

STANISŁAW KOHLMÜNZER

WARTOŚĆ TAKSONOMICZNA CECH CHEMICZNYCH U ROŚLIN

Rośliny wytwarzają bardzo wiele organicznych związków chemicznych, które w licznych wypadkach mogą charakteryzować jednostki systematyczne obok cech morfologicznych oraz anatomicznych, stanowiących podstawowy element diagnostyczny dotychczas opracowanych systemów świata roślinnego.

Zagadnienie ujawniania charakterystycznych taksonomicznie cech chemicznych wśród roślin budziło od dawna zainteresowanie systematyków roślin, szczególnie zajmujących się problemem pokrewieństwa poszczególnych rodzin, rodzajów i gatunków, a także badaczy własności użytkowych (m. in. leczniczych) wśród roślin. Znakomity botanik genewski De Candolle już w r. 1816 dopatrywał się ścisłego związku pomiędzy właściwym zaklasyfikowaniem systematycznym rośliny a jej własnościami leczniczymi. Mez opracował nawet system świata roślinnego oparty na własnościach serologicznych białek. Białko stanowić może dobry wskaźnik taksonomiczny, gdyż (jak się to później potwierdziło) posiada właściwość identycznej reprodukcji w ramach gatunku na „matrycy“ kwasów nukleinowych z udziałem enzymów. Niestety w tej chwili nie posiadamy jeszcze pełnych możliwości rozszyfrowania budowy poszczególnych białek roślinnych.

Z tego też względu duże zainteresowanie przy ustalaniu pokrewieństwa jednostek systematycznych wzbudziły specjalne związki chemiczne wytwarzane przez rośliny w ramach, jak to się często określa, „wyspecjalizowanej przemiany materii“, nazywane „ciałami wtórnego pochodzenia“ — „secondary compounds“, „sekundäre Pflanzenstoffe“ — (Čapek 1913—1921, Paech 1950, Błagowieszczęński 1955, Hegnauer 1958, Denffer 1958, Alston, Mabry, Turner 1963) — dla zaznaczenia, że chodzi tu o związki organiczne nie mające bezpośredniego związku z podstawową przemianą materii i które (jak przynajmniej w obecnym stanie wiedzy się wydaje) nie są niezbędne dla życia rośliny.

W ujęciu Denffera (1958) związki chemiczne występujące w komórkach roślinnych można podzielić na:

1) podstawowe ciała budulcowe: białka, lipoidy i lipidy, węglowodany (cukry i produkty ich polimeryzacji);

2) związki chemiczne o charakterze elektrolitów (sole kwasów nieorganicznych i organicznych);

3) związki chemiczne o charakterze biokatalizatorów: enzymy, witaminy, hormony;

4) ciała „wtórne“ — nie zaliczające się do żadnej z wymienionych grup, występujące nieraz w dużych ilościach, często o użyteczności gospodarczej wzgl. leczniczej.

Związki chemiczne o walorze systematycznym mogą naturalnie występować w obrębie wszystkich tych grup — największą jednak wartość taksonomiczną mają związki chemiczne odznaczające się ograniczonym występowaniem, a takie właśnie związki (za wyjątkiem oczywiście białek) występują często w grupie ciał „wtórnych“.

Możliwość posłużenia się cechami chemicznymi dla wyjaśnienia wątpliwości taksonomicznych zarysowała się wraz z rozwojem fitochemii. Ostatnie dziesięć lat tak wzbogaciły naszą wiedzę w tym zakresie (głównie dzięki rozwojowi metod badawczych), że fitochemia stała się m. in. pomocniczą dyscypliną w zakresie systematyki botanicznej. Co więcej, czynione są wysiłki w kierunku rozpoznania licznych prawidłowości występowania ciał chemicznych w świecie roślinnym i na tej podstawie ustalenia filogenetycznego powiązania lub też ewolucyjnych paralelizmów w poszczególnych grupach świata roślinnego. Badania te rozwijają się w ramach nowo powstałej dyscypliny naukowej nazwanej „chemotaksonomią roślin“ (Hegnauer 1962, 1963, 1964, 1965, Swain 1963, Alston, Mabry, Turner 1963), budzącej szczególne zainteresowanie w poszukiwaniach nowych roślin i substancji roślinnych posiadających działanie farmakologiczne.

