Działanie nowych pochodnych kwasu barbiturowego na rośliny

The influence of new derivatives of barbituric acid on plants

O. KOSTECKA-MADALSKA

Wpływ barbituratów na rośliny jest mało zbadany. Kilka prac, które się dotychczas ukazały z tego zakresu, dotyczy oddziaływania tych związków na kiełkowanie i początkowy rozwój roślin.

Ber A. (1949) zbadał wpływ na rośliny następujących barbituratów: Luminal, Luminal-natrium, Phanodorm-calcium, Ewipan, Prominal i Veronal. Krótkotrwale doświadczenia (do jednego miesiąca) wykonał na grochu, rzeżusze i gorczycy.

Najczynniejszymi okazały się Luminal i Luminal-natrium i dlatego większość prób wykonał z tymi barbiturowcami.

Stwierdził on, że związki te hamują rozwój łodygi „a pobudzają rozwój pędów bocznych, co powoduje typowe krzaczkowanie”. Oddziaływanie na korzeń idzie w kierunku pobudzania korzenia głównego z równoczesnym hamowaniem korzeni bocznych albo włośników. Na podstawie przypuszczeń Bracheta (1945) i na podstawie szeregu doświadczeń własnych dochodzi do wniosku, że związki chemiczne bliskie budową przestrzenną, takie jak kwas barbiturowy czy tiouracyl, mogą wejść w miejsce uracylu do jakiegoś większego kompleksu — prawdopodobnie kwasu nukleinowego. Wskutek tego następuje zablokowanie kwasu nukleinowego, co wpływa wyraźnie na działanie auksyn.

W innej pracy Ber pisze: „Nie jest wykluczone, że poszczególne barbituraty, posiadające różne boczne grupy chemiczne w pozycji 5, wykazują różne działanie w zależności od zdolności odszczepiania tych grup, co dopiero umożliwia ich włączenie do właściwego czynnego kompleksu, tj. kwasu nukleinowego” (Ber, 1949, s. 146).

W celu dalszego wyjaśnienia oddziaływania barbituratów zajęłam się badaniem wpływu na rośliny pochodnych diazu, których syntezy dokonano w Zakładzie Chemii Organicznej i Farmaceutycznej Akademii Medycznej we Wrocławiu pod kierunkiem prof. dra B. Bobrańskiego (Bobrański B., Jakubiec T., Prelicz D., 1956). Związki te nazwali autorzy symbolami roboczymi D_1 i D_{1H} .

Jedną z szeroko stosowanych w terapii grupą leków o działaniu nasennym jest grupa pochodnych kwasu barbiturowego z różnymi podstawnikami przy 5-tym

węgłu. Ber (1949) używał do doświadczeń w większości pochodnych aromatycznych kwasu barbiturowego (Luminal i Luminal-natrium) stosowanych w lecznictwie jako środki o działaniu nasennym lub uspokajającym, zależnie od dawki. Związki te kumulują się w organizmie i mogą powodować zatrucia (Hano J. 1955).

Diał należy do pochodnych alkilenowych kwasu barbiturowego. Jest to lek o działaniu uspokajającym i nasennym. W pewnych stężeniach działa narkotycznie (Podlewski 1958). W ustroju rozkłada się w 60—80%, nie wywołuje kumulacji (Dadlez J. i Kubikowski P. 1953).

Ponieważ nie znalazłam w literaturze danych o wpływie pochodnych alkilenowych kwasu barbiturowego na rośliny, podjęłam badania wpływu dwu nowych pochodnych dialu na ich początkowy i dalszy okres życia. Poza tym skłoniły mnie do tych badań z jednej strony możliwość użycia do doświadczeń nieznanymi dotychczas związków, z drugiej zachęta prof. dra Gamskiego M., przeprowadzającego równocześnie próby stosowania klinicznego tych nowych pochodnych dialu. W końcu możliwość porównania aktywności biologicznej dialu i dwu jego pochodnych, przy posłużeniu się łatwiejszym testem roślinnym, pozwoliłaby na wyrowadzenie pewnych wniosków dotyczących zastosowania ich w lecznictwie.

Pewną zachętą była też praca Cerecedo (1933), który podał, że rozkład pirymidyny w organizmie psa może odbywać się drogą przez powstanie z uracylu kwasu izobarbiturowego. Możliwość występowania w organizmie tego kwasu, znanego dotychczas tylko z syntezy chemicznej, pozwalała na przypuszczenie, że pochodne kwasu barbiturowego nie tylko mogą blokować kwasy nukleinowe, ale w pewnych warunkach mogą też działać inaczej.

Do pierwszych doświadczeń używałam preparatu D_1H . Jest to kwas 5-allilo-5-(β hydroksypropylo)-barbiturowy.

Jest to barbiturowiec o małej toksyczności, 5 g na 1 kg żywej wagi. Ze związkiem tym wykonałam szereg doświadczeń stosując różne stężenia w g na cm^3 wody od 1:200 do 1:100000. Zbadałam kiełkowanie nasion i początkowy wzrost *Lepidium sativum* L., *Sinapis alba* L., *Raphanus sativus* L., *Avena sativa* L., *Pisum sativum* L. i rozwój cebuli u *Allium cepa* L.

