

KAZIMIERZ ZARZYCKI

*Instytut Botaniki im. W. Szafera PAN
Lubicz 46, 31-512 Kraków
e-mail: zarzycki@ib-pan.krakow.pl*

PROBLEMY TAKSONOMII ROŚLIN I FITOGEOGRAFII NA PRZEŁOMIE WIEKÓW. CZY ISTNIEJE EKOLOGICZNE ZAGROŻENIE ZE STRONY ROŚLIN TRANSGENICZNYCH ?

Zgodnie z sugestią Redakcji KOSMOSU nie piszę naukowej rozprawy lecz eseju, w którym dotykam jedynie kilku ważnych, żywo dziś dys-

kutowanych problemów z zakresu wymienionych, a bliskich mi dyscyplin.

TAKSONOMIA (SYSTEMATYKA) ROŚLIN DAWNIEJ I DZIŚ

Druga połowa XX w. to złoty wiek biologii molekularnej, a jednocześnie okres niebywale-



Kazimierz Zarzycki (rok urodzenia: 1930), ekolog — geobotanik, profesor zwyczajny, były dyrektor Instytutu Botaniki im. W. Szafera PAN w Krakowie, członek PAN i PAU.

Studia na wydziale Leśnym UJ, habilitacja na Wy-

go wprost pustoszenia biosfery i narastającego stale zagrożenia bioróżnorodności Ziemi. Spektakularne osiągnięcia biologii molekularnej przesłaniają opinii społecznej, a także wielu biologom, ogromny postęp, jaki dokonał się w dyscyplinach biologicznych uważanych nie rzadko za tradycyjne, jak taksonomia roślin czy

działe Biologii i Nauk o Ziemi UJ. Uczeń profesorów Bogumiła Pawłowskiego, Jerzego Fabijanowskiego i Władysława Szafera; staże naukowe u J. Braun-Blanqueta w Montpellier i u H. Ellenberga w Instytucie Geobotaniki ETH w Zurychu.

Badania: flora i roślinność głównie Karpat: Bieszczady, Pieniny i Tatry; biologia i ekologia paprotników i roślin kwiatowych, szczególnie małych zagrożonych populacji; mechanizmy genetyczne i ekologiczne regulujące liczebność osobników męskich i żeńskich w populacjach roślin dwupiennych.

Wyprawy naukowe: Antarktyka, Ameryki Północna i Południowa, Daleki Wschód, Północna Afryka, Karpaty Wschodnie, Podole.

Ogłosił szereg (dobrze ponad 100) oryginalnych prac naukowych i liczne artykuły popularne. Był wraz z W. Szaferem współredaktorem „Szaty Roślinnej Polski” (wyd. II 1972, III 1977), autorem i współredaktorem „Polskiej Czerwonej Księgi Roślin — Paprotniki i Rośliny Kwiatowe” (1993), a także współredaktorem „Contributions to the knowledge of flora and vegetation of Poland” (Zürich 1991, 1992). Zaangażowany w sprawy ochrony przyrody, od wielu lat przewodniczy Radzie Naukowej Pienińskiego Parku Narodowego. Redaktor i współautor dzieła „Przyroda Pienin w obliczu zmian” (1982).

fitogeografia. Cele i zadania tych dyscyplin nie uległy w ciągu XX w. zasadniczym zmianom, zmieniły się jednakże koncepcje i metody. „Systematyka roślin jest najbardziej syntetyczna ze wszystkich gałęzi botaniki. Jest sumą wszystkich wiadomości botanicznych, najdoskonalszym wyrazem znajomości roślin, nie kończąca się syntezą” (PAWŁOWSKI 1971). „Taksonomia ogniskuje osiągnięcia wszystkich innych gałęzi nauki o roślinach” (STACE 1993).

Zgodnie z opinią licznych badaczy, taksonomia roślin, po latach zastoju, weszła w okres bujnego rozwoju i odzyskuje należne jej miejsce wśród nauk biologicznych. Współczesna taksonomia roślin jest dziedziną rozległą, która w coraz większym zakresie wykorzystuje wyniki osiągnięte w innych działach nauk biologicznych, takich jak genetyka, cytologia, biologia molekularna, ekologia, fitogeografia, paleobotanika. O ile w przeszłości taksonomia opierała się w znacznym stopniu na morfologii i anatomii, o tyle obecnie w dużym stopniu korzysta z badań eksperymentalnych. Rozrosły się kladystyka, chemotaksonomia, systematyka numeryczna i molekularna, palinotaksonomia.

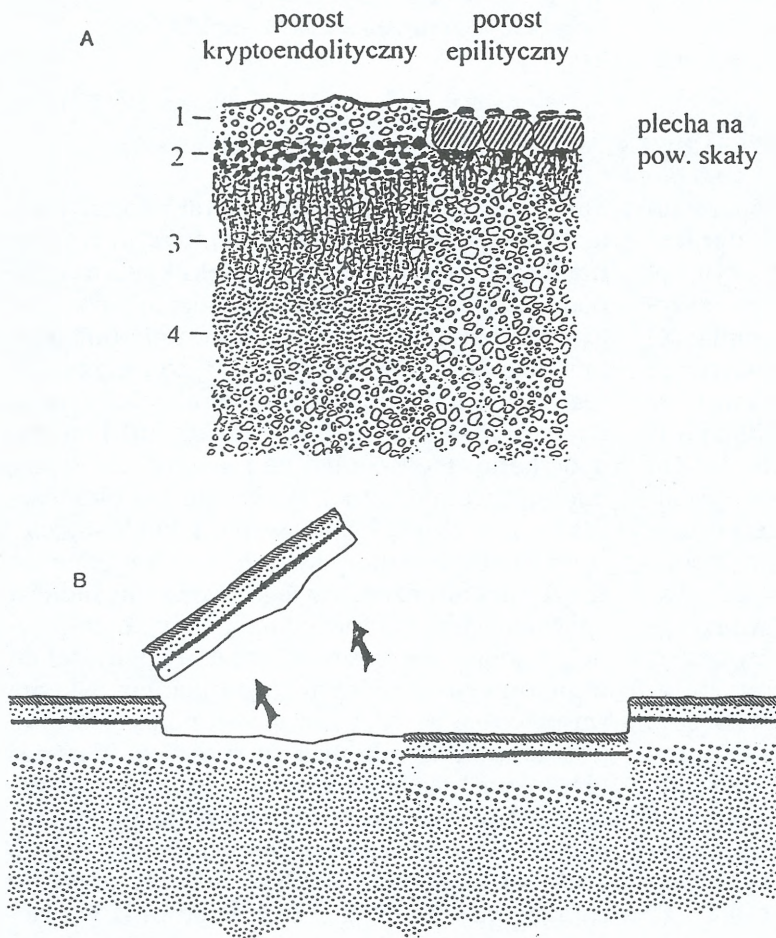
„The impact of the DNA revolution on plant systematics has increased dramatically during the last few years” (Progress in Botany 55, 307, 1994). Liczba publikacji i rozdziałów w książkach z zakresu molekularnej systematyki w ciągu 2 lat (1994–95) przekroczyła 325 (Progress in Botany 58, 471, 1997). W obliczu nasilających się zmian środowiska przyrodniczego, wywołanych działalnością człowieka, które prowadzą do eksterminacji wielu gatunków i całych ekosystemów, systematyka roślin ma do spełnienia wielką rolę w pogłębionej inwentaryzacji i ratowaniu zagrożonej różnorodności biologicznej, co ma istotne znaczenie dla zdrowia i wyżywienia ludzkości. Liczne taksony zginą zanim zostaną opisane i zbadana będzie ich wartość użytkowa.