Byłoby naturalnie rzeczą nierozsądną mówić w tej chwili o możliwości opracowania systemu roślinnego opartego na cechach chemicznych. Nasze aktualne wiadomości w dziedzinie fitochemii porównawczej są jeszcze bardzo skromne — co najwyżej 5% roślin jest przebadanych chemicznie — zbyt wiele jest luk w tej dziedzinie, a wiele znalezionych ciał chemicznych nie posiada jeszcze ustalonej budowy (znamy tylko ok. 4000 związków o ustalonej budowie), stąd też chemotaksonomia może odgrywać jedynie rolę uzupełniającą.

Należy mieć równocześnie na względzie, że samo występowanie analogicznych związków chemicznych w poszczególnych taksonach nie jest jeszcze dostatecznym dowodem pokrewieństwa, gdyż uwzględniać należy też, a może przede wszystkim, drogi ich biosyntezy. Przykłady: związek indolowy o charakterze alkaloidu — bufotenina — występuje u ropuch i w roślinie *Piptadenia falcata* (*Papilionaceae*); pochodne tropolonu znaleziono w klasie *Coniferae*, a także wśród metabolitów niektórych grzybów z rodzaju *Penicillium* — co bynajmniej nie dowodzi pokrewieństwa.

Poznanie biosyntezy związków roślinnych może również wyjaśnić wiele obserwowanych dotychczas przypadków konwergencji tj. rozproszonego, sporadycznego

występowania takich samych ciał chemicznych w odległych systematycznie grupach roślin (Bukowiecki 1946).

Mówiąc o wartości cech chemicznych w systematyce roślin i mając na uwadze głównie ciała „wtórne“ musimy stwierdzić przejawianie się następujących tendencji w występowaniu tych ciał:

1) do powszechnego występowania w świecie roślinnym, względnie w jednej z jego większych systematycznie wyróżnionych jednostek (np. klasie *Monocotyledones* lub *Dicotyledones*),

2) do rozproszonego występowania w świecie roślinnym w różnych jednostkach systematycznych (nieraz odległych),

3) do ściśle określonego, systematycznie wąskiego zasięgu występowania w świecie roślinnym np. rodzinie, rodzaju a nawet gatunku.

1. Znamy wiele związków chemicznych, charakteryzujących się szerokim rozpowszechnieniem w świecie roślinnym — poza niektórymi cukrami i kwasami organicznymi będą to takie substancje, jak alkohole cukrowe d-mannit, inozyt, kwas chinowy, wielocukrowce — skrobia, celuloza i wiele innych, kwas kawowy i inne fenolokwasy, sitosterole, cholina — które (aczkolwiek z licznymi wyjątkami) spotykane są powszechnie u roślin nasiennych, a przynajmniej w dużych systematycznych grupach tych roślin. Wydaje się słuszne zaliczenie w poczet tych związków również niektórych flawonoidów, jak kwercetyna, kemferol, myricetyna, które należą do bardzo szeroko rozpowszechnionych wśród roślin.

Jest zrozumiałe, że wartość systematyczna (diagnostyczna) wyżej wymienionych ciał jest niewielka. Jedyne występowanie i budowa chemiczna ligniny budzi większe zainteresowanie w związku z drogami filogenezy (Brown 1965). Sprawy te nie są jednak dostatecznie poznane.