Doświadczenia prowadziłam w sposób prosty. Kiełkowanie i początkowy wzrost obserwowałam w szalkach Petriego o średnicy 10 cm na bibule nasyczonej roztworem D_1H o różnym stężeniu. Do późniejszych doświadczeń używałam jako podłoża poniemieckich filtrów mających zastosowanie w przemyśle mleczarskim. Podłoże to pozwalało przerastać korzeniom w dół. Przy dalszym wzroście korzenie te można było oglądać od spodniej strony szalki. Powtórzeń było zawsze 3. Po-

nieważ na każdej szalce układałam 40 nasion, dlatego obserwacje odnosiły się do 120 roślin traktowanych w jednakowy sposób. Kultury w temperaturze pokojowej pozostawały na świetle. Wahaniami temperatury sięgały od 13°—18°C. Co dwa dni dodawałam do każdej szalki tę samą ilość odpowiedniego płynu. Codziennie kontrolowałam wilgotność i w razie potrzeby dodawałam wody destylowanej.

Niezależnie od pory roku uzyskane wyniki dla poszczególnych doświadczeń były do siebie zbliżone. Doświadczenia prowadziłam bez przerwy od marca 1955 do jesieni 1956, a kilka doświadczeń wykonałam w roku 1957.

Większe stężenia D_1H (1:200) okazały się szkodliwe dla *Lepidium sativum*, *Sinapis alba* oraz *Brassica*, bo nasiona nie kiełkowały. Większość osobników wymienionych powyżej gatunków znosiła już stężenie 1:500, lecz późniejszy rozwój był jednak bardzo słaby. Stężenie 1:1000 powodowało silniejszy wzrost strefy wzrostowej korzenia głównego. Włośniki rosły znacznie rzadziej i w większej odległości od szczytu korzenia niż normalnie. Optimum pobudzania wzrostu podłścieniowej części łodygi dla wymienionych roślin przypada na rozcieńczenie 1:6500 D_1H . Doświadczenia powyższe były krótkotrwałe.

Zbadałam również wpływ preparatu D_1H na kiełkowanie *Avena sativa* L. Doświadczenia z tym gatunkiem powtórzyłam dwa razy. Zestawiałam 14 serii różnie traktowanych. Każda seria obejmowała 3 powtórzenia. Po 16 dniach zlikwidowałam doświadczenie. Ponieważ *Avena* jest rośliną jednoliścienną, u której zanika korzeń główny, a rozwijają się szybko korzenie przybyszowe, dlatego przy likwidowaniu doświadczenia považyłam całą żywą masę poszczególnych kiełków. Zestawienie wyników podaje tabela 1.

Z tabeli tej widać, że pobudzanie kiełków zaznacza się przy stężeniu od 1:2000 do 1:7000. Optimum pobudzania wzrostu kiełków przypada na stężenie 1:5000—1:6000. Przy niższych stężeniach nie obserwuje się w tym czasie wyraźnego pobudzania wzrostu.

Przy likwidowaniu drugiego doświadczenia z *A. sativa* pomierzyłam też długość korzeni i źdźbeł. Pomiaru wykazują, że wyższe stężenia D_1H , które pobudzają w pierwszych dniach kiełkowanie i wzrost korzeni u kiełków, nie działają w sposób wyraźnie dodatni na wzrost źdźbła. U *Avena* nie zauważyłam wzrostu korzenia głównego, natomiast rozwój korzeni przybyszowych był wzmożony. Większe rozcieńczenia tego preparatu od 1:2000 do 1:7000 wpływają stymulująco na wzrost całej rośliny.

Dalsze doświadczenia dotyczyły wpływu preparatu D_1H na kiełkowanie i wzrost kiełków *Lactuca sativa*. Nasiona brane do doświadczeń dobrze kiełkowały, a kiełki wykazywały wyrównany rozwój. Rycina 1 przedstawia wyniki po 8 dniach doświadczenia. Są to średnie okazy wybrane z każdego doświadczenia. Stężenie 1:200 działało szkodliwie, toteż nie zostało na fotografii uwzględnione. W szeregu *a* widać wydłużanie się korzenia, brak włośników, a podłścieniowa część łodygi jest krótsza niż u roślin kontrolnych (*k*). Rośliny w szeregu *b* zachowują się podobnie, lecz korzeń

Tabela 1

Działanie różnych stężeń D₁H na *Avena sativa* L.

Doświadczenie trwało od 9 do 21.V.1955 r.

Stężenie D ₁ H	1:200	1:500	1:1000	1:2000	1:3000	1:4000	1:5000	1:6000	1:7000	1:8000	1:10 000	1:20 000	1:50 000	Kontrola
Średnia masa kieleków w g	2,1	3,2	4,3	4,9	5,0	5,3	6,9	7,8	4,9	4,5	4,9	4,7	4,1	4,8
i błąd średni	±0,13	±0,2	±0,11	±0,13	±0,27	±0,14	±0,28	±0,18	±0,3	±0,21	±0,18	±0,14	±0,9	±0,1

Tabela 2

Działanie różnych stężeń D₁H na korzeń (k) i część podziemną łodygi (p) u *Lactuca sativa* L.

Doświadczenie trwało od 20.V.—3.VI. 1955 r.