W ostatnich dziesięcioleciach nastąpiło znaczne ożywienie badań taksonomicznych i florystycznych na wszystkich kontynentach, w wielu krajach europejskich, w Ameryce Północnej i Południowej, w Afryce. Kryptoendolityczne porosty (Ryc. 1) żyją w zimnych pustyniach antarktycznych dochodząc w pobliże bieguna południowego (FRIEDMANN 1982). Publikowane są obszerne dzieła jak „Flora Europy” czy „Flora Ameryki Północnej” i inne, które zawierają klucze do oznaczania taksonów. W związku z wprowadzeniem wielu egzotycznych roślin do parków i ogrodów, a obcych jagód i owoców na rynki całego świata, ukazują się między innymi

klucze do ich oznaczania; przykładem niech będzie klucz do oznaczania owoców zaczerpnięty z podręcznika STACEA (1993).

1. Owoc mniej niż dwa razy dłuższy jak szeroki, ze skórką podzieloną na trzy lub więcej segmentów.....Banan
1. Owoc mniej niż dwa razy dłuższy niż szeroki, ze skórką nie podzieloną na segmenty.
 2. Owoc z grubą pachnącą skórką.
 3. Skórka żółta; owoc z wyraźną wypukłością na jednym końcu.....Cytryna
 3. Skórka pomarańczowa; owoc zaokrąglony na obu końcach.....Pomarańcza
 2. Owoc z cienką pozbawioną zapachu skórką
 4. Owoc z jedną pestką w środku.....Śliwka
 4. Owoc z kilkoma osobnymi nasionami w środku
 5. Owoc zielonkawożółty, owłosiony.....Agrest
 5. Owoc ciemno purpurowy, gładki.....Czarna porzeczką

Wiek XIX był wiekiem opisywania tysięcy nowych gatunków zwierząt, roślin i grzybów. Badania XX w. wykazują, że gatunki roślin są bardzo zróżnicowane, a hybrydyzacja i introgresja w świecie roślin zachodzą na wielką skalę. Wielu badaczy (dziś nawet większość) nie zajmuje się problemami systematyki, ale używa roślin jako materiału do przeprowadzania najróżniejszych badań z zakresu fizjologii, genetyki, biochemii (SZWEYKOWSKA i SZWEYKOWSKI 1979). Systematyka pozwala badaczowi wskazać, na jakiej roślinie badania swe prowadzi; nie tylko więc stwarza podstawy wzajemnego porozumienia się przyrodników, ale także warunkuje powtarzalność badań naukowych. Aby badania były możliwe do powtórzenia, a więc i sprawdzona ich wartość, muszą zostać określone nie tylko warunki, ale i materiał, na którym były wykonane. W wielu przypadkach nie jest to możliwe bez pomocy systematyki. Dziś nie wystarczy podać, że w doświadczeniu użyto mniszka lekarskiego (*Taraxacum officinale*), bowiem nazwa ta obejmuje setki taksonów apomiktycznych (ang. microspecies), które różnią się właściwościami biologicznymi i wymaganiami. Pod znakiem zapytania stają też wyniki wielu doświadczeń polowych, jeśli nie uwzględniono mikoryzy. Na świecie jest wielu biochemików i ekologów, a odczuwa się natomiast niedostatek klasycznych taksonomów roślin, zwierząt i grzybów, którzy potrafiliby fachowo opisywać i oznaczać nowe gatunki, przede wszystkim tropikalne.



Ryc. 1. Diagramy porostów w piaskowcu (FRIEDMANN 1982).

A. Porost endokryptoalityczny i epilityczny (na powierzchni skały). Plecha porostu epilitycznego pojawia się na powierzchni skały w miejscach odsłoniętych po odpadnięciu warstewki zewnętrznej skały w wyniku wietrzenia biologicznego. 1 — warstewka zewnętrzna skały, 2 — strefa ciemna, 3 — strefa biała, 4 — strefa zielona. B. Odpada na skutek wietrzenia cienka warstewka skały, pokazująca (od lewa na prawo) inicjalne stadium rozwoju porostu, eksfoliacja warstewki zewnętrznej w wyniku aktywności biologicznej, miejsce wcześniejszej eksfoliacji z porostem wrastającym głębiej w skałę i formowanie nowej warstewki powierzchniowej i część starej powierzchni w inicjalnym stadium wzrostu porostu.

ILE GATUNKÓW ROŚLIN ŻYJE NA ZIEMI ?

Eksploracja botaniczna objęła całą Ziemię, wszystkie kontynenty; względnie dobrze zbadane zostały rośliny naczyniowe, ale znaczny postęp notuje się w poznaniu mszaków i glonów, a także porostów i grzybów łączonych tradycyjnie z roślinami. Ciągłe odkrywane są i opisywane nie tylko nowe gatunki roślin zielnych, ale i nowe gatunki drzew i krzewów. Jednakże trudno podać dokładnie ile gatunków roślin naczyniowych, to znaczy paprotników i roślin kwiatowych, żyje aktualnie na Ziemi. Jedne źródła podają, że 250 tys. inne, że 240 tys., ale są to tylko szacunki. Wiarygodne źródło jakim jest

„Index Kewensis” zawiera wraz z suplementami około 1 miliona opisanych gatunków. Jednakże nie sposób określić w tym liczby synonimów, w skrajnym przypadku 1 polimorficzny gatunek miał 225 synonimów (STACE 1993, str. 252). Każdego roku opisuje się około 1000 gatunków roślin naczyniowych, głównie w tropikach. Wobec postępującego wymierania licznych gatunków wskazuje się na potrzebę pilnego dokonania globalnej inwentaryzacji. Warto przytoczyć rozważania STACEA (1993, str. 296) na ten temat.

A ILE GATUNKÓW GRZYBÓW ?