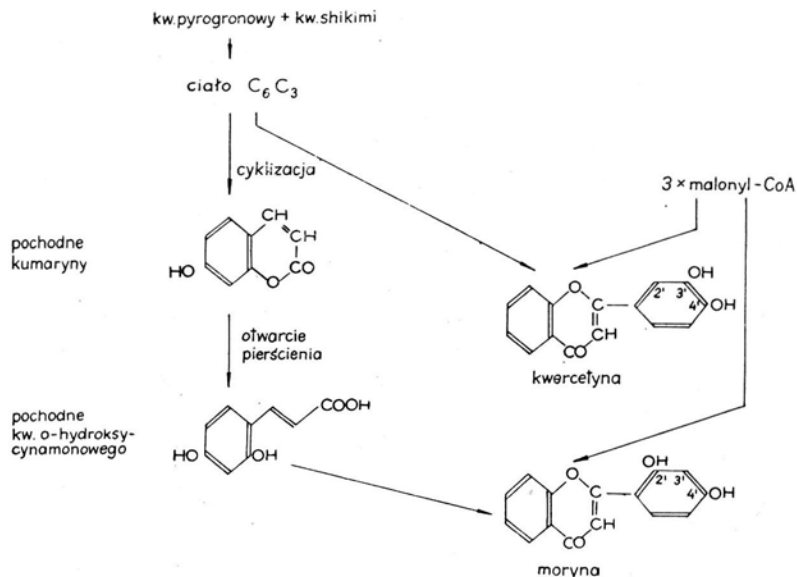
2. Ważniejsze z punktu widzenia systematyki i filogenezy jest ograniczone wzgl. rozproszone występowanie niektórych składników chemicznych roślin. Analiza tego występowania może nasunąć koncepcje powiązań filogenetycznych lub też wielotorowości powstawania (biogenezy).

W sprawie częstotliwości pojawiania się w systemie roślinnym związków „wtórnych“ została sprecyzowana przez Paecha (1950) „reguła częstotliwości“ (dla alkaloidów podana uprzednio przez Weevera 1933). Według niej kolejne przemiany węglowodanów w roślinie prowadzą do wytworzenia „ciał wtórnych“ przy współdziałaniu enzymów. Każda taka kolejna przemiana wymaga zazwyczaj współdziałania jednego enzymu. Im więcej pośrednich reakcji zajść musi w określonej przemianie aby powstało charakterystyczne ciało, tym jest mniej prawdopodobne, że ten łańcuchowy proces biosyntetyczny w różnych filogenetycznie warunkach będzie przebiegał jednakowo. Zatem ciało, którego wytworzenie wymaga wielu kolejnych przemian, będzie się wyróżniało odosobnionym występowaniem, a ciało o mniej skomplikowanym przebiegu biosyntezy z dużym prawdopodobieństwem będzie pojawiać się często w odległych systematycznie jednostkach świata roślinnego.

Przykładem może być biosynteza kwercetyny i moryny (ryc. 1).

- Flawonoidy te są izomeryczne, różnią się tylko położeniem grupy OH w bocznym pierścieniu benzenowym. Jednakże biosynteza moryny jest bardziej skomplikowana niż biosynteza kwercetyny, stąd rozpowszechnione występowanie kwercetyny w świecie roślinnym, a występowanie moryny ograniczone do rodzaju *Morus*.

Biosynteza izoflawonoidów — to boczna droga ogólnej biosyntezy flawonoidów wymagająca dodatkowych przekształceń — stąd sporadyczne a nawet systematycz-



Ryc. 1 — Hipotetyczna droga biosyntezy flawonoidów typu kwercetyny i moryny (wg. Hänsla, 1962)

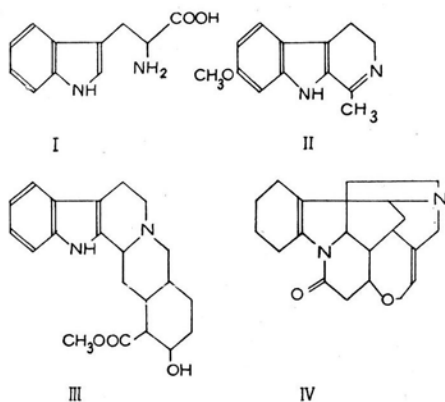
nie charakterystyczne ich występowanie (tylko w rodzinach: *Moraceae*, *Amaranthaceae*, *Podocarpaceae*, *Rosaceae*, *Papilionaceae*, *Compositae* i *Iridaceae*).

