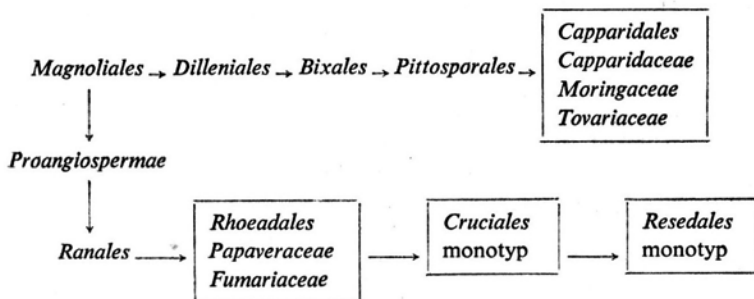


HENRYK ROMUALD GERTIG

PODZIAŁ RZĘDU *RHOEADALES* «SENSU WETTSTEIN» Z UWZGLĘDNIENIEM CHEMOTAKSONOMICZNEGO PUNKTU WIDZENIA

W ostatnim czasie systematyka roślin coraz częściej korzysta z osiągnięć fitochemii, uwzględniając je przy opracowywaniu systemu, który odzwierciedlałyby najlepiej stosunki pokrewieństwa w świecie roślinnym. Obecnie najbardziej rozpowszechnionym i niemal obowiązującym systemem botanicznym jest system opracowany przez Wettsteina. Według tegoż autora, a także wielu innych systematyków rząd *Rhoeadales* wywodzi się z *Polycarpiceae* i w swoich granicach stanowi naturalną jednostkę systematyczną. Jak gdyby potwierdzeniem tej hipotezy były pierwsze badania serologiczne, w wyniku których w 1956 r. Moritz i Rohm doszli do wniosku, że istotnie rząd *Rhoeadales* tworzy naturalną grupę. Należy jednak zwrócić uwagę, że do tego rzędu Wettstein zalicza rodziny *Papaveraceae*, *Capparidaceae*, *Cruciferae*, *Moringaceae* i *Tovariaceae*, które z fitochemicznego punktu widzenia, szczególnie w odniesieniu do wtórnych produktów przemiany materii są niezwykle zróżnicowane. Hutchinson w nowym wydaniu rodzin roślin kwiatowych z 1959 r. (*Families of flowering Plants*) w wielu przypadkach na nowo wprowadza niektóre rzędy i rodziny. Daleko idące przedstawienia spotykamy u tegoż autora w obrębie rzędu *Rhoeadales*. Uważa on, że gatunki należące do tego rzędu «sensu Wettstein» pochodzą z dwóch różnych linii rozwojowych, w związku z czym

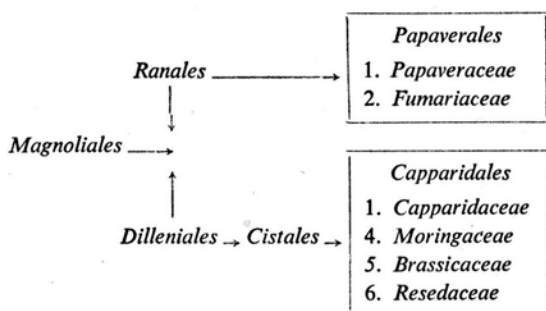
Stanowisko rodzin rzędu *Rhoeadales* sensu Wettstein w systemie Hutchinsona (1959 r.)



należy na nowo dokonać ich podziału. I tak rodziny *Capparidaceae*, *Moringaceae* i *Tovariaceae* mają się wywodzić od *Pittosporales* i tworzą rząd *Capparidales*. Pozostałe rodziny można umieścić w trzech monotypowych rzędach wywodzących się od *Ranales*. Ilustruje to powyższy schemat.

Również w roku 1959 Tachtadźjan dokonał na nowo podziału rzędu *Rhoeadales* (sensu Wettstein). Z rzędu tego wyodrębnił rodzinę *Papaveraceae*, tworząc dla niej rząd *Papaverales* (= *Papaveraceae sensu stricto* + *Fumariaceae*) i umieścił w grupie wywodzącej się z *Ranunculaceae-Hydrastidiaceae*. Pozostałe rodziny umieścił w rzędzie *Capparidales*, który wg tegoż autora wywodzi się od *Cistales* (przypuszczalnie *Flacourtiaceae*). Można to również przedstawić schematem.

Stanowisko rodzin rzędu *Rhoeadales* sensu Wettstein w systemie Tachtadźjana (1959 r.)