To kolejna wielka niewiadoma. W niedawnych rozważaniach oceniano liczbę opisanych gatunków na około 70 tys., ale rzeczywistość ich liczba na Ziemi może sięgać 1,5 miliona. Użycie

nowoczesnej aparatury pozwala wyróżniać nowe taksony nawet w obrębie gatunków dawno opisanych. Przykładowo, w obrębie powszechnie znanego gatunku opieńki miodowej (*Armil-*

larie meleae) w Europie wyróżnia się 5 gatunków tego patogenu, które są niebezpieczne dla drzew leśnych. Różnią się one między sobą biologią, patogennością i rozmieszczeniem geograficz-

nym. Gatunki można identyfikować metodą testu zgodności genetycznej grzybni — ang. mating test (POTYLARSKA i SIWECKI 2000).

POTRZEBA NOWEJ INWENTARYZACJI FLORY ZIEMI

„Pełne zinwentaryzowanie gatunków roślin naczyniowych byłoby równoznaczne z opracowaniem nowych „Species Plantarum”, czyli byłoby alfa-taksonomicznym przeglądem wszystkich gatunków całego świata na poziomie rewizji. Przez długi czas taksonomie twierdzili, bez bliższego zbadania całego problemu, że opracowanie takie nie jest możliwe, jako że w grę wchodzi ogromna liczba gatunków. Od 1753 r. dla roślin naczyniowych zostało opublikowanych około miliona nazw, reprezentujących w przybliżeniu 250 000 gatunków. Z pewnością nie byłoby niedorzecznością sugerowanie, że 500 taksonomów pracujących w przewidzianym na dziesięć lat programie, byłoby w stanie przygotować rewizje wszystkich tych taksonów. Oznaczałoby to obciążenie każdego z nich w sumie 500 gatunkami i 2000 nazw binominalnymi, albo jeszcze inaczej mówiąc, każdy taksonom przez cały okres realizacji tego projektu musiałby poświęcić jednemu gatunkowi tydzień, a jednej nazwie binominalnej niecały dzień pracy. Gdyby wziąć pod uwagę fakt, że bardzo wiele gatunków i nazw binominalnych zostało już faktycznie dobrze zbadanych we Florach i monografiach, wykonanie całego zadania wymagałoby znacznie mniejszego nakładu pracy.

Koszty takiego przedsięwzięcia są również wymierne. Przyjmując roczne wynagrodzenie dla każdego taksonoma — 20 000 funtów, całkowity koszt tego przedsięwzięcia zawiera się w sumie 100 milionów funtów. W skali międzynarodowej jest to suma niewiele znacząca. Ponadto istnieją już odpowiednio wykształceni taksonomie, którym ich macierzyste instytucje stwarzają odpowiednie warunki do pracy.

Tak więc, całe przedsięwzięcie nie wymagałoby kształcenia nowych kadr taksonomów, tworzenia nowych laboratoriów i zielników, a tylko podporządkowania prac prowadzonych w czołowych instytucjach zajmujących się taksonomią jednemu nadrzędnemu celowi. Przyjęcie tego schematu działania wymagałoby międzynarodowego zaangażowania się ludzi na niespotykaną dotąd skalę, co niestety jest raczej mało prawdopodobne. Tym niemniej ukończenie takiego dzieła byłoby wspaniałym osiągnięciem i jednocześnie powinno stać się jasne, że nasze niepowodzenie w jego tworzeniu nie jest spowodowane trudnościami natury obiektywnej, a wyłącznie naszym brakiem zdolności do współpracy nad jednym zagadnieniem. Nie ma wątpliwości, że gdyby światowi politycy zostali przekonani, iż ukończenie nowych „Species Plantarum” jest zadaniem o pierwszorzędym znaczeniu, wówczas dzieło takie zostałoby napisane. Negowanie tego świadczyłoby o daleko większej krótkowzroczności, niż na przykład zaprzeczenie w 1959 r. twierdzeniu, iż w dziesięć lat później człowiek postawi stopę na Księżycu. W naszym przypadku koszty całego przedsięwzięcia byłyby niewyobrażalnie mniejsze, a na dodatek istnieje całe zaplecze do jego realizacji. W rzeczywistości podobne do naszego przedsięwzięcie, Projekt Ludzkiego Genomu (ang. Human Genome Project), zostało ostatnio rozpoczęte, a jego celem jest całkowite opracowanie mapy genetycznej *Homo sapiens*, przy czym całkowity budżet tego projektu badawczego jest dziesięciokrotnie większy od planowanego budżetu potrzebnego do realizacji wspomnianego wyżej przedsięwzięcia” (STACE 1993).

SYMBIOZY I HYBRYDYZACJA W ŚWIECIE ROŚLIN

Według powszechnie obecnie akceptowanej endosymbiotycznej hipotezy, przodkami Eucaryota, czyli roślin i zwierząt, są układy symbiotyczne między organizmami pozbawionymi plastydów i mitochondriów oraz Procaryota (bakterie i sinice), tak jak porosty są połączeniem grzybów i glonów lub sinic, a określane są obecnie mianem grzybów lichenizujących. Grzyby nie należą do królestwa roślin. Wielki postęp dokonał się w badaniach mikoryz, które

odkryto u ogromnej liczby roślin zielnych i drzew. Od dawna wiadomo iż poliploidyzacja odgrywa wielką rolę w świecie roślin. „Idealne” gatunki roślin są porównywalne z większością gatunków zwierzęcych. Jednakże w przypadku większości grup roślinnych gatunki różniące się morfologicznie są zdolne do krzyżowania się z innymi gatunkami, co jest uznawane za normalną sytuację i nie należy takich przypadków traktować jako coś nienormalnego.

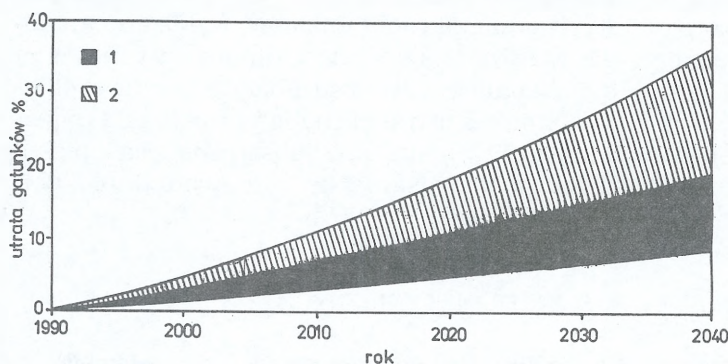
Rzeczywiście liczby występujących w przyrodzie mieszańców udało się ustalić tylko w przypadku flor bardzo dobrze przebadanych, na przykład flora Wysp Brytyjskich. Można z dużym prawdopodobieństwem przyjąć (STACE 1993, str. 178), że wśród roślin naczyniowych flory brytyjskiej liczącej około 2500 rodzimych i obcych gatunków rozmnażających się seksualnie (czyli z wyłączeniem taksonów apomiktycznych) występuje 780 mieszańców międzygatunkowych. Wyszło z tego wniosek, że cała flora roślin naczyniowych Ziemi (ok. 250 tys.) może zawierać 78 000 różnych naturalnych międzygatunkowych mieszańców. Chociaż większość z tych mieszańców występuje sporadycznie, to hybrydyzacja u roślin bezspornie nie jest zjawiskiem rzadkim. Prawdopodobnie od 30 do 70% gatunków roślin kwiatowych ma pochodzenie mieszańcowe. Potencjalna możli-