Stężenie D ₁ H	1:400		1:800		1:1000		1:2000		1:5000		1:6000		1:10 000		1:20 000		kontrola	
	k	p	k	p	k	p	k	p	k	p	k	p	k	p	k	p	k	p
Średnia długość w cm	2,2 ±0,21	0,73 ±0,16	3,08 ±0,18	0,96 ±0,13	3,67 ±0,27	1,23 ±0,21	3,28 ±0,28	1,58 ±0,17	4,06 ±0,29	2,7 ±0,2	4,12 ±0,31	2,02 ±0,17	3,7 ±0,13	1,34 ±0,14	2,0 ±0,19	1,51 ±0,21	1,6 ±0,03	1,3 ±0,1
Współ- czynnik względem kontroli	1,35	0,51	1,9	0,74	2,3	0,93	2,05	1,21	2,53	2,07	2,75	1,54	2,3	1,0	1,02	1,3	—	—

jest dłuższy. Kielki szeregu *c* mają część podłiscieniową łodygi taką, jak rośliny kontrolne (*k*), lecz korzeń dłuższy, o długości mniej więcej takiej, jak w szeregu *b*.

W tabeli 2 zebrane są niektóre dane odnoszące się do powtórzenia doświadczenia z wpływem preparatu D_1H na początkowy wzrost u *L. sativa*. Używałam tu stężeń od 1:400 do 1:20 000.

Dane z tabeli 2 wykazują, że preparat D_1H w większych stężeniach wywołuje podobne zmiany jak Luminal czy inny barbituran (Ber A. 1949). Pobudza on mianowicie wzrost korzenia głównego, a hamuje wzrost pędu głównego. Mniejsze stężenia preparatu D_1H od 1:2000 do 1:10000 wpływają dobrze na ogólną vegetację tych roślin. Ten dodatni wpływ przejawiał się wyraźnie po 8 dniach. Początkowo obserwuje się raczej hamowanie wzrostu łodygi. Przy działaniu stężenia 1:2000 po 14 dniach otrzymujesz korzeń 2 razy dłuższy od kontroli, łodygę natomiast 21% dłuższą od kontroli. Używając rozcieńczenia 1:2000 otrzymuje się wzrost korzenia wyrażający się 253%, a wzrost łodygi 207% w stosunku do kontroli, którą przyjmujemy za 100%.

Dalsze doświadczenia wykonałam na *Pisum sativum* L. Moczone nasiona kiełkowały i wzrastały w kulturach piaszkowych wazonowych. Do kultur używałam piasku rzeczno odmytego kwasem solnym, a następnie wodą zwykłą i wodą destylowaną. Po wysuszeniu użyłam go do doświadczeń.

Do zestawienia pożywek kultur dodawałam preparatu D_1H w stężeniu od 1:200 do 1:2000. pH roztworów wahało się w granicach od 6 do 6,5. Uzyskane dane widać na ryc. 2. Są to rośliny średnie 28-dniowe z trzech równoległych powtórzeń, jednakowo traktowanych. Jak widać z ryc. 2, rośliny pod wpływem preparatu D_1H o stężeniu 1:400 wyraźnie zmieniają swój pokrój.

Powtórzenie tego doświadczenia po 24 dniach przedstawia ryc. 3. Są to również kultury piaskowe. Jak widać, przy użyciu wyższych stężeń D_1H otrzymuje się rośliny o pokroju roślin wypłoniowych. Międzywęzła są wydłużone, liście zredukowane, łodygi nie wykazują zdecydowanego geotropizmu ujemnego. Rośliny serii D są sztywniejsze niż serii F. Zieleń jednak jest jaśniejsza, a łodygi w obu przypadkach wykazują lekkie zaróżowienie. W serii C widać nieznaczne wydłużanie się łodyg oraz zmniejszanie się powierzchni liści. Rośliny serii B nie wykazują żadnych objawów patologicznych.

Na podstawie przytoczonych obserwacji można dopatrywać się wpływu preparatu D_1H na pewne substancje lub „ośrodki reakcji” pobudzające lub hamujące

Ryc. 1. 8-dniowe kiełki *Lactuca sativa* L. wyrósł na różnych stężeniach D_1H^*
k — kontrola, *a* — 1:400, *b* — 1:1000,
c — 1:3000

czynności życiowe. Substancjami tymi zapewne są kwasy nukleinowe lub ich komponenty, które pełnią ważną rolę w procesach wzrostowych rośliny (Biełozjerskij A. N. 1944, Miller O. i Skoog F. 1953, 1956, Skoog F. 1955, Wiggans S.

Ryc. 2. 28-dniowe rośliny *Pisum sativum* L. wyrosłe w kulturach piaskowych bez pożywki mineralnej na różnych stężeniach D_1H
A — kontrola, B — 1 : 2000, C — 1 : 400

Ryc. 3. 24-dniowe rośliny *Pisum sativum* L. wyrosłe w kulturach piaskowych bez pożywki mineralnej na różnych stężeniach D_1H
A — kontrola, B — 1 : 3000, C — 1 : 1500, D — 1 : 1000, F — 1 : 400

1954, Dmochowski A., Maciejewska-Potapczykowa W., Sempńska E. 1957).