W grupie alkaloidów zaznacza się w wielu przypadkach coraz większe ograniczenie występowania w miarę komplikowania się budowy chemicznej, a w związku z tym prawdopodobnie złożoności procesu biogenezy (Steinegger, Hänsel 1963). Przykładem mogą tu być alkaloidy wywodzące się z tryptofanu (ryc. 2) względnie fenyloalaniny (ryc. 3).

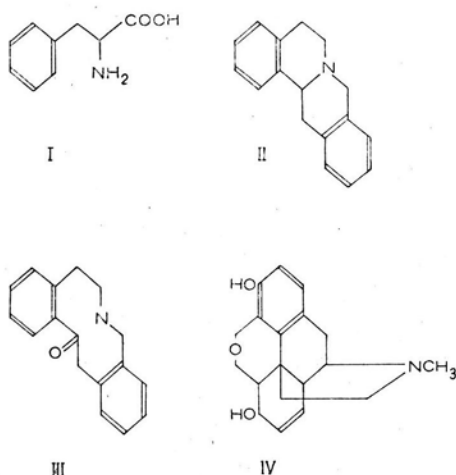
Ale powyżej omówiona reguła nie we wszystkich przypadkach może znaleźć zastosowanie. Wśród chinonów najbardziej rozpowszechnione są trójcykliczne antrachinony, mniej naftochinony (dwucykliczne), a najmniej monocykliczne benzochinony. Nie jest jednak udowodnione biogenetyczne pokrewieństwo tych związków — sprawa jest zatem otwarta.

Konwergencja chemiczna (p. w.) występuje wśród wielu związków „wtórnych” — przykładem występowanie nikotyny (w rodzajach m. in. *Lycopodium*, *Equisetum*, *Cannabis*, *Sedum*, *Eclipta*, *Asclepias*, *Zinnia*), anabazyny (*Chenopodiaceae* i *So-*

lanaceae), licznych kumaryn i in. Związki te mogą prawdopodobnie powstawać na różnych drogach biosyntezy (Mothes 1965). Jak różne mogą być drogi biosyntezy m. in. niektórych alkaloidów, wskazuje przykład lizyny (aminokwasu,



Ryc. 2 — Występowanie alkaloidów z grupy pochodnych tryptofanu w świecie roślinnym: I — tryptofan, II — typ harmaliny występujący w 6 rodzinach, III — typ johimbiny występujący w rodzinach *Apocynaceae* i *Rubiaceae*, IV — strychnina — występuje tylko w kilku gatunkach *Strychnos*



Ryc. 3 — Występowanie alkaloidów z grupy pochodnych fenyloalaniny w świecie roślinnym: I — fenyloalanina, II — typ protoberberyny, występujący w 6 rodzinach, III — typ protopiny charakterystyczny dla *Papaveraceae*, IV — morfina występuje tylko w gatunkach *Papaver somniferum* i *P. setigerum*.

z którego wywodzi się biogenetycznie szereg różnych alkaloidów tzw. grupy lizyny (Hegnauer 1959a). Aminokwas ten może powstawać u roślin dwoma drogami: 1) z kwasu alfa-amino-adypinowego i 2) z kwasu dwuaminopimelinowego (Vogel 1961) — wprawdzie drogą pierwszą tylko u większości grzybów i w rodzaju *Euglena*.