wość hybrydyzacji jest jeszcze większa. W samej rodzinie storczykowatych Orchidaceae zostało zsyntetyzowanych około 75 tys. mieszańców. Zdolność do krzyżowania się jest z reguły sytuacją normalną. Metoda zapyleń *in vitro* pozwala przewyżnić szereg barier genetycznych i tym samym stwarza możliwość uzyskania mieszańców, nawet pomiędzy bardzo odległymi taksonami. Fakt, że mieszańce stwierdzono u mszaków, a także u glonów, sugeruje, że hybrydyzacja jest ważnym zjawiskiem u wszystkich grup roślin, a także grzybów. Ujawniły się też negatywne aspekty hybrydyzacji roślin, gdy w jej wyniku „zagłuszone” zostają małe populacje roślin zapylanych przez taksony szeroko rozpowszechnione, w Polsce między innymi populacje wisienki stepowej na dużą skalę krzyżują się z wiśnią.

WYMIERANIE ROŚLIN I ZAGROŻENIE RÓŻNORODNOŚCI ŻYCIA NA ZIEMI

Współcześnie nasilają się w przyrodzie dwa przeciwstawne procesy: wymierania taksonów rodzimych z jednej strony i rozprzestrzenianie kosmopolitycznych z drugiej. Procesy wymiera-

versity represents the very foundation of human existence” (HEYWOOD i WATSON 1995). Daje temu wyraz konwencja o różnorodności biologicznej. Opracowana dla Narodów Zjednoczonych



Ryc. 2. Procent tropikalnych gatunków leśnych zagrożonych wyginieciem w nadchodzących dekadach (według: EHRlich i WILSON 1991, REID 1992).

1 — aktualne tempo wymierania gatunków leśnych; 2 — 50% wzrost wymierania.

nia roślin, którymi zajmuje się obecnie wielu biologów, stale się nasilają. Współczesne wymierania uznawane są za odpowiedniki „mass extinction” w przeszłości geologicznej i zostały szeroko spopularyzowane (WARD 1995, WILSON 1999) i nie ma powodu dokładnie ich tu omawiać. Według the World Conservation Monitoring Centre (GOOMBRIDGE 1992) od 1600 r. wyginęło 654 gatunków roślin, głównie kwiatowych — liczba ta jest z pewnością zaniżona, ponieważ o wielu grupach organizmów brak danych. Liczba roślin zagrożonych na świecie w niektórych grupach może przekraczać nawet 30% (Tabela 1). Szczególnie zagrożone są gatunki tropikalne (Ryc. 2), ponieważ tempo wycinania tropikalnych lasów przybrało zagrażające rozmiary (blisko 100 000 ha wycinanych jest każdego roku). Zagrożona jest jednocześnie bioróżnorodność życia na Ziemi „Biodi-

globalna ocena bioróżnorodności (ang. Global biodiversity assessment) przynosi wiele infor-

Tabela 1. Liczba roślin zagrożonych wyginieciem (zestawiono na podstawie różnych źródeł).

| | Liczba gatunków zagrożonych | Przybliżona liczba gatunków żyjących | Procent zagrożonych |
|----------------|-----------------------------|--------------------------------------|---------------------|
| Nagozależkowe | 242 | 758 | 32 |
| Jednoliścienne | 4421 | 5.2×10^4 | 9 |
| Jednol.: Palmy | 925 | 2820 | 33 |
| Dwuliścienne | 17474 | 1.9×10^5 | 9 |
| Razem | 22137 | 2.4×10^5 | 9 |

macji i uwzględnia wielorakie aspekty różnorodności biologicznej. Nowa gałąź biologii — Conservation biology — zajmuje się dziś ochro-

na zagrożonej całej biologicznej różnorodności genetycznej, gatunkowej i ekosystemowej uwzględniając zarówno gatunki i ekosystemy naturalne, jak i ukształtowane w efekcie oddziaływa-

nia człowieka. Specjalistyczne czasopisma „Conservation biology” i „Biological conservation” przynoszą stale nowe informacje z tego zakresu.

SYNANTROPIZACJA SZATY ROŚLINNEJ I INWAZJE BIOLOGICZNE

Od czasu ukazania się klasycznej książki ELTONA (1958) (polska wersja: Ekologia inwazji zwierząt i roślin 1967) inwazjom biologicznym poświęca się coraz więcej uwagi. Zdaniem Kornasia (cyt. za JACKOWIAK 1999): „Bez dogłębnej znajomości praw rządzących inwazjami biologicznymi znaleźć się możemy niedługo w roli ucznia czarnoksiężnika, który rozpętał potężne moce przyrody, a nie umie ich ponownie uciszyć”. Zainteresowanie inwazjami wzrosło szczególnie w ostatnich latach i to z dwóch powodów. Po pierwsze zmiany wywołane działalnością człowieka doprowadziły do bezprzykładnych zaburzeń ekosystemów, praktycznie na całej Ziemi, co spowodowało nie spotykane dawniej nasilenie zjawisk inwazyjnych i synantropizację szaty roślinnej, czyli rozprzestrzenianie się i wnikanie do zbiorowisk gatunków obcych. Po wtóre, narastająca w miarę rozwoju inżynierii genetycznej perspektywa przenikania zmienionych pod względem genetycznym (transgenicznym) organizmów do naturalnych zbiorowisk nakazuje przygotować realne środki obrony przed taką ewentualnością. W związku z tym SCOPE podjęła w 1982 r. realizację globalnego projektu badawczego: „Ekologia inwazji biologicznych”. Zaowocowało to zgromadzeniem i opublikowa-

niem ogromnego materiału faktycznego (kilkanaście obszernych tomów) (KORNAŚ 1994).

Przed badaczami stanęły trzy podstawowe pytania:

- co sprawia, że jedne gatunki objawiają zdolność do dokonywania inwazji, a inne nie;
- dlaczego jedne ekosystemy są bardziej podatne na inwazje biologiczne, a inne są odporne;
- jak wykorzystać wiedzę o inwazjach biologicznych dla zapobiegania i kontrolowania ich przebiegu.

Globalne zmiany, podniesienie się średniej rocznej temperatury powietrza o blisko 1°C w ciągu ostatniego wieku, prowadzi do zanikania jednych, a rozprzestrzeniania się innych gatunków, wskazuje to na potrzebę badań florystycznych i monitoringu flory (WEINERT 1991). Pogłębiono znajomość biologicznych właściwości gatunków inwazyjnych roślin kwiatowych i zarodnikowych, także zwierząt kręgowych i bezkręgowych oraz mikroorganizmów, wykazano analogie w różnych regionach klimatycznych. Pełna synteza nie jest na razie możliwa i liczne problemy, które są w trakcie badań, czekają na wyjaśnienie. Wychodzi specjalistyczne czasopismo „Biological invasions” (Kluwer Acad. Publ.) (por. FALIŃSKI 1997).

