



**dr Dominik
Tomaszewski**

Jest adiunktem
w Instytucie
Dendrologii PAN
w Kórniku. Zajmuje się
mikromorfologią
i systematyką roślin.
dominito@man.poznan.pl

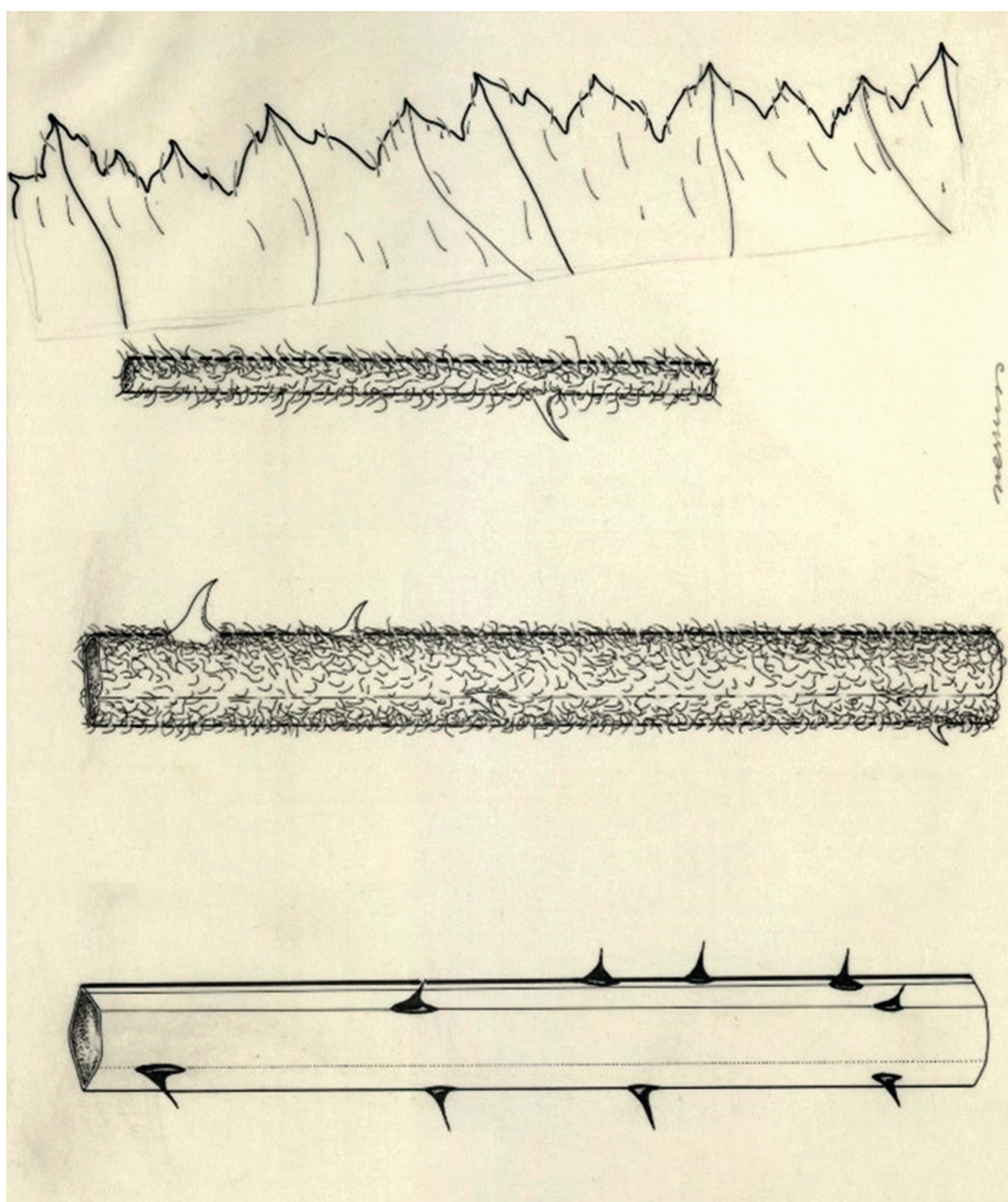


**dr hab.
Marzenna Guzicka**

Jest adiunktem
w Instytucie
Dendrologii PAN,
gdzie zajmuje się
problematyką
spoczynku pąków
drzew, szczególną
uwagę koncentrując
na zależnościach
między ich strukturą
a funkcją.
guzicka@man.poznan.pl