Znacznie wcześniej, bo już w 1912 r. Hallier rodzinę *Papaveraceae* zaliczył do rzędu *Ranales*, *Moringaceae* do *Cesalpinioideae* a dla rodzin *Capparidaceae* z wyłączeniem rodzajów *Koerberlinia* i *Tovaria*, *Cruciferae* i *Resedaceae* utworzył rząd *Cruciales*, który jednakże w przeciwieństwie do Tachtadźjana wyprowadza od *Ranales* (*Lardizabolaceae-Berberidaceae*).

Jak więc widać, różni systematycy opierając się przede wszystkim na cechach morfologicznych, dokonali podziału rzędu *Rhoeadales*, wyprowadzając zgrupowane w nim rodziny z różnych linii rozwojowych. Istnieją jednak między tymi podziałami pewne rozbieżności. W takich przypadkach należy zwrócić uwagę na cechy chemiczne poszczególnych grup, uwzględniając jednak, że sama fitochemia nie wystarczy do ścisłego zakreślenia granic systematycznych. Celem fitochemii będzie z jednej strony zebranie, krytyczne opracowanie i wykorzystanie dotychczas nagromadzonych faktów, a z drugiej strony dostarczanie nowych danych. Dopiero wtedy gdy fitochemia zadania te wypełni, cechy chemiczne będą posiadały pełną wartość dla systematyki, a nie jak dotychczas raczej przypadkową.

Już dawniej niektórzy systematycy, np. Hallier, Wettstein a także Tachtadźjan wnioski swoje uzasadniali właściwościami kompleksów chemicznych. Argumentacja ich często była mało przekonująca, ponieważ te same cechy można wykorzystać do umocnienia zupełnie innych wniosków. Tak np. rodzina *Papaveraceae* odróżnia się od pozostałych rzędu *Rhoeadales* obecnością

alkaloidów z jądrem izochinolinowym i brakiem glikozydów izosiarkocyjanowych. Grupy te jednak zbliżone są do siebie obecnością związków polifenolowych. Zarówno w rodzinie *Papaveraceae* jak i w rodzinach *Cruciferae* i *Capparidaceae* występują powszechnie kwasy: ferulowy i synapinowy. Olejki gorczyczne są natomiast szeroko rozpowszechnione również w rodzinach *Tropeolaceae*, *Limnanthaceae*, *Caricaceae* i *Phytolaccaceae*, co mogłoby wskazywać na ich pokrewieństwo z rodzinami *Cruciferae* i *Capparidaceae*. Należałoby zatem wyjaśnić takie właśnie rozpowszechnienie olejków gorczycznych jakimiś związkami pokrewieństwa. Tachta dżjan określa występowanie olejków gorczycznych w rodzinie *Tropeolaceae* «jako godny uwagi przypadek chemicznej konwergencji».

Istotnym jednak jest, że badania chemiczne poszczególnych przypadków doprowadzają do uzyskania ogólnego obrazu składu poszczególnych grup, systematycznych, dając możliwość wzajemnego ich porównania. Należałoby również dokonać przeglądu cech chemicznych w obrębie poszczególnych rodzin, aby ich podział odzwierciedlał naturalne stosunki pokrewieństwa pomiędzy rodzajami.

Uwzględniając dotychczasowy stan badań fitochemicznych nad głównymi składnikami rozpatrywanej grupy można przyjąć, że rodzina *Papaveraceae* nie jest blisko spokrewniona z pozostałymi rodzinami rzędu *Rhoeadales* sensu Wettstein. W związku z powyższym należy ją wyodrębnić z rzędu *Rhoeadales* i włączyć do *Ranales* jak to już wcześniej uczynił Hallier albo wyprowadzić od *Ranales* nowy rząd *Papaverales* jak to uczynili Hutchinson i Tachta dżjan. *Papaverales* w sensie Tachta dżjana zbliżone są do *Ranales*, wykazując obecność bielma i oleju tłustego w nasionach oraz alkaloidów z jądrem izochinolinowym. W większości przypadków alkaloidy zlokalizowane są przede wszystkim w członowanych rurach mlecznych, albo w alkaloidowych idioblastach. Pod tym względem rodzina *Papaveraceae* w obrębie rzędu *Rhoeadales* nie jest całkowicie odosobniona. Tak np. w rodzinie *Menispermaceae* z wyjątkiem rodzaju *Tinomiscium* występuje również sok mleczny, a rury i komórki mleczowe już wcześniej stanowiły cechę diagnostyczną rodziny *Nymphaeaceae*, wskazując na jej przynależność do rzędu *Ranales*.