CZY ZAGRAŻA NAM INWAZJA ROŚLIN TRANSGENICZNYCH ?

Tak dziennikarsko, demagogicznie sformułowane pytanie ujawnia lęk przed skutkami eksperymentów biologii molekularnej i inżynierii genetycznej (LENTIN 1996).

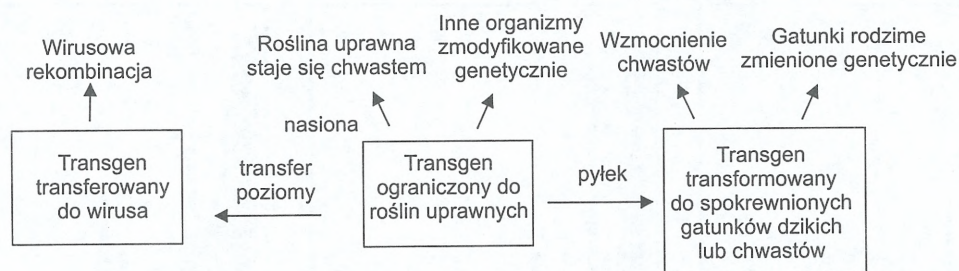
Nie należy jednak po dziennikarsku demonizować organizmów, które powstają w drodze manipulacji genetycznych. Rozpatrywać trzeba pozytywne i negatywne aspekty biotechnologii (MOONEY i BERNARDI 1990, HEYWOOD i WATSON 1995). Nie można z góry zakładać, iż są to organizmy niebezpieczne, ponieważ są one zbliżone do odmian otrzymanych metodami tradycyjnymi. Uwagę należy skoncentrować raczej na właściwościach organizmów, a nie na sposobach ich powstawania. Można sobie wyobrazić, że pewne geny — na przykład odporności na herbicydy czy na żer niektórych owadów — przejdą w drodze krzyżowania z roślin uprawnych na rośliny dzikie i powstaną rośliny odporne na herbicydy albo też rosące bardzo szyb-

ko rośliny toksyczne dla zwierząt i człowieka, z którymi możemy mieć kłopoty. Konieczne są więc szczegółowe badania w laboratoriach i na polach doświadczalnych. Mamy podstawy sądzić, iż rośliny transgeniczne mogą być uciążliwe dla człowieka podobnie jak rośliny introdukowane, które uciekły z uprawy (przykładem może być kaukaski barszcz Sosnowskiego, *Heracleum sosnovskii*, gwałtownie rozprzestrzeniający się w ostatnich latach, wywołujący alergię u ludzi). Wprowadzenie genetycznie zmodyfikowanych roślin do środowiska może wpłynąć na procesy ewolucyjne w przyrodzie, a w pewnych przypadkach przyczynić się do zwiększenia różnorodności biologicznej. Modele ekspansji, opracowane na podstawie studiów roślin synantropijnych nasuwają pewne analogie do żywo dyskutowanego problemu uwalniania do środowiska roślin transgenicznych. Warto przytoczyć na ten temat konkluzje JACKOWIA-

KA (1999). „W obu przypadkach przewyższają się bariery, nieprzekraczalne w sposób naturalny: z jednej strony są to bariery biogeograficzne, z drugiej genetyczne. I chociaż pochodzenie nowych organizmów zawleczonych na przykład z innych kontynentów oraz uwalnianych z laboratoriów roślin transgenicznych jest odmienne, to jednak zbieżne i podobnie zaskakujące mogą być rezultaty ich wprowadzenia do układów ekologicznych”. Dostrzegając te analogie JACKOWIAK (1999) zaproponował model ukazujący związki między: a) roślinami transgenicznymi, b) tradycyjnymi roślinami kulturowymi oraz c)

ganizm — GMO), trwa od lat. Ocenia się ekologiczne ryzyko uwolnienia roślin transgenicznych wskazując konkretne dzikie gatunki, które mogą wejść w kontakt z roślinami transgenicznymi (Ryc. 3). U nas, podobnie jak w Austrii (PASCHER i GOLLMANN 1999), mogą to być w pierwszym rzędzie rośliny z rodziny Brassicaceae, Poaceae i Apiaceae.

Wstępna ocena ryzyka ekologicznego jakie niesie ze sobą wprowadzenie do wolnej przyrody roślin genetycznie zmodyfikowanych, opracowana dla flory Austrii (PASCHER i GOLLMANN 1999), pozwala na wysuwanie przypuszczeń w



Ryc. 3. Ewolucyjne zagrożenie ze strony uprawnych roślin transgenicznych (WARWICK i SMALL 1999).

gatunkami obcego pochodzenia, wnikającymi do ekosystemów naturalnych. Autor ten z modelu z opartego na wnioskowaniu przez analogię wyprowadza następujące wnioski:

1) wynikiem postępu biotechnologicznego jest uruchomienie nowego, właściwie niewyczerpalnego źródła ekspansji roślin;

2) jest wysoce prawdopodobne, że ekspansja nowych organizmów może mieć zbliżony przebieg do procesu dziedziczenia i naturalizacji roślin pochodzących z tradycyjnych hodowli;

3) opracowując prognozy dotyczące ekspansji roślin transgenicznych należy wykorzystać dotychczasowe doświadczenia, a w szczególności uwzględnić następujące okoliczności (prześlanki):

— długotrwałość okresu między uwolnieniem z hodowli a inicjacją ekspansji (może on wynosić kilkadziesiąt a nawet kilkaset lat);

— zmiany strukturalne jakie w tym czasie nastąpią w obrębie istniejących obecnie ekosystemów oraz pojawienie się całkowicie nowych układów ekologicznych;

— charakter roślin użytych do manipulacji genetycznych; trzeba pamiętać o zasadzie obowiązującej w świecie konwencjonalnych roślin uprawnych, zgodnie z którą: im rośliny genetycznie mniej odbiegają od form dzikich, tym bardziej wzrasta prawdopodobieństwo ich zdziczenia, a przez to wprowadzenia obcego materiału genetycznego do naturalnych biocenoz.

Debata na temat genetycznie zmodyfikowanych organizmów (ang. genetically modified or-

odniesieniu do flory polskiej. Istnieje więc potencjalna możliwość introgressywnych hybrydyzacji zmodyfikowanej genetycznie uprawianej marchwi z marchwią dziką (*Daucus carota*), uprawianej lucerny (*Medicago x varia*) z dziką (*Medicago falcata*) lub też zmodyfikowanej jabłoni z blisko spokrewnionymi dziko rosnącymi jabłoniami (*Malus sylvestris*, *M. domestica*), sliw z tarniną, zmodyfikowanej koniczyny czerwonej z dziką formą *Trifolium pratense*, traw (*Festuca*, *Lolium*) z upraw z formami dzikimi. Znane są fakty, że wiśnia (*Prunus cerasus*, *man-made*) krzyżuje się z wiśienką stepową, co prowadzi niekiedy do całkowitego zaniku stanowisk tego gatunku (WÓJCICKI 1991). W przypadku stanowiska na Winnej Górze (dziś w obrębie Przemysła) sam mogłem się o tym przekonać.