W grupie alkaloidów występują też zaskakujące nieraz przykłady konwergencji chemicznej, które skłaniają do refleksji filogenetycznych. Alkaloidy typu fenyloizochinoliny m. in. berberyna, magnofloryna — zostały znalezione w wielu rodzinach rzędu *Polycarpicae*, a również w odległej systematycznie rodzinie *Rutaceae*. Możliwe, że ta ostatnia rodzina jest bardziej zbliżona do rzędu *Polycarpicae* niż to się pierwotnie wydawało. Pogląd ten znalazł wyraz w systemie opracowanym przez Halliera (1912). Występowanie berberyny w rodzajach *Berberis* i *Mahonia* z rodziny *Berberidaceae*, a brak jej w rodzaju *Podophyllum*, spowodował rozgraniczenie tej rodziny przez Hutchinsona (1959) na dwie rodziny: *Berberidaceae* i *Podophyllaceae*. Alkaloidy pochodne kwasu lyzergowego do niedawna znane tylko z występowania w przetrwalnikach grzyba *Claviceps purpurea*, znaleziono również w rodzinie *Convolvulaceae*. Wysnuwanie tu jakichś wniosków byłoby co najmniej przedwczesne.

3. Obecność grupy ciał chemicznych o ograniczonym występowaniu w świecie roślinnym może stać się dodatkowym elementem taksonomicznym przy rozwiązywaniu problemów systematyki opartej na filogenezie.

Znamy wiele ciał o takim ograniczonym występowaniu w sensie taksonomicznym. Prostym przykładem może być tu choćby szczawian wapnia, a raczej jego postać krystaliczna — specyficznie charakterystyczna dla niektórych taksonów, podobnie jak występowanie olejków eterycznych, słuźów, garbników w charakterystycznych utworach (strukturach) komórkowych w niektórych rodzinach botanicznych. Występowanie szczawianu wapnia w określonej postaci krystalicznej służy m. in. do rozróżniania rodzajów w rodzinie *Rubiaceae* (Metcalf, Chalk 1950, Verdcourt 1962). Brak szczawianu wapnia może być uważany także jako cecha negatywna (np. w rodzinie *Cruciferae*).

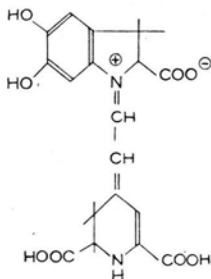
Wartość systematyczną mogą posiadać nawet niektóre kwasy tłuszczowe — np. kwas petroselinowy występujący w rodzinach *Umbelliferae*, *Araliaceae* i *Simarubaceae*, a więc blisko spokrewnionych (Hilditsch 1956), a także niektóre niebiałkowe aminokwasy jak np. w rodzinie *Papilionaceae* ograniczona do kilku gatunków tingitanina w rodzaju *Lathyrus* (Bell 1961).

W grupie barwników roślinnych ujawniono w ostatnim czasie systematycznie ograniczone i charakterystyczne barwniki azotowe występujące, w niektórych rodzinach w miejsce powszechnie znanych barwników antocjanowych. Są to tzw. betaniny o charakterze glikozydowym (aglikon betanidyna — ryc. 4) (Mabry, Taylor, Turner 1963). Betaniny oraz antocjany nie występują nigdy razem w tej samej rodzinie. Występowanie betanin ograniczone jest do rodzin rzędu *Centrospermae*: *Amaranthaceae*, *Basellaceae*, *Cactaceae*, *Chenopodiaceae*, *Didieraceae*, *Aizoaceae*, *Nyctanginaceae*, *Phytolaccaceae*, *Portulacaceae* i *Stegnosperrmaeae*. Wyjątkiem jest rodzina *Caryophyllaceae* zaliczana przez większość systematyków do *Centrospermae*. Tu bowiem występują antocjany a nie betaniny.

Gumiński (1961) uważa, że obecność alkaloidów i amin może służyć jako uboczny sprawdzian pokrewieństwa w obrębie wąskich grup systematycznych.

