidozamia peroffskyana*, a w Indiach – tabakierki z wydrążonych nasion *Cycas circinalis*. Na Florydzie lulki do fajek wyrabia się z wysuszonych korzeni *Zamia integrifolia*.

Warunki uprawy

W krajach o cieplejszym klimacie sagowce są często hodowane w parkach lub przydomowych ogrodach. Chociaż rosną powoli, są bardzo łatwe w uprawie. Są stosunkowo odporne na choroby i pospolite owady-szkodniki. Wiele gatunków łatwo adaptuje się w obszarach z bardzo małą ilością opadów i rośnie tam bez problemów. Najlepiej się czują w temperaturze 20–30°C, ale nie tolerują temperatury poniżej –5°C. Preferują lekko kwaśne, dobrze drenowane podłoże (nadmiar wilgoci szkodzi korzeniom).

W ostatnich latach, w krajach z chłodniejszym klimatem, popularna stała się hodowla sagowców w domach, ale ze względu na rozłożyste liście, wymagają nieco większej przestrzeni. Lubią światło, ale nie tolerują bezpośredniego silnego działania promieni słonecznych. W lecie można je wystawiać na tarasy lub do ogrodów, ale wtedy należy je stopniowo przyzwyczajać do bezpośredniego działania słońca. Można je rozmnażać z nasion lub odrostów.

Sagowce w Ogrodzie Botanicznym UJ w Krakowie

Na zakończenie warto wspomnieć o kolekcji sagowców w Ogrodzie Botanicznym UJ w Krakowie, która należy do jednej z największych w Polsce.

Pierwszym sagowcem jaki pojawił się w krakowskim Ogrodzie Botanicznym był *Cycas revoluta* (1809 r.). Podwaliny pod obecną kolekcję dał J. Warszewicz w latach 1844–1866. Obecnie hodowanych jest 18 gatunków z 7 rodzajów, w tym 5 gatunków reprezentowanych jest przez okazy męskie i żeńskie.

Chociaż sagowce są fascynującymi roślinami, większość ludzi na świecie nigdy o nich nie słyszała, nawet nie wie, że są jednymi z najstarszych żyjących roślin, mających historię ponad 250 mln lat.

Prof. Eugene A. Beyers jest emerytowanym profesorem Uniwersytetu w Pretorii (RPA).

Dr hab. Anna Pacyna jest emerytowanym docentem Instytutu Botaniki UJ. E-mail: anna.pacyna@uj.edu.pl

GŁOSY PTAKÓW, ZAPACH LASU

Przemysław Barszcz (Kraków)

Czy można obserwować ptaki nie widząc ich? Czy angielski termin „birdwatching” to nazwa jednej z najpopularniejszych na świecie form aktywności przyrodniczej, czy też niebezpieczeństwo zapomnienia o bogactwie możliwości zdobywania informacji przez ornitologa znającego głosy ptaków?

„Głosy ptaków, zapach lasu” to nazwa programu ornitologicznego Polskiej Fundacji Przyrodniczo-Leśnej realizowanego wraz z dziećmi i młodzieżą – uczniami Specjalnego Ośrodka Szkolno-Wychowawczego dla Dzieci Niewidomych i Słabowidzących w Krakowie.

Podstawowe założenie programu jest oparte na specyfice ornitologii jako formy poznawania przyrody, opierającej się w dużej mierze na zmyśle słuchu. Rozpoznawanie gatunków ptaków poprzez rozpoznawanie ich charakterystycznych głosów stanowi podstawową metodę badawczą stosowaną do opisu i inwentaryzacji ornitofauny zarówno w ornitologii amatorskiej jak i profesjonalnej. W zależności od gatunków ptaków i warunków prowadzenia obserwacji

metoda ta jest najbardziej skutecznym i wiarygodnym sposobem zbierania informacji.

Pośród rodzajów obserwacji ornitologicznych, opartych w zasadzie wyłącznie na znajomości głosów wydawanych przez ptaki, są badania sów i innych ptaków o nocnym trybie życia. Jednak poza tymi oczywistymi przypadkami, w ornitologii co chwilę spotkamy się z sytuacją, w której bez znajomości głosów ptaków trudno o jakiegokolwiek efekty.

Samo dostrzeżenie piecuszka *Phylloscopus trochilus* lub pierwiosnka *Phylloscopus collybita* i uchwycenie ich w szklach lornetki jest zadaniem trudnym. Natomiast rozróżnienie tych dwóch gatunków po upierzeniu w warunkach terenowych jest często zbyt trudne nawet dla doświadczonych ornitologów. W dodatku piecuszki i pierwiosnki zamieszkują to samo środowisko i prowadzą bardzo podobny tryb życia. Wystarczy przeczytać w jednym z najlepszych europejskich atlasów do oznaczania ptaków w terenie, autorstwa wielkiego specjalisty w tej dziedzinie – Larsa Jonssona, jakie cechy powinniśmy spróbować