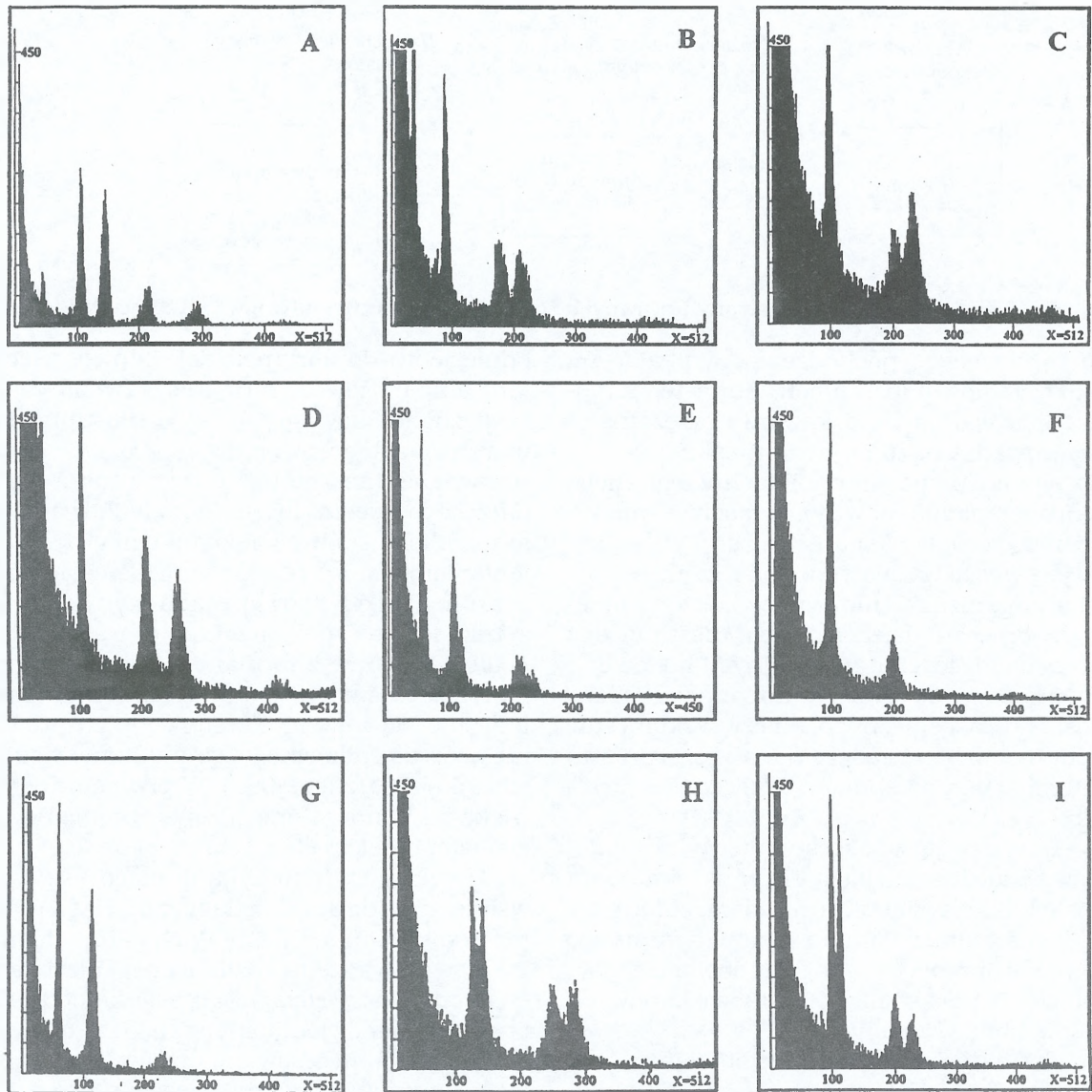
Dyrektor Ogrodu Botanicznego PAN w Powsinie, doc. dr J. Puchalski zapowiada (Zebrańie Rady Naukowej OB PAN w dn. 29 maja 2000) wprowadzenie roślin transgenicznych na dostępne dla zwiedzających poletka hodowlane i podjęcie odpowiednich badań.

Osoby zainteresowane problematyką roślin transgenicznych znajdą więcej informacji na ten temat w artykułach w języku polskim (NEWELL 1997, TWARDOWSKI 2000, WYPIJEWSKI 2000) i w obcych (TANJA i współaut. 1998, WARWICK i SMALL 1999, HAILS 2000) oraz w artykułach przeglądowych między innymi w czasopiśmie „Trends in Plant Science” (1999).

ZASTOSOWANIE METOD BIOLOGII MOLEKULARNEJ W TAKSONOMII ROŚLIN

Jak już wspominałem, wpływ „the DNA revolution” na systematykę roślin jest ogromny, a metody biologii molekularnej wykorzystywane są niemal powszechnie w pracach taksonomicznych (MÖLLER 2000, SMITH 2000). Ogromna liczba prac z zakresu systematyki molekularnej ogłaszana jest każdego roku w „Systematics Botany”, „Plant Systematics and

Evolution”, „American Journal of Botany” i innych czasopismach naukowych. W ciągu ostatnich kilku lat nastąpił wielki postęp w metodach badań różnych typów DNA (jądrowego, chloroplastowego i mitochondrialnego). Powszechnie dziś stosowana technika enzymatycznej amplifikacji genów PCR (ang. polymerase chain reaction) pozwala na bardzo szybkie po-



Ryc. 4. Wyniki analizy cytofotometrycznej jąder komórkowych taksonomów *Cerastium* barwionych DAPI. Każda z figur, z wyjątkiem figury G, zawiera *C. eriophorum* (2x), jako standard No 92082236 (wg. BOSCAIU i współaut. 1999)