RYSUNKI I MIKROGRAFIE

CZYLI O DWÓCH ASPEKTACH OPISYWANIA ŚWIATA



Morfologia fragmentów
jeżyny wzniesionej
(*Rubus nessensis*):
brzeg listka szczytowego,
szypułka, oś kwiatostanu
i pęd wegetatywny

Jak można obrazować świat roślin? Czym się różni rysunek od mikrografii i dlaczego najlepszej jakości zdjęcie nie dorównuje ręcznie przygotowanym ilustracjom?

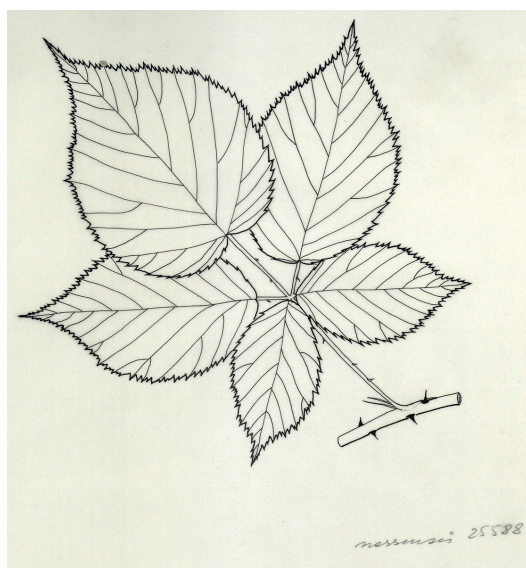
Dominik Tomaszewski
Marzenna Guzicka

Instytut Dendrologii
 Polskiej Akademii Nauk w w Kórniku

Sensem nauk biologicznych od ich zarania było zrozumienie i opisywanie świata organizmów. Aż prosi się, by dodać „żywych”, ale przecież dobrze wiadomo, że nie możemy pominąć tu organizmów już wymarłych. Owe zrozumienie i opisywanie w naukach przyrodniczych zawsze ściśle wiązało się z obrazem. Na przykład różnice morfologiczne między różnymi gatunkami znacznie lepiej pokazuje dobra ilustracja niż nawet najbardziej rozbudowany opis. Już stare, średniowieczne opisy roślin leczniczych były opatrzone rycinami, może niedoskonałymi z naszego współczesnego punktu widzenia, jednak ukazywały istotę – to, co najważniejsze. We współczesnych czasach techniki obrazowania są tak zaawansowane i tak wyrafinowane, że niektórzy powątpiewają w sens rysunku czy rycin.