Do takiego przypuszczenia upoważnia mnie również praca Bera (1949), według której kwas barbiturowy wchodząc w miejsce uracylu może blokować kwasy nukleinowe i przez to wpływać na wzrost. Również benzimidazol i podobne do niego substancje mogą hamować wzrost niektórych roślin (Rebstock T., Ball Ch. 1957).

W celu stwierdzenia, czy preparat D_1H działa na rośliny tylko obecnością pierścienia barbiturowego (jak podaje Ber 1949), czy też czynna jest w związku reszta związana z 5-tym węglem, do następnych doświadczeń użyłam związków o podobnej budowie, różniących się tylko podstawnikami. Najbliższym związkiem jest dial, z którego zsyntezowano D_1H przez przyłączenie wody. Dial jest to kwas 5,5-dwualлилobarbiturowy, o cięż. drob. 208.

Drugim preparatem bliskim jest D_1 , otrzymany po raz pierwszy również w Zakładzie Chemii Organicznej i Farmaceutycznej A. M. we Wrocławiu (Bobrański B., Jakubiec T., i Prelicz D., 1956). Jest to kwas 5-allilo-5-(β -hydroksy- γ -jodopropilo)-barbiturowy. Cięż. drob. 352, jodu zawiera około 34%.

Ryc. 4. Wpływ preparatu D_1H na wzrost łodygi i korzeni *L. sativa*

Zarówno preparat D_1 , jak i D_1H nie mają działania nasennego. Jest to najprawdopodobniej wynikiem wprowadzenia grupy OH. Oba te związki zachowują jednak oddziaływanie na centralny system nerwowy, czyli swoje podstawowe własności.

Pierwsze doświadczenia założyłam na szalkach Petriego używając różnych stężeń dialu, D_1 i D_1H . Wszystkie roztwory miały pH około 6,5.

Dial i D_1 w stężeniu mniejszym niż 1:1000 wywoływały zmniejszenie zdolności kiełkowania oraz osłabienie wzrostu, a nawet zupełnie uniemożliwiały dalszy rozwój *Lactuca sativa*.

Zbadałam wpływ tych trzech preparatów w stężeniach od 1:1500 do 1:10000 na początkowy wzrost u *Lactuca sativa*. Wykresy zamieszczone poniżej (ryc. 4 i 5) przedstawiają zachowanie się roślin *L. sativa* w 20-tym dniu trwania doświadczenia. Kielki wyrosłe na szalkach Petriego przenieśliśmy do naczyń szklanych umie-

szczając je na gazie w ten sposób, by korzenie były zanurzone w pożywce. Wykres pierwszy (ryc. 4) przedstawia wzrost łodygi i korzeni pod wpływem preparatu D_1H . Na osi rzędnych jest podany stopień rozwoju w stosunku do kontroli, przyjętej za 100. Na osi odciętych są podane zwiększające się rozcieńczenia preparatu D_1H . Doświadczenie trwało od 18.III do 7.IV.1956.

Na podstawie tego wykresu widać, że optimum pobudzenia wzrostu dla łodygi i korzenia wypada dla *L. sativa* przy stężeniu 1:5000. Rośliny wykazują znacznie lepszy wygląd w stosunku do kontroli. Zwłaszcza w części nadziemnej daje się obserwować większy przyrost wyrażający się 170%, natomiast korzeń 140% w stosunku do kontroli. Rośliny wyrosłe pod wpływem optymalnej dawki preparatu D_1H były większe, jedrniejšie o soczystej barwie zieleni. W miarę rozcieńczenia malał wpływ dodatni preparatu D_1H .

Preparat D_1 użyty w stężeniu 1:3000 działał wyraźnie szkodliwie. Wyższe stężenia do 1:10000 nie wykazywały wyraźnego dodatniego oddziaływania na wzrost łodygi. Preparat ten pobudzał tylko wzrost korzenia, optimum wypadało przy

Ryc. 5. Wpływ dialu na wzrost korzeni i części nadziemnych *L. sativa*

stężeniu 1:7000, przy czym długość korzenia wyrażała się wielkością 190% w stosunku do kontroli.

Wpływ dialu na *Lactuca sativa* podaje ryc. 5. Wykres ten przedstawia długości korzeni i części nadziemnych rośliny traktowanej stężeniem dialu od 1:500 do 1:10000.

Diał w stężeniu 1:500 hamuje wzrost korzenia i części nadziemnej. Przy stężeniu 1:2000 widoczne już jest pobudzanie wzrostu korzenia, podczas gdy łodyga jest hamowana. Stężenie 1:3000 pobudza wzrost korzenia i w małym stopniu część nadziemną. Optimum pobudzania wzrostu pędu przypada przy stężeniu 1:5000. Współczynnik względem kontroli, którą przyjął za 100%, wyniósł dla korzenia 135%, a dla łodygi 118%. Optimum pobudzania wzrostu korzenia wypada przy stężeniu 1:3000 i uzyskuje się wówczas około 150% wzrostu.

Charakterystyczne jest to, że preparat D_1H pobudza początkowo wzrost korzenia, a w późniejszym rozwoju stymuluje wyraźnie wzrost części nadziemnej. Dział wywiera wpływ dodatni na wzrost korzenia, a w znacznie mniejszym stopniu na wzrost łodygi.