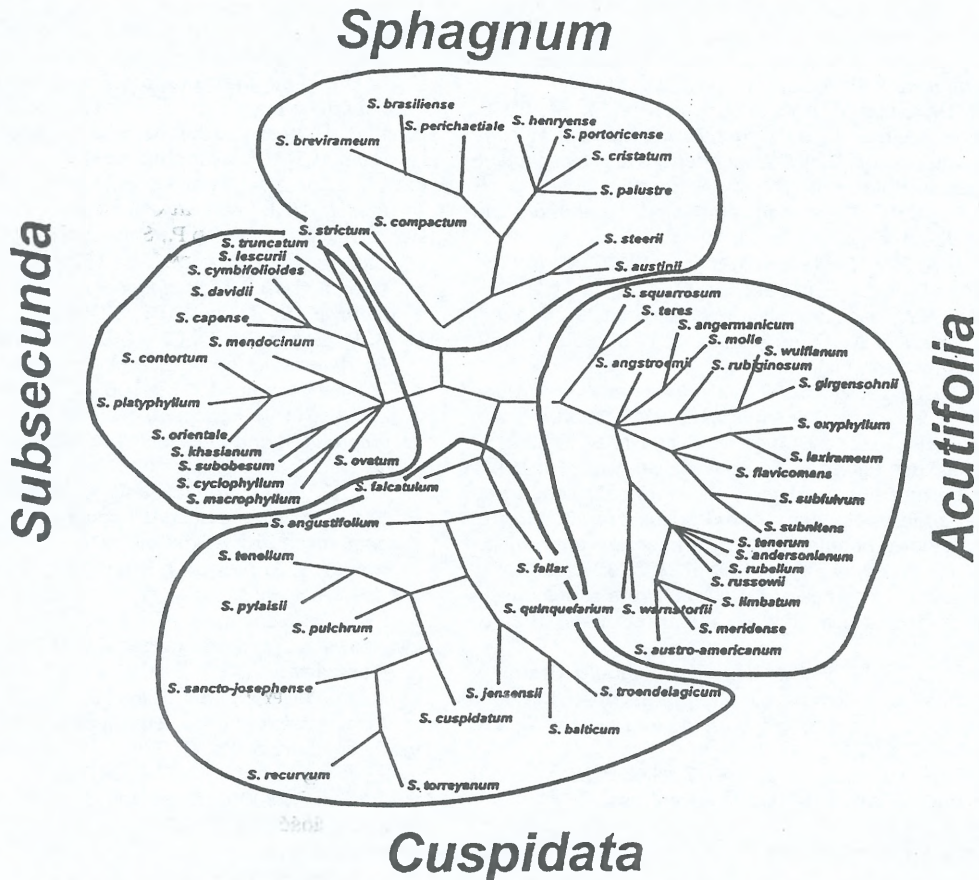
A, *C. alpinum* (6x); B, *C. transylvanicum* (6x); C, *C. arcticum* (6x); D, *C. fontanum* (8x); E, *C. arvense* subsp. *glandulosum* (2x); F, *C. arvense* subsp. *arvense* (4x); G, *C. arvense* subsp. *glandulosum* z subsp. *arvense*; H, *C. latifolium* (2x); I, *C. banaticum* (2x). Uwaga: *Cerastium arvense* subsp. *glandulosum* jest synonimem *C. tartare* (Rogownica Raciborskiego).

wielanie pojedynczych genów. Metoda ta otwiera nowe perspektywy dla biosystematyki roślin, a możliwość amplifikacji fragmentów DNA wyekstrahowanego z kopalnych szczątków roślin (np. amplifikacja genu *rbcL* wyizolowanego z

1991), badając zróżnicowanie flory (GEBUREK 1997, KARP i współaut. 1996).

Nowoczesna taksonomia roślin nie może się wprost obejść bez ścisłej współpracy z biologią molekularną i musi dysponować odpowiednim

ITS (nrDNA) + *rpl16* + *trnL* (cpDNA): unrooted



Ryc. 5. Drzewo uzyskane metodą całkowitej zgodności (ang. strict consensus) z analizy opartej o zasadę parsynomii, dla danych o sekwencjach fragmentów jądrowego DNA (ITS) i DNA chloroplastowego — *rpl16* i *trnL*, niezakotwiczone (SHAW 2000).

DNA miocenkich szczątków liścia *Magnolia latiensis*) pozwoli bezpośrednio wnikać w przeszłość, a tym samym niejako „wprost” śledzić ewolucję. Badania tego typu mogą również umożliwić skalibrowanie tempa mutacji (STACE 1993).

Metody biologii molekularnej znalazły zastosowanie w studiach taksonomicznych roślin kwiatowych (Ryc. 4) (BOSCAIU i współaut. 1993, BAUM 1994, GARCIA-SUARET i współaut. 1997, NKONGLOLO 1996, CRESPO i współaut. 2000), wykorzystuje się też zbiory zielnikowe (SAVOLAINEN i współaut. 1995), a także w badaniach glonów (ZAKRYŚ i współaut. 1997), mszaków (Ryc. 5) (SHAW 2000), w studiach paleobotanicznych (AUSTIN i współaut. 1997, SEN i DUTTA ROY 1992), ekologicznych (RUS HOELZEL i DOVER

zalepczem laboratoryjnym i dobrze wykształconymi kadrami. Z drugiej strony, najbardziej spektakularne wyniki uzyskane metodami biologii molekularnej nie mogą być w pełni wykorzystane, jeżeli materiał poddany analizie nie był dokładnie oznaczony. Nie można dziś ogłaszać wyników pisząc, że badano *Spirogyra sp.* czy *Mugeotia sp.*, ponieważ rodzaje te obejmują liczne gatunki o bardzo różnych stopniach ploidalności, a więc badania są niepowtarzalne.

Bardzo dziękuję Panom: prof. Kazimierzowi Wierzchowskiemu i dr hab. Andrzejowi Jankunowi za cenne sugestie i wskazówki, a mgr Jerzemu Smykli za pomoc techniczną.