Między kliszą a kartką

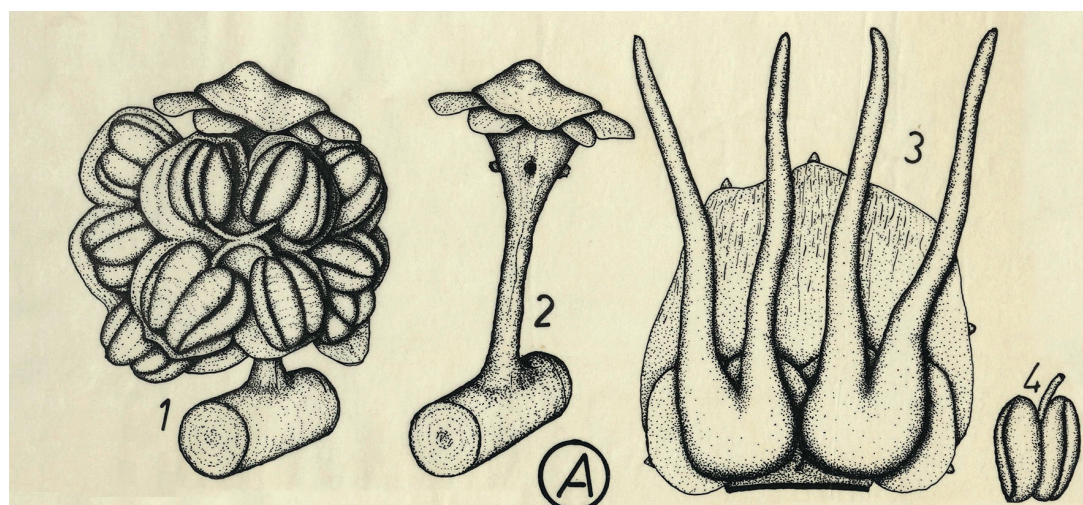
Fotografia jest wszechobecna, jednak nie wyparła rycin. Skoro można roślinę czy zwierzę zilustrować zdjęciem, wydawałoby się perfekcyjnie, bez pominięcia żadnego szczegółu budowy, to dlaczego rysunki



Liść pędu wegetatywnego
 jeżyny wzniesionej
 (*Rubus nessensis*)

JERZY ZIELIŃSKI, Z ZASOBÓW RCIN.ORG

nie zostały wyparte choćby z prac naukowych i podręczników akademickich? W obecnych czasach rysunek jest nadal jedną z podstawowych metod przedstawiania rzeczywistości w biologii. Otóż rysunek biologiczny (mam tu na myśli nie jakąkolwiek ilustrację związaną z biologią, lecz rycinę wykonaną ręcznie, oddającą budowę jakiegoś organizmu) nie jest tożsamy z fotografią bez względu na technikę, w której go wykonano. Twórca rysunku wie, jakie elementy budowy mają szczególne znaczenie, i potrafi je wyeksponować na rycinie. Nie chodzi w tym wypadku zatem o wierne przedstawienie wszystkich detali, lecz



Fragmety budowy kwiatu
 i owocu olszy czarnej
 (*Alnus glutinosa*)

ADAM BORATYŃSKI, Z ZASOBÓW RCIN.ORG

ACADĒMIA PREZENTACJE Botanika

Fot. 1

Dwuramienny trichom haczykowaty na łodydze chmielu (*Humulus lupulus*) pełni funkcję czepną i ułatwia roślinie wspinanie się po podporze. Obraz z SEM

Fot. 2

Dwuramienny, pokryty guzkami włossek na liście derenia białego (*Cornus alba*) – epiderma z charakterystycznymi fałdami kutykuli. Obraz z SEM

Fot. 3

Płytki wosku na powierzchni łodygi szczawiu trójkątnodziałkowego (*Rumex triangulivalvis*). Obraz z SEM