Podobnie Hegnauer (1958, 1959a, b, 1962—1964) uważa alkaloidy za związki chemiczne o znaczeniu taksonomicznym, bierze także pod uwagę związki cjanogenetyczne, pseudoindykany, antrachinony oraz pochodne kwasu salicylowego (u *Dicotyledones*). Hänsel (1962), Bate Smith, Swain (1965) analizują systematyczne rozpowszechnienie flawonoidów i ich walor taksonomiczny.

W grupie flawonoidów znaleziono systematycznie ograniczone występowanie dimerycznych biflawonoidów u *Gymnospermae* (Baker, Olis 1961) typu ging-



Ryc. 4 — Betanidyna (część aglikonowa betanin).

ketyny, hinokiflawonu. Jedyny wyjątek stanowi występowanie tych związków w gatunku *Casuarina stricta*, który stoi blisko *Gymnospermae*. W tym wypadku moment fitochemiczny potwierdza morfologiczne pokrewieństwo. Poza tym nieliczne tylko związki flawonoidowe mają wartość taksonomiczną — niemniej jednak występowanie flawonów i stilbenów w rodzaju *Pinus* posłużyło Erdtmannowi (1955, 1962) do systematycznego opracowania tego rodzaju, opracowania niemal zgodnego z czysto morfologicznym podziałem.

W grupie antrachinonów (Hegnauer 1958) przykładem wartości taksonomicznej może być występowanie antrachinonów w rzędzie *Rubiales*. W jego ramach tylko *Rubiaceae* charakteryzują się obecnością antrachinonów. Wśród plemion tej rodziny znaleziono antrachinony (jak dotychczas) tylko w 4-ch plemionach m. in. w plemienu *Galium* i tu we wszystkich 12 rodzajach.

Charakterystyczne ciała chemiczne są związane z mechanizmem genetycznym w rodzaju *Mentha*. Dominujące allele powodują wytwarzanie się olejku lotnego typu karwonowego (u *Mentha spicata*) lub olejku typu piperitonowego (u *Mentha piperita*). Te dwa typy wzajemnie się wykluczają. Jest to rozszczepienie dichotomiczne natury genetycznej.

Trudno jest mówić o jednej grupie związków chemicznych mającej znaczenie taksonomiczne, zwłaszcza jeżeli chodzi o większe jednostki systematyczne. Zbyt wiele jest jeszcze luk w znajomości chemicznych substancji roślinnych. Są grupy systematyczne, gdzie w ogóle nie spotykamy ciał o których wyżej wspomniano (= cecha negatywna), np. brak alkaloidów w rodzinach *Urticaceae*, *Salicaceae*, *Polygonaceae*, *Primulaceae* i in. Natomiast przy analizie wąskich grup systematycznych szczególnie wśród *Mono-* i *Dicotyledones* cechy chemiczne mogą oddać

usługi (Gibbs 1965). Wśród wspomnianych klas znajomość występowania związków chemicznych jest stosunkowo największa, gdyż budziły one od dawna zainteresowania naukowe ze względu na wartości użytkowe, a przede wszystkim lecznicze.

Przy rozpatrywaniu z punktu widzenia systematyki cech chemicznych nasuwa się uwaga, że nie jest tu jedynie miarodajna ocena na podstawie zdolności jakiegoś taksonu do wytwarzania danego ciała, ale (i to może głównie) zdolność do akumulowania go w tkankach. Np. sedoheptuloza jest prawdopodobnie wytwarzana przez wszystkie rośliny zielone — ale nagromadzana jedynie w gatunkach kilku rodzin (*Crassulaceae*, *Saxifragaceae*), co wydaje się być cechą o dużej specyficzności systematycznej.

Podobnie też wytwarzanie alkaloidów względnie protoalkaloidów (te pojęcia stale jeszcze nie są wyraźnie rozgraniczone) wydaje się właściwe wielu organizmom roślinnym, natomiast nagromadzanie tych związków jest cechą ograniczoną do stosunkowo niewielu jednostek systematycznych (Mothes 1955).