LITERATURA

- AUSTIN J. J., SMITH A. B., THOMAS R. H., 1997. *Palaetology in a molecular world: the search for authentic ancient DNA*. TREE 12, 303-306.
- BAUM D. 1994. *rbcl and seed-plant phylogeny*. TREE 9, 39-41.
- BOSCAIU M., VINCENTE O., EHRENDERFER F., 1999. *Chromosome numbers, karyotypes and nuclear DNA contents from perennial polyploid groups of Cerastium (Caryophyllaceae)*. Pl. Syst. Evol. 218, 13-21.
- CRESPO M. B., LLEDO M. D., FAY M. F., CHASE M. W., 2000. *Subtribe vellinae (Brassicaceae, Brassicaceae): a combined analysis of ITS nrDNA sequences and morphological data*. J. Botany 86, 53-62.
- ELTON CH. S., 1958. *The ecology of invasions by animals and plants*. Methuen & Co, London.
- FALIŃSKI J. B., 1997. *Geobotanika u progu XXI wieku*. Phytocenosis 9 (N.S.), Sem. Geobot. 5, 1-64.
- FLORA OF NORTH AMERICA EDITORIAL COMMITTEE, 1993. *Flora of North America. North of Mexico*. t. 1-2. Oxford Univ. Press. New York, Oxford.
- FRIEDMANN E. I., 1982. *Endolithic microorganisms in the Antarctic cold desert*. Science 215, 1045-1053.
- GARCIA-SUAREZ R., ALONSO-BLANCO C., FERNANDEZ-CARVAJAL H. C., FERNANDEZ-PRieto J. A., ROCA A., GIMALDEZ R., 1997. *Diversity and systematics of Deschampsia sensu lato (Poaceae) inferred from karyotypes, protein electrophoresis, total gennuic DNA hybridization and chloroplast DNA analysis*. Pl. Syst. Evol. 205, 99-110.
- GEBUREK T. 1997. *Isozymes and DNA markers gene conservation of forest trees*. Biodiversity and Conservation 6, 1639-1654.
- GROOMBIDGE B. (red.), 1992. *Global Biodiversity. Status of the Earths Living Resources*. Chapman & Hall, London.
- HAILS R. S., 2000. *Genetically modified plants — the debate continues*. TREE 15, 14-18.
- HEYWOOD V. H., WATSON R. T., 1995. *Global Biodiversity Assessment*. Cambridge University Press.
- JACKOWIAK B., 1999. *Modele ekspansji roślin synantropijnych i transgeniczných*. Phytocenosis 11 (N.S.), Sem. Geobot. 6, 3-24.
- KARP A., SEBERG O., BUIATTI M., 1996. *Molecular techniques in assessment of botanical diversity*. Annals of Botany 78, 143-149.
- KORNAŚ J., 1982. *Man's impact upon the flora: processes and effects*. Memorialia zool. 37, 11-30.
- KORNAŚ J., 1994. *Inwazje biologiczne: program badawczy SCOPE i jego wyniki*. Wiadomości Botaniczne 38, 31-33.
- MC RAE H., 1996. *Świat w roku 2020. Potęga, kultura i dobrobyt — wizja przyszłości*. Dom Wydawniczy ABC, Warszawa.
- MOONEY H. A., BERNARDI I. G. (red.), 1990. *SCOPE 44: Introduction of genetically modified organisms into the environment*. John Wiley & Sons, Chichester.
- MÖLLER M., 2000. *How universal are universal rDND primers? A cautionary note for plant systematists and phylogeneticists*. Edinb. J. Bot. 57, 151-156.
- NALBORCZYK E., 1999. *Postęp biologiczny w rozwoju rolnictwa w początkach XXI wieku*. [W:] *Perspektywy awangardowych dziedzin nauki i technologii do roku 2010*. Dom Wyd. ELIPSA, Warszawa.
- NKONGALO K. K., 1996. *Chromosome analysis of DNA homology in three Picea species, P. mariana, P. rubens and P. glauca (Pinaceae)*. Pl. Syst. Evol. 203, 27-40.
- NOWELL J., 1991. *W roli Stwórcy? Dokąd zmierza inżynieria genetyczna*. Wyd. Nauk.-Tech. Warszawa.
- PASCHER K., GOLLMANN G., 1999. *Ecological risk assessment of transgenic plant releases: an Austrian perspective*. Biodiversity and Conservation. 8, 1139-1158.
- PAWŁOWSKI B., 1971. *Systematyka roślin*. [W:] *Biologia XX wieku*. SKOWRON S., OSTROWSKI W., TEJCHMA A. (red.), Wiedza Powszechna, Warszawa, str. 384-417.
- POTYLARSKA A., SIWECKI R., (w druku). *Wstępne wyniki badań struktury genetycznej grzybów z rodzaju Armillaria pod kątem identyfikacji izolatów uzyskanych z drzewostanów dębowych nadleśnictwa Smolarz*. Sylwan.
- RAVEN P. H. (red.), 1980. *Research priorities in Tropical Biology*. N.R.C. Washington D.C.
- RUS HOELZEL A., DOVER G. H., 1991. *Molecular Genetic Ecology*. IRL Press at Oxford University Press.
- SAVOLAINEN V., CUENOUD P., SPICHTER R., MARTINEZ M. D. P., CREVECOEU M., MANEN J.-F., 1995. *The use of herbarium specimens in DNA phylogenetics: evolution and improvement*. Pl. Syst. Evol. 197, 87-98.
- SEN S. P., DUTTA ROY D. G., 1992. *DNA homology as a tool for determination of divergence of phanerogamic taxa*. Palaeobotanist 41, 159-166.
- SHAW A. J., 2000. *Phylogeny of the Sphagnopsida based on chloroplast and nuclear DNA sequences*. The Bryologist 103, 277-306.
- SMITH J. F., 2000. *Phylogenetic resolution within the tribe Episcieae (Gesneriaceae): congruence of ITS and ndhF sequences from parsimony and maximum-likelihood analyses*. American J. Botany 87, 883-897.
- STACE C. A., 1993. *Taksonomia roślin i biosystematyka*. PWN, Warszawa.
- SZWEJKOWSKA A., SZWEJKOWSKI J., 1979. *Botanika*. PWN, Warszawa.
- TANJA H., POPPY G. M., KERRY B. R., DENHOLM I., 1998. *Insect-resistant transgenic plants*. Tibtech 16, 168-175.
- TRENDS IN PLANT SCIENCE, 1999. *Transgenes and agriculture — going with the flow?* 4, 247-248.
- TWARDOWSKI T., 2000. *„Bezprawna” Biotechnologia*. Nauka i Przyszłość 111, 14-17.
- WARD P., 1995. *Kres ewolucji. Dinozaury, wielkie wymierania i bioróżnorodność*. Na ścieżkach nauk, Prószyński i S-ka, Warszawa.
- WARWICK S., SMALL E., 1999. *Invasive plant species: evolutionary risk from transgenic crops*. [W:] *Plant evolution in man-made habitats*. RAAMSDONK L. W. D., DEN NIJS J. C. M., (red.), Proc. VII Symp. IOPB. Hugo de Vries Lab. Amsterdam.
- WEINERT E., 1991. *Biomonitoring of Environmental Change Using Plant Distribution Patterns*. [W:] *Bioindicators and Environmental Management*. Academic Press str. 179-190.
- WILSON E. O., 1999. *Różnorodność życia*. Biblioteka Myśli Współczesnej, PIW, Warszawa.
- WÓJCICKI J., 1991. *Variability of Prunus fruticosa Pall. and the problem of an anthropohybridization*. [W:] *Contributions to the knowledge of flora and vegetation of Poland*. Proceedings of the 19th International Excursion (IPE), 1989, through Poland. Veröff. Geobot. ZARZYCKI K., LANDOLT E., WÓJCICKI J. J. (red.). Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich, 106, 266-272.
- WYPIJEWSKI K., 2000. *Rośliny transgeniczne — kierunki zastosowań w nauce i praktyce*. [W:] *Ogólnopolska konferencja, Rośliny modelowe zmieniane genetycznie*. Sekcja Fizjologii i Biochemii Roślin PTB, Poznań.
- ZAKRYŚ B., MORACZEWSKI J., KUCHARSKI R., 1997. *The species concept in Euglena in the light of DNA polymorphism analyses*. Algological Studies 86, 51-79.