Fot. 4

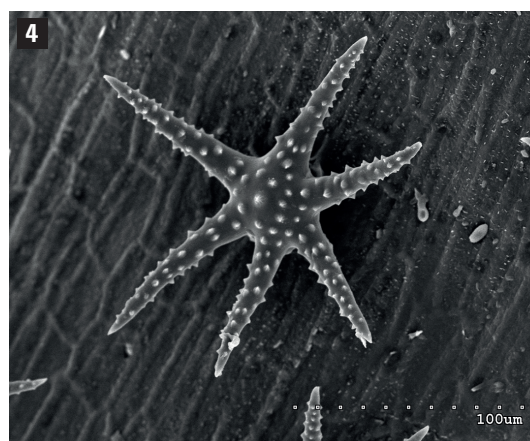
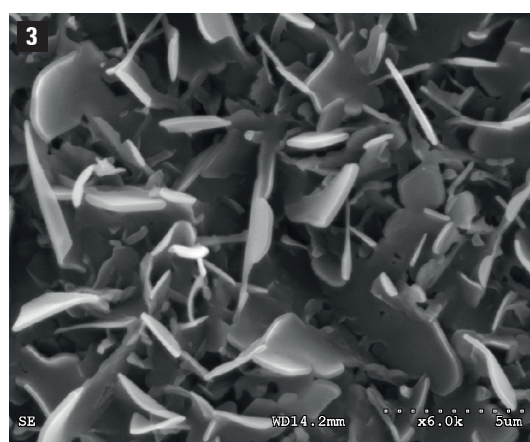
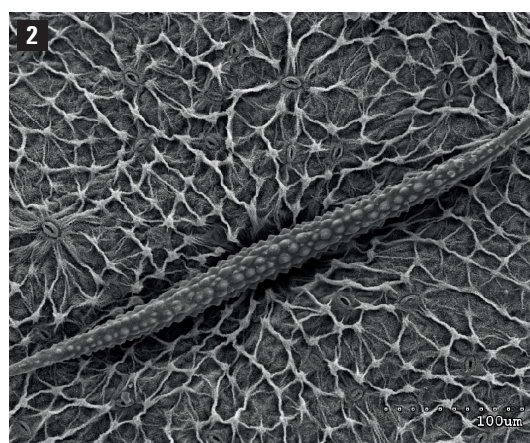
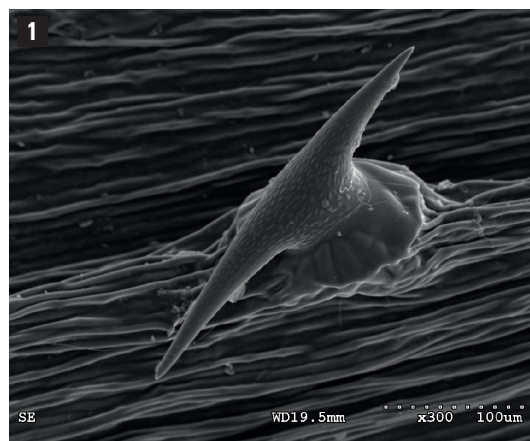
Włossek gwiaździsty na łodydze żylistka (*Deutzia scabra*). Obraz z SEM