Pozostałe rodziny rzędu *Rhoeadales* sensu Wettstein, szczególnie *Capparidaceae*, *Cruciferae* i *Resedaceae* również z fitochemicznego punktu widzenia są do siebie bardzo zbliżone. Wszystkie gatunki wytwarzają nasiona bezbielmowe i zawierają olej. Jako główne kwasy tłuszczowe spotyka się kwas erukowy, linolowy i lino- lenowy. Wszędzie też występują komórki mirozynowe i olejki gorczyczne. Ponadto w rodzinie *Cruciferae* i *Capparidaceae* występują związki podobne do alkaloidów o charakterze czwartorzędowych zasad amoniowych. Obecność związków poli- fenolowych w rozdziale *Cruciferae* i *Capparidaceae* mogłaby wskazywać na pewne zbliżenie do *Papaveraceae*, należy jednak zwrócić uwagę, że związki te w omawia- nych rodzinach są stosunkowo mało poznane i tym samym nie można ich traktować jako cech chemotoksonomicznych. Można jednak mówić o braku antocyanów w rodzinie *Capparidaceae* i *Moringaceae*, a w związku z tym włączanie ich przez Hutchinsona do *Lignosae* byłoby sprzeczne z powszechnym występowaniem tam antocjanów. Tak więc podział rzędów dokonany przez Tachta dżjana jest zgodny

z przedstawionymi cechami biochemicznymi. Cechy chemotoksonomiczne głównych rodzin rzędu *Rhoeadales* sensu Wettstein przedstawiono w oddzielnym zestawieniu.

Tabela I

Cechy chemotoksonomiczne głównych rodzin rzędu *Rhoeadales* sensu Wettstein

| Rodzina | Nasiona | Idioblasty | Olejki gorczyczne | Polifenole | Alkaloidy i inne podobne |
|----------------------|---|--|--|--|--|
| <i>Papaveraceae</i> | endosperm duży, olej; główne kwasy: olejowy, linalowy | rury mleczne, komórki mleczne, komórki alkaloidowe | brak | brak garbników i leukoantocjanów. Obecne kwasy ferulowy i synapinowy | rozpowszechnione zasady z jądrem izochinolinowym |
| <i>Capparidaceae</i> | endospermu brak, olej częsty; kwasy: olejowy, linalowy (mało zbadane) | komórki mirozynowe (prawdopodobnie rozpowszechn.) | prawdopodobnie rozpowszechnione (wykryte w 3-ch rodzajach) | brak leukoantocjanów. Obecne kwasy ferulowy i synapinowy | dość częste czwartorzędowe aminy i betainy |
| <i>Cruciferae</i> | endospermu brak, olej; główne kwasy: erukowy, olejowy, linalowy | komórki mirozynowe rozpowszechnione | rozpowszechnione | brak garbników i leukoantocjanów. Obecne kwasy ferulowy i synapinowy | rozpowszechniona synapina |
| <i>Resedaceae</i> | endospermu brak, olej; mało zbadane | komórki mirozynowe (prawdopodobnie rozpowszechnione) | prawdopodobnie rozpowszechnione (wykryte w rodzaju <i>Reseda</i>) | brak leukoantocjanów (mało zbadane) | nieznane |
| <i>Moringaceae</i> | endospermu brak, olej; główne kwasy olejowe | komórki mirozynowe | prawdopodobnie rozpowszechnione | brak leukoantocjanów (mało zbadane) | wykryte bliżej nieznane związki zasadowe |