To różne działanie dialu, D_1 i D_1H jest niewątpliwie związane z różnymi podstawnikami występującymi w tych związkach, ponieważ pierścień barbiturowy jest taki sam we wszystkich preparatach.

Na podstawie ostatnio stosowanych barbituratów stwierdziłam, że są one w wyższych stężeniach bardziej szkodliwe dla roślin z rodziny *Cruciferae*, mniej natomiast szkodliwie oddziałują na *Lactuca sativa*, a jeszcze mniej na *Pisum sativum*.

Dalsze doświadczenia dotyczyły wpływu tych trzech preparatów na dłuższy okres życia *Lactuca sativa*. Porównałam wpływ preparatów D_1H , D_1 oraz dialu z kontrolą, używając stężeń 1:5000. Dodawałam soli mineralnych w postaci pożywki von der Cronego. Rośliny rosły w wazonach w piasku, do których dodawałam pożywkę i odpowiedniego barbituratu. Dla porównania zestawiałam kontrolne tylko z pożywką. Do doświadczeń używałam wody wodociągowej.

Pierwsze doświadczenie założyłam 8 maja 1956 r. Nasiona moczyłam w odpowiednich płynach przez 12 godzin, następnie kiełkowały w odmytych trocinach. Dnia 26 maja przepikowałam siewki do większych naczyń kamionkowych. Po 12 dniach przesadziłam po 3 rośliny do doniczek z piaskiem i odpowiednią pożywką z barbituratem. Każda seria miała 12 powtórzeń. Doniczki wkopałam w ziemię, rozrzucając losowo na 4 różnych poletkach. Co 2 dni dodawałam 200 cm³ pożywki z roztworem badanym. W wypadku deszczu płynu nie dodawałam. Po tygodniu od przesadzenia usunęłam po 1 egzemplarz z każdej doniczki, tak że rozwijały się po 2 rośliny. Było więc 24 powtórzeń z każdej serii.

Rośliny z D_1 były bardzo słabe i do 30 dni wszystkie zginęły.

T a b e l a 3

Działanie D_1H i dialu w stężeniu 1:5000 na tworzenie się masy roślinnej u *Lactuca sativa* L.
Doświadczenie trwało od 8.V do 15.VII. 1956 r.

Barbituraty w stężeniu 1:5000	Średnia masa całej rośliny w g i jej średni błąd
D_1H	138,1 ± 2,9
Dial	102,0 ± 3,7
Kontrolne	87,3 ± 1,5

Główki sałaty zawiązywały się w kontroli po 60 dniach od wysiewu, pędy zaś nasienne wykształciły się po 85 dniach. W wypadku użycia D_1H główki zawiązywały się już średnio po 50 dniach, zaś pędy nasienne wyrosły po 72 dniach. Dział również przyspieszał rozwój *Lactuca* i w tej serii główki zawiązywały się średnio

po 57 dniach, zaś pędy nasienne wyrosły po około 79 dniach od czasu wysiewu. Tabela 3 podaje zestawienie danych doświadczenia z *Lactuca* po 68 dniach od wysiewu.

Ryc. 6. przedstawia wyniki takiego samego doświadczenia dotyczące wpływu preparatu D_1H i dialu oraz kontrolne po 76 dniach doświadczenia.

W doświadczeniu tym (ryc. 6) zaznaczył się też wyraźnie dodatni wpływ preparatu D_1H i dialu, nie tylko na wzrost *Lactuca*, ale również na jej rozwój, który przejawiał się szybszym przejściem roślin z okresu wegetatywnego w okres reprodukcji.

Ryc. 6. 76 dniowe kultury *Lactuca sativa* L. w piasku z pożywką mineralną z dodatkiem barbituratów o stężeniu 1:5000

A — kontrolne, B — z D_1H , C — dialem

* Każdy odcinek miarki na fotografiach (biały czy czarny) równa się 1 cm.

Oddziaływanie dialu jest słabsze, Doświadczenie trwało od 17.VII do 1.X.1956.

W dalszym ciągu badałam wpływ tych trzech barbituratów na *Pisum sativum* L. Do doświadczeń używałam dialu, D_1H i D_1 o stężeniach 1:5000. Doświadczenia prowadziłam w kulturach wodnych i w kulturach wazonowych. Kultury wodne prowadziłam w polewanych garnkach glinianych o pojemności 3 l. W każdym naczyniu było 3 rośliny. Do wazonowych kultur piaskowych dodawałam również pożywki mineralnej. Doniczki umieszczałam na polu na różnych poletkach.

W pierwszym okresie wzrostu obserwowałam wydłużanie się korzenia głównego, później intensywniejszy wzrost łodygi. Oddziaływanie preparatu D_1H było najwidoczniejsze. Dial początkowo wpływał dodatnio na rozwój rośliny, po miesiącu następowało zahamowanie wzrostu, żółknięcie i opadanie liści.