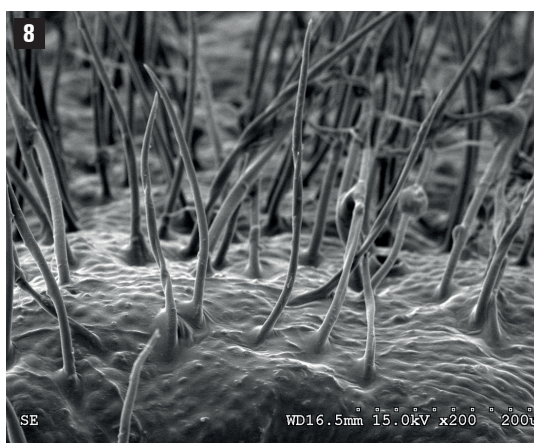
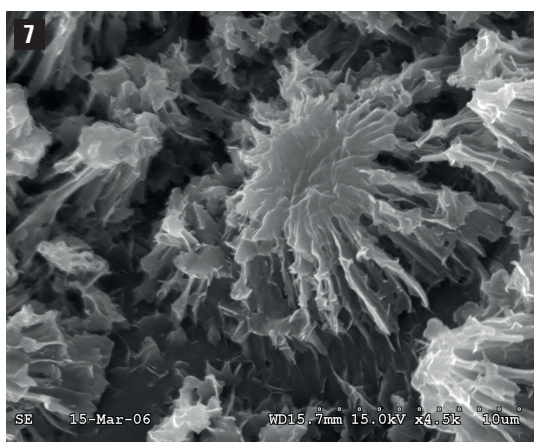
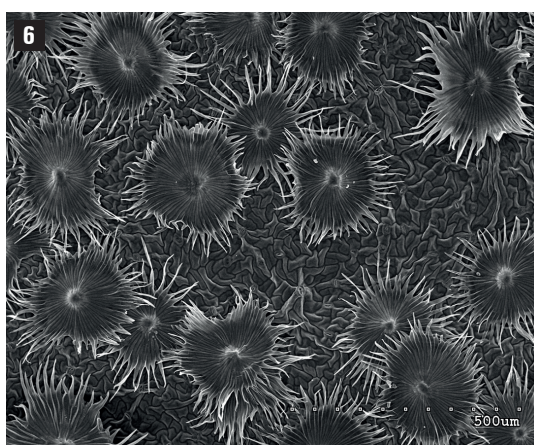
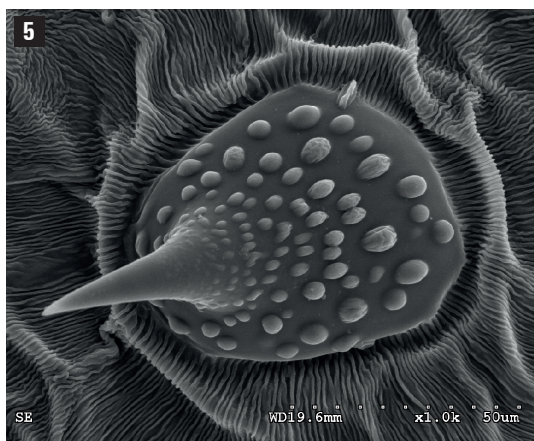
skupienie się na tych ważnych i stanowiących wspomnianą istotę, a jednocześnie o pozostawienie innych szczegółów, które uzna za niezbędne do właściwego oddania obiektu. Rysunek ma tę przewagę nad fotografią, że do jego powstania zastosowano swoisty filtr – filtr wiedzy, którą można osiąść tylko dzięki dogłębnemu poznaniu badanego obiektu. Jeśli taki obiekt to pęd rośliny i ma charakterystyczną cechę, np. zadziory albo niewielkie kolce, to na fotografii mogą one nie zostać dobitnie wyeksponowane, zlewając się z tłem i innymi elementami budowy. Z kolei świadomy rysownik, pozostając wierny obrazowi obiektu, może na rycinie wskazać to, co szczególnie istotne, to, na co powinniśmy zwrócić uwagę. Wybiera zatem ten detal, na którym mu zależy, ponieważ wie, jaka jest jego waga. Owo „wie” ma tu szczególnie doniosłe znaczenie: wie, ponieważ długo to studiował, wie, bo dokonał wyboru elementów ważnych, wie, co można pominąć. Owo „wie” stanowi esencję rysunku, a zarazem jest cechą badacza, który dotarł do jakichś konkluzji, coś ustalił. Rysownik pozbawiony owego „wie” może co najwyżej starać się wiernie oddać poglądowy wizerunek, ewentualnie skupi się na cechach, które nie mają większego znaczenia, a więc nie wydobywają istoty. Rysunek ułatwia dostrzeżenie tego, co ważne, wykorzystując uproszczoną formę. Staje się w ten sposób doskonałym streszczeniem, podsumowaniem i esencją.