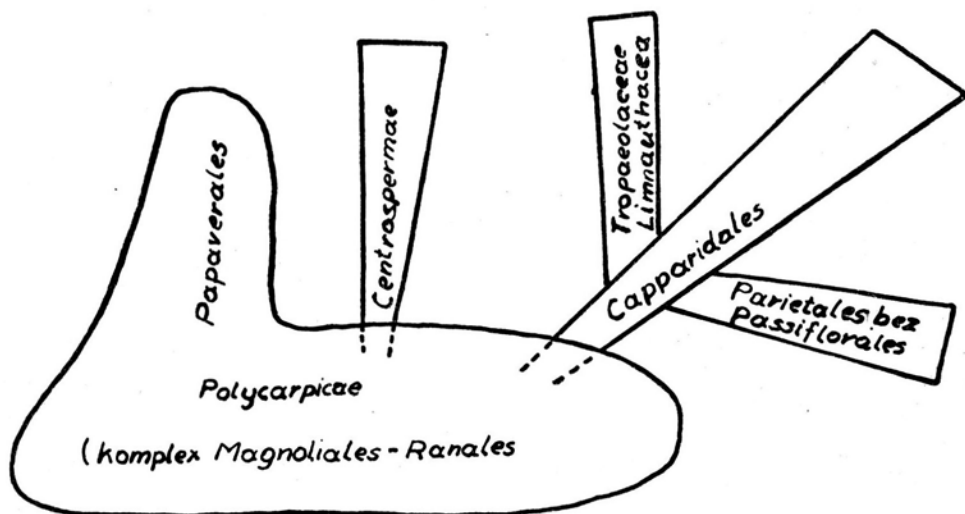
Odnośnie pochodzenia *Capparidales* istnieją różne poglądy. Do rozwiązania tych wątpliwości pewnych argumentów dostarcza fitochemia. Serologiczny stan rzeczy przedstawiony przez Mörizta dość słabo rzutuje na związki łączące ten rząd z *Polycarpiceae* i *Guttiferae*. Chemicznie *Capparidales* bardziej zbliżone są do *Tropeolaceae* i *Limnanthaceae* dzięki obecności komórek mirozynowych, olejków gorczycznych, a także do *Brassicaceae* (sensu Tachtadżjan) ze względu na obecność kwasu erukowego. Jest mało prawdopodobne, że mamy tutaj do czynienia z osobnym przypadkiem chemicznej konwergencji.

Olejki gorczyczne występują także u *Caricaceae* (*Passiflorales* sensu Tachtadżjan) i u *Phytolaceae* (*Caryophyllales* = *Centrospermae*). *Centrospermae* wg Halliera,

Hutchinsona i Tachtadźjana pochodzą bezpośrednio od *Ranales*. Takie ujęcie wskazuje na dalsze chemiczne podobieństwa jak obecność zasad z jądrem izochinolinowym u przedstawicieli *Centrospermae* i występowanie w niektórych rodzajach *Papaveraceae* typowych dla *Centrospermae* pigmentów typu betanin.

Z drugiej strony wg Tachtadźjana *Capparidales* i *Passiflorales* wywodzą się z *Cistales*. Natomiast Hutchinson wyprowadza te rzędy od *Bixales*. Zależności te rzucają nowe światło na występowanie olejku gorczycznego i komórek miroyznowych w rodzinie *Caricaceae*. Fitochemiczne stosunki pokrewieństwa ujawniają się również między innymi grupami systemu. W sumie pozwalają one na korektę systemów opartych na cechach morfologiczno-anatomicznych.

Na rysunku przedstawiono schemat, uwydatniający zależności biochemiczne wycinka systemu, który jako jeden z możliwych wskazuje na naturalne pokrewieństwo omawianych grup. W rezultacie przesunięcia akcentu na cechy chemiczne, uzyskuje się system będący kombinacją z systemem morfologicznym. Odskokiem od systemu morfologicznego będzie włączenie *Tropeolaceae* i *Limnanthaceae* do *Capparidales*. Oddzielenia *Parietales* od *Capparidales* (wg Tachtadźjana należą tutaj *Passiflorales*) dokonał już Wettstein; za tym oddzieleniem przemawiają również cechy biochemiczne. Tachtadźjan i Hutchinson zrobili odwrotnie, oddzielając od rodzin *Parietales* Wettsteina rząd *Capparidales*.



Naturalne pokrewieństwa wycinka systemu naturalnego wg Hegnauera uwzględniającego cechy chemiczne i morfologiczne.

Z badań serologicznych Fröhma wynika, że wspólne związki łączą z jednej strony rodziny *Papaveraceae* i *Fumariaceae* a z drugiej strony rodziny *Cruciferae*, *Capparidaceae* i *Resedaceae*. Przynależność pozostałych rodzin rzędu *Rhoeadales*

sensu Wettstein, a mianowicie *Tovariaceae* i *Moringaceae* do jednej z powyższych grup pozostaje niepewna. Autor ten zaakcentował nie tylko związki, ale także i różnice serologiczne pomiędzy *Papaveraceae* i *Fumariaceae*, które pozwalają je traktować jako odrębne rodziny, a nie podrodziny jak to uczynił Wettstein. Ponadto wykazano związki wskazujące na ich pokrewieństwo do przedstawicieli *Ranunculaceae*.