Podane obserwacje świadczą, że preparat D_1H , w mniejszym stopniu dział, oddziaływa przede wszystkim na korzenie, które następnie wytwarzają pewne hormony aktywujące łodygę. Przytoczone doświadczenia są zgodne ze spostrzeżeniami niektórych autorów, że nie występujące w roślinie związki mogą oddziaływać przede wszystkim na korzenie, które następnie wytwarzają pewne hormony aktywujące łodygę (Sellei J. i H. 1942). Wzrost oczywiście może być osiągany pod warunkiem, że inne czynniki, jak odżywianie, asymilacja, auksyny, są w optymalnej lub co najmniej wystarczającej ilości i nie powodują jego zahamowania.

Ryc. 7. 37-dniowe rośliny *Pisum sativum* L. wyrosłe w kulturach wodnych z pożywką mineralną z dodatkiem barbituratów w stężeniu 1:5000
k — kontrola, a — z dialem, b — D_1H , c — z D_2

Porównanie roślin wyrosłych w kulturach wodnych na różnych pożywkach daje ryc. 7.

Ryc. 8 przedstawia rośliny 40 dniowe wyjęte z kultur wodnych, ich pokrój i korzenie. Jak widać, różnice we wzroście wystąpiły wyraźnie. Przy użyciu preparatu D_1H (ryc. 7 i 8 b) rośliny są masywniejsze od kontrolnych (ryc. 7 i 8 k) i mają łodygi grubsze i sztywniejsze. Liście też są większe i mają bardziej soczystą barwę zieleni. Lepiej od kontroli przedstawiają się też rośliny poddane działaniu dialu (ryc. 7 i 8 a). Hamowanie wzrostu występuje w obecności D_1 (ryc. 7 i 8 c).

Na rycinie 8 występują również różnice we wzroście korzeni. Mianowicie dial (a) pobudził wyraźnie korzeń główny do wzrostu; w tym wypadku wykształciło się mniej korzeni bocznych. D_1H (b) nie pobudza korzenia głównego w dalszym rozwoju rośliny, pozwala natomiast rozwinąć się dużej ilości korzeni bocznych.

Rycina 9 przedstawia rośliny wyjęte z dwu kultur wodnych, a następnie umieszczone w akwarium do fotografowania korzeni w położeniu naturalnym.

Jak z ryc. 9 widać, korzenie w obu wypadkach wykształciły się podobnie. Silnie wykształciły się korzenie boczne, podczas gdy korzeń główny z trudnością daje się wyróżnić od innych. Obserwuje się tu również znacznie lepszy rozwój roślin pod wpływem preparatu D_1H w porównaniu z kontrolą.

Na wszystkich trzech zdjęciach (ryc. 7, 8, 9) widać dobry wzrost łodygi i liści pod wpływem preparatu D_1H . Kultury na D_1 natomiast wykazują wyraźne hamowanie wzrostu łodygi, silne skrócenie międzywęźli, słabe wykształcenie liści oraz mniejszy system korzeniowy (ryc. 7, 8).

Rycina 10 przedstawia te same warunki doświadczenia zastosowane w kulturach piaskowych. I tu przejawiał się analogiczny wpływ badanych preparatów.

Ogólnie biorąc, rośliny w piasku rosły wolniej i efekt, uzyskany zarówno w kulturach z pożywką, jak i bez pożywki, był po miesiącu hodowli mniejszy. Być może, że środowisko było dla roślin mniej odpowiednie, prawdopodobnie wskutek słabego przewietrzania kultur (Gumiński S. i. Z. 1953).

Zauważyłam, że dial (ryc. 10, L) w kulturach trwających do miesiąca, wpływał dodatnio na wzrost roślin. W kulturach mających powyżej 30 dni przejawiało się

Ryc. 8. 40-dniowe rośliny *Pisum sativum* wyrosłe w kulturach wodnych z pożywką mineralną na wodzie wodociągowej z dodatkiem barbituratów, o stężeniu 1:5000

a — dial, b — D_1H , c — D_1 , k — kontrola

Ryc. 9. 38-dniowe rośliny *Pisum sativum* L. wyjęte z kultur wodnych
Rośliny *b* — wyrosłe na z D₁H, zaś *k* — kontrolne

Ryc. 10. 42-dniowe rośliny *Pisum sativum* L. w kulturach piaskowych z dodatkiem barbituratów
o stężeniu 1:4000

F — z D₁, *G* — kontrola, *H* — z D₁G, *L* — z dialem

T a b e l a 4

Wpływ barbituratów na tworzenie się świeżej masy (św.m.) i suchej masy (s.m.) u *Pisum sativum* L.

Stężenie 1:5000	Kontrolne				D ₁ H				Dial				D ₁			
	korzenie		łodygi		korzenie		łodygi		korzenie		łodygi		korzenie		łodygi	
	św.m.	s.m.	św.m.	s.m.	św.m.	s.m.	św.m.	s.m.	św.m.	s.m.	św.m.	s.m.	św.m.	s.m.	św.m.	s.m.
Średnia masa w g	4,02	0,5	7,3	0,92	8,5	1,7	18,4	3,9	6,9	0,92	12,8	1,89	2,42	0,45	3,56	0,58
jej średni błąd	±0,9	±0,2	±0,96	±0,29	±0,26	±0,17	±1,62	±0,32	±1,7	±0,3	±1,4	±1,17	±0,34	±0,02	±0,6	±0,12

T a b e l a 5

Wpływ barbituratów na wzrost korzeni i łodygi *Pisum sativum* L.