Wciąż potrzebny

O tym, że pozycja rysunku nie wydaje się zachwiana we współczesnej biologii, świadczą książki i czasopisma naukowe. Wystarczy zajrzeć do najnowszego polskiego wydania *Dendrologii*, do podręczników anatomii roślin, kluczy do oznaczania czy flor (publikacji, które zawierają zestawienia gatunków roślin z konkretnych obszarów z opisami budowy, rozmieszczenia gatunków oraz kluczymi do ich oznaczania). Rysunek jest absolutnie ich naturalną częścią składową i wskazuje, co jest istotne. To samo dotyczy czasopism z opisami nowych gatunków czy monografii systematycznych. Wraz z upowszechnianiem się wysokiej jakości fotografii cyfrowej sztuka sporządzania dobrego rysunku tradycyjnymi metodami stopniowo zanika wśród biologów. Pewną nadzieję można pokładać, paradoksalnie, w rozwoju technik cyfrowych, a dokładniej narzędzi do rysowania, ponieważ upraszczają one bądź co bądź żmudne oddawanie szczegółów budowy. Łatwiej usunąć dopiero co nałożone nowe kreski na ekranie tabletu, cofając operację, niż wymazać linie wykonane piórem czy nawet delikatne pociągnięcia ołówka.

Rysunki wydobywają cechy ważne, eksponują charakterystyczne detale, bo są kompilacją dziesiątków preparatów, setek przejranych okazów, wielu godzin analiz, stąd ich dokładność i niezwy-





kła informatywność. We wszelkiego rodzaju kluczach do oznaczania sprawdzają się one lepiej niż fotografia, ta bowiem jest zawsze tylko rejestracją pojedynczej obserwacji.

W świecie mikro

Dokumentacja w postaci fotografii nie jest jednak gorszą, lecz inną formą utrwalenia obserwacji, a przy zastosowaniu odpowiednich narzędzi pozwala pokazać świat, do którego wzrok nie sięga, i dokumentować obiekty w skali mikro czy nano. Te narzędzia to mikroskopy, a wśród nich szczególne miejsce zajmują te, które pozwalają na obserwację obiektów powiększonych nawet tysiące razy – mikroskopy elektronowe. Dają one zupełnie nowe możliwości, nowe sposoby poznania i zrozumienia funkcjonowania organizmów.

Transmisyjny mikroskop elektronowy (TEM) umożliwia obserwację ultrastruktury komórek. Analiza ich budowy pozwala pośrednio na wnioskowanie o aktywności komórek czy poszczególnych organelli. Obserwacje budowy wewnętrznej komórek są prowadzone z wykorzystaniem fragmentów tkanek wcześniej pociętych na ultracienkie skrawki (grubości kilkudziesięciu nanometrów). Przygotowuje się je w taki sposób, by poszczególne struktury komórkowe różnie oddziaływały z wiązką elektronów. W tym celu skrawki są odpowiednio „barwione”. W pewnym sensie bez względu na typ mikroskopu procedury mikrotechniczne są bardzo podobne. Materiał należy utwalić, zatopić we właściwym ośrodku, pokroić na skrawki określonej grubości, zabarwić i obserwować. W mikroskopie świetlnym stosujemy wiele różnych barwników, które w próbce wybarwiają konkretne substancje (np. celulozę lub lipidy), by potem światło selektywnie ukazywało struktury, które takie substancje zawierają (np. ściany komórkowe lub kutykulę). Przy dużych powiększeniach komórki są niemal przezroczyste i bezbarwne. Żeby coś w nich dostrzec, należy zastosować barwniki, które działają wybiórczo. Rolę barwników w TEM odgrywają metale ciężkie (np. osm, ołów, uran czy złoto), które pochłonięte przez konkretne struktury w komórce nadają im różną gęstość elektryczną. W ten sposób uzyskuje się zwiększenie kontrastu między różnymi elementami obrazu.