Z fitochemicznego punktu widzenia do najlepiej zbadanych rodzin należą *Papaveraceae* i *Cruciferae*, które jednocześnie najbardziej różnią się składnikami charakterystycznymi. Te właśnie różnice pozwoliły m. in. na utworzenie odrębnych rzędów *Papaverales* i *Capparidales*. Obecny stan badań nie pozwala jeszcze na głębsze wniknięcie w stosunki pokrewieństwa jakie zachodzą pomiędzy poszczególnymi rodzajami i wyprowadzenie ich linii rozwojowych. Niektóre rodzaje lub szersze grupy systematyczne można chociaż częściowo scharakteryzować i powiązać cechami chemicznymi.

W rodzinie *Papaveraceae* taką najbardziej znaczącą cechą chemotaksonomiczną są alkaloidy. Wprawdzie znane jest w tej rodzinie występowanie glikozydów flawonowych np. kwercetyno-glikoramnozydu, kwasów organicznych np. kwasu mekonowego i chelidonowego, alkoholi trójterpenowych, żywic, wosków, barwników i wielu innych substancji, jednakże związki te poza tłuszczami nie stanowią cech charakterystycznych ani dla rodziny, ani dla rodzajów. Alkaloidy występujące w rodzinie *Papaveraceae* z punktu widzenia ich biogenezy można wyprowadzić z aminokwasów fenyloalaniny i charakteryzują się obecnością jądra izochinolinowego. Z chemicznego punktu widzenia należą do następujących grup: tetrahydroizochinolinowych, benzyloizochinolinowych, kularyny, aporfiny, morfinanu, protoberberyny, protopiny, ftalidoizochinolinu i benzofenantrydyny. Jest cechą bardzo charakterystyczną, że najbardziej rozpowszechnione w rodzinie *Papaveraceae* są alkaloidy z grup protopiny, benzofenantrydyny, protoberberyny i apomorfiny. Z chemotaksonomicznego punktu widzenia należy zwrócić uwagę na protopinę, jako na związek najbardziej rozpowszechniony w rodzinie *Papaveraceae* i *Fumariaceae* i nie znaleziony dotychczas u przedstawicieli innych grup systematycznych. Protopina zatem może być cechą wskazującą na pokrewieństwo rodziny *Papaveraceae* i *Fumariaceae*. Gatunki należące do rodziny *Fumariaceae* charakteryzują się obecnością alkaloidów typu protoberberyny i brakiem alkaloidów benzofenantrydynowych typu sangwinaryny i chelerytryny. Wyjątkiem jest tutaj *Dicentra spectabilis*, dla której wykazano obecność alkaloidów obu typów. Alkaloidy typu kularyny można uważać za charakterystyczne składniki rodzaju *Dicentra* a ftalidoizochinolinowe dla rodzaju *Corydalis*. Rodzaj *Papaver* jest również bardzo interesujący, ponieważ występują tu przeważnie alkaloidy typu morfinanu i benzyloizochinolinowe. Nie stwierdzono tu alkaloidów benzofenantrydynowych i pochodnych protoberberyny — aczkolwiek i tutaj mamy wyjątek a mianowicie *Papaver rhoas* i *P. dubium* v. *lecoqui*. Obecność w rodzinach *Papaveraceae* i *Fumariaceae* alkaloidów typu protoberberyny i glaucyny może wskazywać na ich pokrewieństwo

do rodziny *Ranunculaceae* (rodzaj *Thalictrum*) oraz do rodziny *Magnoliaceae* i *Berberidaceae*, co potwierdza również słuszność hipotezy Hegnauera wyprzedzającego rząd *Papaverales* z kompleksu *Ranales-Magnoliales*.