Stężenie 1:5000	D ₁ H		Dial		D ₁		Kontrolne	
	korzeń		łodyga		korzeń		łodyga	
	korzeń	łodyga	korzeń	łodyga	korzeń	łodyga	korzeń	łodyga
Średnia długość w cm	29,3	39,2	23,6	31,4	15,1	10,8	20,3	26,9
jej średni błąd	±1,22	±2,11	±0,96	±1,82	±0,7	±0,19	±0,8	±1,3

ujemne oddziaływanie dialu, a mianowicie dolne liście żółkły i wysychały, a łodygi lekko różowiały.

Tabela 4 podaje zestawienie żywej i suchej masy korzeni i łodyg po 40 dniach doświadczenia w kulturach piaskowych.

Zestawienie to wykazuje, że najczęściej suchej masy mają kultury z D_1H , następnie z dialem, a na koniec kontrolne i z D_1 . Daje się też stwierdzić, że rośliny traktowane D_1H mają procentowo więcej suchej masy niż kontrolne. Oznaczyłam również popiół z całych roślin traktowanych D_1H i z kontrolnych. Z tego oznaczenia wy-

Ryc. 11. Wpływ barbituratów o stężeniu 1:4000 na rozwój *Allium cepa* L.

1 — kontrolne, 2 — z D_1H , 3 — D_1 , 4 — z dialem

nika, że rośliny traktowane preparatem D_1H mają średnio 13,92% popiołu, zaś rośliny kontrolne 11,38% popiołu w stosunku do suchej masy. (Średni błąd wypadł duży z powodu małej liczby powtórzeń).

Powtórzenie doświadczenia na *Pisum* nad wpływem różnych barbituratów w stężeniu 1:5000 podaje tabela 5. Są to wyniki po 50 dniach trwania doświadczenia. Średnie obliczone z 12 roślin.

W starszych kulturach przejawiał się jeszcze wyraźniej dodatni wpływ preparatu D_1H . Oddziaływanie dialu jest znacznie słabsze. Preparat D_1 wpływa niekorzystnie; rośliny są małe i słabe.

Z porównania tabel 4 i 5 widać, że rośliny z D_1H wykazują dwukrotne zwiększenie masy roślinnej. Przyrost łodygi na wysokość wyraża się mniejszą liczbą, około 1,5. Świadczy to przede wszystkim o wpływie preparatu D_1H na gromadzenie się materii organicznej w roślinie. Przybytek wzrostu jest też wyraźny, choć procentowo mniejszy.

Ciekawe wyniki otrzymałam na cebuli *Allium cepa* L. w kulturach wodnych. Mianowicie dwukrotne powtórzenie doświadczenia wykazało, że D_1H w stężeniu 1:4000 (ryc. 11, 2) powoduje szybszy rozwój liści u cebuli. Również korzenie są dłuższe i grubsze w porównaniu z kontrolą (ryc. 11, 1). D_1 w tym czasie nie pozwala rozwinąć się liściom, a korzenie zaledwie rozpoczynają swój wzrost (ryc. 11, 3). Cebula na roztworze dialu (ryc. 11, 4) wypuściła więcej liści niż kontrola, natomiast widać zahamowanie korzeni przybyszowych.

Dalsze doświadczenia powtórzyłam na *Pisum sativum* używając doniczek z ziemią ogrodową, z tym że barbituratów używałam do moczenia nasion i do podlewania roślin w stężeniu 1:4000. Co tydzień również dodawałam pożywki mineralnej. Tu również pod wpływem preparatu D_1H rośliny miały znacznie lepszy wygląd. Łodygi były sztywne, proste i jędrne, liście o soczystej zieleni.

Diał w pierwszym okresie życia rośliny oddziaływa na wzrost korzenia głównego, później wpływa dodatnio na łodygę. Po miesiącu jednak przejawia się ujemny wpływ tego preparatu.

Preparat D_1 działał szkodliwie na wzrost korzenia, łodyg i liści. W kulturach z ziemią ujemny wpływ preparatu D_1 przejawiał się słabiej.

Rośliny pod wpływem D_1H po 2 miesiącach były zdrowe, zielone i znacznie lepsze od kontrolnych.

Przy likwidowaniu kultur stwierdziłam, że korzenie z serii z D_1H były obficie zaopatrzone w brodawki korzeniowe, podczas gdy rośliny z dialem miały tych brodawek znacznie mniej, podobnie jak kontrolne. Rośliny traktowane preparatem D_1 były bardzo słabe i nie wytwarzały brodawek korzeniowych.

Dodatni wpływ preparatu D_1H na wytwarzanie większej ilości brodawek korzeniowych u *Pisum sativum* jest bardzo interesującym stwierdzeniem. Dotychczas bowiem nie znaleziono sposobu na zwiększanie nodulacji u roślin motylkowych (Allen R. i Allen O. 1953, 1958). Moje doświadczenia z 1956 i 1957 świadczą o tym, że D_1H oddziaływa na nodulację prawdopodobnie przy współudziale jakiegoś czynnika glebowego. Jest to jednak odrębne zagadnienie, które będę się starała wyjaśnić w dalszych badaniach.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Na podstawie wyników przytoczonych doświadczeń stwierdzam, że badane przeze mnie barbituraty oddziałują na roślinę całą drobiną, tzn. nie tylko pierścieniem barbiturowym wspólnym im wszystkim, lecz także różniącymi je podstawnikami.