Samo powiększenie nie stanowi o jakości obrazu. Innym niezwykle ważnym parametrem jest zdolność rozdzielcza, która określa rozmiary najmniejszych szczegółów, które można dostrzec w próbce. Na zdolność rozdzielczą ma wpływ długość fali: im fala jest krótsza, tym lepsza zdolność rozdzielcza. Zdolność rozdzielczą mikroskopu optycznego określa się na 100–200 nm i jest ona związana z tym, że wykorzystuje się w nim światło widzialne, które ma długość fali z przedziału 390–780 nm. W przypadku obserwacji wielu mniejszych struktur biologicznych taka rozdzielczość jest niewystarczająca. Mikroskopy elektronowe

Fot. 5

Włosek na liściu chmielu (*Humulus lupulus*).
Obraz z SEM

Fot. 6

Włoski tarczowate na liściu szefardii srebrzystej (*Shepherdia argentea*).
Obraz z SEM

Fot. 7

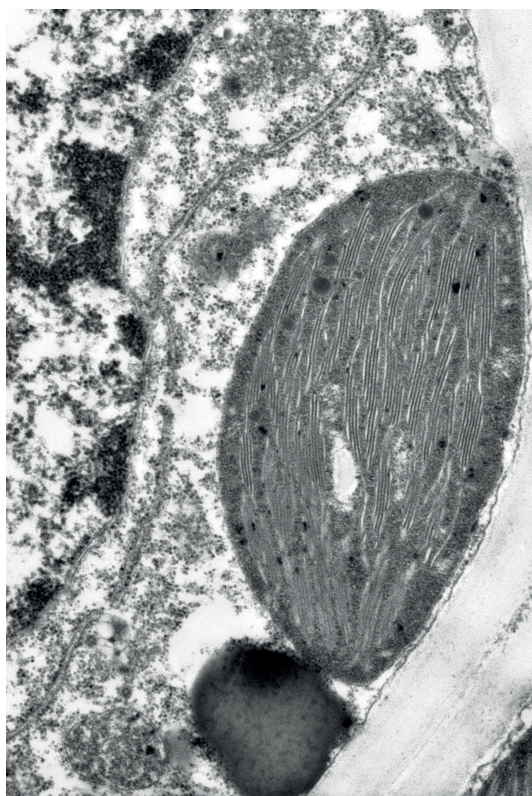
Wosk epikutylarny na liściu wierzby trójpręcikowej (*Salix triandra*).
Obraz z SEM

Fot. 8

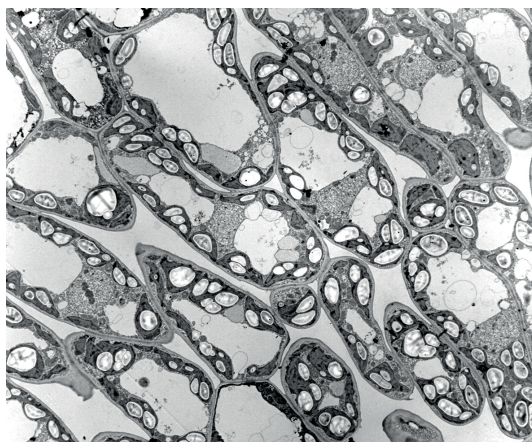
Owłosiona powierzchnia owocu kielichowca (*Calycanthus*).
Obraz z SEM

ACADEMIA PREZENTACJE Botanika

Fragment komórki mięksiszu
 asymilacyjnego dwuletniej
 igły sosny zwyczajnej
 (*Pinus sylvestris*)
 – przekrój poprzeczny.
 Obraz z TEM



Komórki mięksiszu
 palisadowego liścia wierzby
 purpurowej (*Salix purpurea*)
 – przekrój poprzeczny.
 Obraz z TEM