Do najbardziej charakterystycznych składników rodziny *Cruciferae* należą glikozydy rodankowe oraz powstające z ich rozkładu tzw. olejki gorczyczne jak i rzadziej występujące związki siarczkowe i olejki czosnkowe. Powszechnie jest również występowanie znacznych ilości oleju w nasionach. Brak natomiast u przedstawicieli tej rodziny garbników, saponin, typowych alkaloidów oraz w znacznie większej ilości występujących kwasów organicznych. Sporadycznie występują inne związki jak zasady amoniowe, innozyt, mannitol, związki sterydowe i inne. W niektórych gatunkach stwierdzono obecność związków flawonowych, jednakże brak jest w tym zakresie szerszych badań. Mniej częstymi, lecz znacznie bardziej charakterystycznymi mogą okazać się glikozydy kardenolidowe, a być może, że także interesującą okaże się niedawno odkryta grupa związków nazwana kukurbitacydami. Całkiem odosobnionym przypadkiem jest indykan, występujący jedynie w ziele *Isatis tinctoria*. Obecność kardenolidów stwierdzono w rodzajach *Alliaria*, *Sisymbrium*, *Erysimum*, *Cheiranthus*, *Bunias*, *Hesperis*, *Lunaria*, *Lepidium*, *Syrenia* i *Conringia*. Przyjmując podział na plemiona dokonany przez Busza można dojść do wniosku, że w każdym niemal plemienu można znaleźć przedstawicieli charakteryzujących się obecnością kardenolidów. Wiadomo jednak, że kardenolidy w rodzinie *Cruciferae* nie są powszechne i znane są liczne gatunki nie zawierające ich. Wydaje się zatem, że przy podziale na plemiona należałoby wziąć pod uwagę również cechy chemotaksonomiczne. Oczywiście obecnie jest jeszcze za wcześnie, ponieważ nie wszystkie kardenolidy rodziny *Cruciferae* zostały dostatecznie poznane. Na uwagę zasługują dwa blisko spokrewnione z punktu widzenia morfologicznego rodzaje a mianowicie *Erysimum* i *Cheiranthus*.

Według dotychczasowego rozeznania można sugerować, że rodzaj *Erysimum* wytwarza kardenolidy pochodne strofantydyny, podczas gdy rodzaj *Cheiranthus* charakteryzuje się obecnością pochodnych korotoksygeniny i koroglaucygeniny, rzadziej natomiast spotyka się pochodne strofantydyny. Niejednokrotnie przynależność systematyczna gatunków nie jest ściśle ustalona i te same rośliny bywają zaliczane do różnych rodzajów, np. *Erysimum allioni* = *Cheiranthus allioni*. Obecność pochodnych korotoksygeniny wskazuje na przynależność tego gatunku do rodzaju *Cheiranthus*.

Na oddzielną uwagę zasługują również kukurbitacyny, które dotychczas stwierdzono w rodzaju *Iberis*. Być może, że szersze badania tej grupy związków również i w innych rodzajach przyczynią się do dalszej chemotaksonomicznej charakterystyki w obrębie rodziny *Cruciferae*.

LITERATURA

- Boit H. G., 1961, Ergebnisse der Alkaloid-Chemie, Akademie Verlag, Berlin.
- Flora SSSR, 1939, tom 8, Academie Scientiarum URSS, Moskwa.
- Frohne D., 1962, Das Verhältnis von vergleichender Serobotanik zu verggleichender Phytochemie, Dargestellt an serologischen untersuchungen im Bereich der Rhoadales, *Planta Medica*, 10, 283.
- Gmelin R., 1963, Die Verbreitung von Cucurbitacinen und Cucurbitacinglycosiden in der Gattung *Iberis* (*Cruciferae*), *Arzneimittel. Forschung*, 13, 771.
- Hallier H., 1912, *Arch. sci. néerl. ser. IIIB*, 1.
- Hegnauer R., 1961, Die Gliederung der Rhoadales sensu Wettstein im Lichte der Inhaltstoffe, *Planta Medica*, 9, 37.
- Hutchinson J., 1959, Families of flowering Plants, University Press, Oxford.
- Karrer W., 1958, Konstitution und Vorkommen der organischen Pflanzenstoffe, Birkhäuser Verlag, Basel und Stuttgart.
- Kowalewski Z., 1963, Poszukiwanie i ocena zawartości heterozydów strofantydyny w niektórych roślinach krzyżowych oraz otrzymywanie heterozydów z nasion *Erysimum perofskianum* Fisch. et May., PZWL, Warszawa.
- Kowalewski Z., 1963, Orientacyjne poszukiwanie heterozydów sercowych w nasionach niektórych roślin z rodziny *Cruciferae*, *Dissert. Pharm.*, 15, 65.
- Manske R. H. F., Holmes H. L., 1950—1954, The Alkaloids-Chemistry and Physiology, Academic Press, New York.
- Moritz O., Rohn H. L., 1956, Untersuchungen zum Problem der serologischen Fernreaktionen, *Planta*, 47, 16.
- Takhtajan J., 1959, Die Evolution der Angiospermen, G. Fischer Verlag, Jena.
- Wettstein R., 1935, Handbuch der systematischen Botanik, Deuticke Verlag, Wien.