Tak np. alkaloidy zaliczane do grupy tryptofanu (Hegnauer 1959) o bardziej skomplikowanej budowie (z wyj. harmanu i fyzostygminy) są ograniczone w występowaniu do 3 rodzin: *Loganiaceae*, *Apocynaceae* i *Rubiaceae*. W ich obrębie zdolność wytwarzania i nagromadzania alkaloidów typu johimbiny mają *Apocynaceae* i *Rubiaceae*. Fakt ten może świadczyć o bliskim pokrewieństwie wspomnianych rodzin. Pogląd ten jest reprezentowany m. in. przez Hutchinsona 1959. W rodzinie *Apocynaceae* spotykamy się już z bardzo specyficznym (na podstawie dotychczasowych badań) występowaniem alkaloidów złożonej budowy m. in. rezerpiny (w rodzajach *Rauwolfia*, *Alstonia*, *Tonduzia*, *Vinca*) a nawet gatunku *Catharanthus roseus* G. Don (winblastyna, winkrystyna). O przykładach strychniny i morfiny wspomniano wyżej (ryc. 2 i 3).

Alkaloidy w rodzinie *Papilionaceae* występują tylko w plemionach *Sophorae*, *Genistae* i *Podalyriae* (Nowacki 1960, Bernasconi, Gill, Steinegger 1965).

Przykłady ograniczonego występowania związków chemicznych w jednostkach systematycznych są bardzo liczne. Zagadnienie zmienności chemicznej wewnątrzgatunkowej, które również nabrało dużego znaczenia w związku z wyróżnianiem tzw. „ras chemicznych“ (Kohlmünzer 1961) nie będzie tu omawiane. Piśmiennictwo dotyczące ujęć chemotaksonomicznych w świecie roślinnym jest bardzo duże (dzieła podstawowe: Hegnauer 1962—1964, Swain 1963, Turner, Alston 1963, Florkin, Mason 1960) — w ostatnich latach pojawiło się wiele nowych doniesień i opracowań fitochemicznych mających znaczenie dla systematyki. W ten sposób chemotaksonomia stała się dyscypliną pomocną w rozwiązywaniu problemów systematyki i filogenezy świata roślinnego, a także dyscypliną wielkiej użyteczności w poszukiwaniach roślinnych związków chemicznych o znaczeniu farmaceutycznym.