detektory. Lokalizacja punktu jest łączona z intensywnością odbieranego sygnału i w ten sposób powstaje obraz, ujawniający topografię obiektu, a więc jest odwzorowaniem jego powierzchni. To obraz dosyć szczególny. Nasz zmysł wzroku nie rejestruje fali elektrycznej, podobnie jak nie widzimy np. w podświetleniu. Należy więc przełożyć tę informację na taką, którą będziemy mogli zobaczyć. Sygnał zostaje cyfrowo zamieniony na odcienie szarości. Wszystkie obrazy uzyskane za pomocą SEM (a także TEM) są po prostu monochromatyczne, lecz nie dlatego, że takie są w rzeczywistości, a dlatego, że zastosowano algorytm, który zamienia ilość wyłapywanych elektronów na konkretną wartość z zakresu od pełnej czerni do bieli. Warto tu zaznaczyć, że spotykane czasem kolorowe obrazy SEM to raczej wynik pracy artysty, który wybrał taki czy inny kolor, niż rzeczywiste barwy, bo w tym biologicznym ultra- czy nanoświecie, takie właściwie nie istnieją.

Mikroskop elektronowy, choć daje obraz monochromatyczny, jest jednym z podstawowych narzędzi badawczych w biologii, kiedy zachodzi potrzeba ujawnienia szczegółów powierzchni niewielkich obiektów. Ponieważ pozwala na obserwację z dużą głębią ostrości, odwzorowuje powierzchnię z wrażeniem trójwymiarowości. To z kolei oznacza, że bez większych problemów możemy badać powierzchnie niepłaskie, a katalog możliwych obiektów do sprawdzenia obejmuje wiele struktur, jak np. pyłki roślin, włoski na powierzchni liścia, nasiona czy nawet tak niewielkie struktury jak kryształy wosku pokrywającego epidermę. A przecież lista potencjalnych zastosowań może być rozszerzona, choćby na badanie obecności zanieczyszczeń pyłowych na liściach czy efektów działania pestycydów.

Obrazy w nauce

Wszystkie tego typu obrazy stanowią punkt wyjścia analiz naukowych, mogą być też dokumentacją cech organizmów żywych, czasem organizmów tak małych, że próby opisu ich wyglądu bez wykorzystania mikroskopów właściwie nie wchodzi w rachubę. Klasycznym przykładem mogą być okrzemki, które ze względu na trwałość swojej skorupki są wdziecznym obiektem do obserwacji w SEM. Podobnie jest z ziarnami pyłku. Dopiero mikroskopy elektronowe ujawniły niezwykle bogactwo i różnorodność ich budowy.

Zarówno tradycyjne rysunki botaniczne, jak i mikrografie elektronowe są nieocenionym źródłem informacji. Te pierwsze jednak są wynikiem wielu obserwacji i analiz, które umożliwiły ich powstanie. Drugie zaś to „dowody w sprawie”, których studiowanie, porównywanie, interpretowanie pozwala na wyciąganie wniosków z eksperymentów czy opisu szczegółów budowy obiektu. ■

Chcesz wiedzieć
 więcej?

Rysunki botaniczne
 w Repozytorium Cyfrowym
 Instytutów Naukowych,
<https://rcin.org.pl/dlibra/collectiondescription/468>.

What is Botanical Illustration?
<https://www.botanicalartandartists.com/what-is-botanical-illustration.html>.

Rydzewski M., *Ilustracja a badania naukowe*, „Academia” 3/2021, DOI: 10.24425/academiaPAN.2021.138639.

wykorzystują wiązkę elektronów, a długość jej fali jest kilka rzędów wielkości mniejsza (około 0,1 nm). Żeby wiązka elektronów mogła wejść w interakcję z próbką, potrzebna jest obecność pewnego rodzaju substancji, stąd właśnie metale ciężkie, które odgrywają rolę taką jak barwniki w mikroskopie optycznym.

Z kolei skaningowy mikroskop elektronowy wykorzystuje odbicie wiązki elektronów od próbki, co pozwala na obserwację powierzchni badanego obiektu. Skaningowy mikroskop elektronowy (SEM) w największym uproszczeniu działa w ten sposób, że wiązka elektronów jest kierowana punkt po punkcie (stąd „skaningowy”) w kolejne miejsca na obiekcie, po czym elektrony, które zostają od niego odbite lub z niego wybite, są rejestrowane przez odpowiednie