LITERATURA

- Alston R. E., Mabry T. S., Turner B. L., 1963. Perspectives in Chemotaxonomy. *Science* 136, 545—552.
- Bate Smith E., Swain T., 1965. Recent Developments in the Chemotaxonomy of Flavonoid Compounds. *Lloydia*, 28, 313—331.
- Baker W., Ollis W. D., 1961. Biflavonyls in „Chemistry of Natural Phenolic Compounds“ Ed. Ollis W. D. Oxford, London, New York, Paris
- Bell E. A., 1961. Isolation of a new Aminoacid from *Lathyrus tingitanus*. *Biochem. Biophysic. Acta* 47, 602.
- Blagowieszczęński A. W., 1955. Die biochemischen Grundlagen des Evolutionsprozesses der Pflanzen. Berlin.
- Brown S. A., 1965. Chemotaxonomic Aspects of Lignins. *Lloydia* 28, 332—341.
- Bernasconi R., Gill, S., Steinegger, E., 1965. Untersuchungen über chemotaxonomisch-phylogenetischen Klassifizierung von Genus *Genista* L. *Pharm. Acta Helvetiae* 40, 246—256.
- Bukowiecki H., 1946. O chemicznej konwergencji u roślin. *Farmacja Polska* 2, nr. 1/2.
- Čapek T., 1913—1921. *Biochemie der Pflanze*. III Vol. II Aufl. Fischer Verl. Jena.
- De Candolle A. P., 1816. Essai sur les propriétés médicales des plantes, comparées avec leurs formes extérieures et leur classification naturelle. Genève.
- Denffer von D., 1958. W Strassburger — Lehrbuch der Botanik. 27 Wyd. Fischer Verl. Stuttgart.
- Erdtmann H., 1955. The Chemistry of hartwood constituents of Conifers and their taxonomic importance. *Experientia. Supplem.* 156—180.
- Erdtmann H., 1962. Some Aspects of Chemotaxonomy. *Intern. Symp. Chem. of Natural Products*, Praha 2, 679—708.
- Florkin H., Mason, H., 1960. *Comparative Biochemistry: A Comprehensive Treatise*. Academic Press N. York.
- Gibbs R. D., 1965. A Classical Taxonomist's View of Chemistry in Taxonomy of Higher Plants. *Lloydia* 28, 279—299.
- Gumiński S., 1960. Biochemiczne aspekty ewolucji roślin. *Wiad. Botan.* 4, 123—138.
- Hallier H., 1912. L'origine et le système phylétique des angiospermes exposés à l'aide de leur arbre généalogique. *Arch. Néerl. Sci. Exact. et Natur.* (III B) 1, 146—234.
- Hänsel R., 1962. Flavonoide: Endgestaltung und Verbreitung über das Pflanzensystem. *Planta medica* 10, 261—384.
- Hegnauer R., 1958. Systematische Bedeutung des Antrachinonmerkmals. *Planta medica* 6, 1—34.
- Hegnauer R., 1959. Systematische Bedeutung des Alkaloidmerkmals. *Planta medica* 7, 344—366.
- Hegnauer R., 1959. Die Verbreitung der Blausäure bei Cormophyten. *Pharm. Weekblad* 94, 248—262.
- Hegnauer R., 1962—1964. *Chemotaxonomie der Pflanzen*. Vol. I — III. Birkhäuser Verl. Basel—Stuttgart.
- Hegnauer R., 1965. Chemotaxonomy — Past and Present. *Lloydia* 28, 267—278.
- Hilditsch T. P., 1956. *The Chemical Constitution of Natural Fats*. New York, 664.
- Hutchinson J., 1959. *The families of Flowering Plants*. 2 Vol. II Edit. Oxford Clarendon Press 762—763.
- Kohlmünzer S., 1961. Rasy chemiczne wśród roślin leczniczych. *Wiad. Bot.* 5, 17—55.
- Mabry T. J., Taylor A., Turner B. L., 1963. Betacyanins and their distribution. *Phytochemistry* 2, 61—64.
- Metcalfe C., Chalk, L., 1950. *Anatomy of the Dicotyledones*. Oxford Clarendon Press 762—763.
- Mothes K., 1955. Physiology of Alkaloids. *Ann. Rev. Plant. Physiol.* 6, 393—432.
- Mothes K., 1965. Zur Problematic des Alkaloidbiogenese. *Mitteil. deutsch. pharm. Gesellsch.* 35, nr 4, 77—78.

- Nowacki E., 1960. *Genetica Polonica*, 119.
- Paech K., 1950. *Biochemie und Physiologie der sekundären Pflanzenstoffe*. Springer Verl. Berlin, Göttingen, Heidelberg.
- Steinegger E., Hänsel, R., 1963. *Lehrbuch der allgemeinen Pharmacognosie*. Springer Verl. Berlin, Göttingen, Heidelberg.
- Swain T., 1963. *Chemical Plant Taxonomy*. Academic Press London, New York.
- Turner B., Alston, R., 1963. *Biochemical Systematics*. Prentice Hall Inc. Englewood Cliffs N. Y.
- Vogel H. J., 1961. Lysine Synthesis and Phylogeny of Lower Fungi. *Nature (London)* 189, 1026—1027.
- Verdcourt B., 1962. Remarks on the classification of the *Rubiaceae*. *Bull. Jard. Bot. l'Etat Brux.* 28, 209—290.
- Weevers T., 1933. Die Pflanzenalkaloide phytochemisch und physiologisch betrachtet. *Rec. Trav. Bot. Néerl.* 30, 336—462.