Diał, D_1 i D_1H są to związki dość trwałe, nie łatwo rozkładające się w organizmie zwierzęcym. Być może, że rośliny to potrafią lepiej. W takim wypadku istniałaby więc możliwość oddziaływania osobno pierścienia barbiturowego po odłączeniu podstawnika. Rola podstawnika w moich doświadczeniach z roślinami jest ważna, bo różne oddziaływanie tych preparatów jest niewątpliwie zależne również od reszty związanej z 5-tym węglem.

Preparat D_1 działa szkodliwie na rośliny prawdopodobnie wskutek występowania w nim 34% jodu. Jod ten może łatwo odcepić się w płynach ustrojowych (Toth 1958), a tak duże jego ilości zapewne szkodzą roślinie (Górski 1955, Maksimow 1947).

Diał w pewnym stężeniu przejawia dodatni wpływ początkowo na wzrost korzenia, a później na wzrost całej rośliny. Dłuższe działanie dialu jest jednak szkodliwe. Objawia się to żółknięciem i opadaniem liści, lekkim różowieniem łodygi i hamowaniem wzrostu rośliny.

Najkorzystniejszy wpływ na rośliny wywiera preparat D_1H^* .

Według przypuszczeń farmakologów grupa wodorotlenowa w D_1H powoduje to, że nie działa on nasennie. Być może, że grupa OH decyduje w dużej mierze o aktywności biologicznej tego związku.

Preparat D_1H użyty w granicach optymalnego stężenia pobudza wzrost rośliny, przejawiający się w mocniejszym wykształceniu jej organów. Działanie to pozwala sądzić, że wpływa on na pewne substancje czynne w roślinie, co w efekcie prowadzi do wzmoczonego wytwarzania materii organicznej.

Skoog (1955) wykazał, że istnieje ścisła zależność między działaniem auksyn i kwasów nukleinowych, puryn i pirymidyn. Substancje wzrostowe wykazują właściwości związków purynowych.

W skład mononukleotydów, budujących kwas nukleinowy, wchodzi puryny albo pirymidyny (Górski 1957, Böttger 1958).

Sprawa wpływu barbituranów na rośliny zdaje się być na drodze do wyjaśnienia w związku z odkryciami Hayaishiego i Kornberga (1951). Wykazali oni, że rozpad pirymidyny odbywa się na drodze utleniania według następującego schematu:

* Przeprowadzone badania kliniczne stwierdzają, że pod wpływem preparatu D_1H często następuje obniżenie nadmiernego ciśnienia krwi, pobudzanie apetytu u chorego i dobre samopoczucie. Jest to preparat nowy, dlatego działanie jego na organizm jest jeszcze mało znane. Ponieważ D_1H wpływa hamująco i regulująco na czynności układu nerwowego wegetacyjnego, przewiduje się, że związek ten nada się szczególnie dobrze do leczenia nerwic (Gamski 1955, Jarosz M. 1956).

Preparat D_1 ma podobne działanie jak D_1H , ale może być stosowany tylko w wypadku, gdy wprowadzenie jodu nie szkodzi organizmowi.

** Stwierdzili oni na drodze biologicznej to, co zrobili chemicy w kierunku przeciwnym syntezując kwas barbiturowy z mocznika i malonianu etylowego (Tołłoczko S. i Bobrański B. 1954).

Ci sami autorzy w 1952 r. wydzielili czyste preparaty fermentów „uracylo-tymino-oksydazę” i „barbiturazę” z bakterii aerobowych *Corynebacterium* i *Mycobacterium*.

Cerecedo (1935) podał schemat rozkładu uracylu w organizmie psa również drogą przez kwas izobarbiturowy.

Stwierdzenie przez Woodsa, Bracheta (cyt. przez Bera 1949 a) i Bera (1949), „że kwas barbiturowy ze względu na podobieństwo budowy przestrzennej z uracyłem może zająć jego miejsce w kwasach nukleinowych”, ma swoje znaczenie w świetle przytoczonych faktów.

Co powoduje zauważone przeze mnie zwiększenie nodulacji, jest kwestią otwartą. Być może, że pozostaje to również w związku z przemianą materii organizmów symbiotycznych. Fakt, że brodawki są aktywnymi centrami produkcji auksyn i że substancje regulujące wzrost występują w większej ilości w tkance zakażonej przez *Rhizobium* niż w tkankach przyległych korzenia, nie jest dla tej sprawy obojętny (Allen E. i Allen O. 1958).

Można by również szukać na drodze chemicznej możliwości wyjaśnienia dodatniego wpływu preparatu D_1H na rozwój bakterii brodawkowych. Znałe jest pobudzanie *Rhizobium* do przejścia w bakteroidy przez kofeinę i inne alkaloidy (Sembrat Z. 1934, Allen E. i Allen O. 1958). W kofeinie, jako pochodnej puryny, występuje układ pyrimidynowy, a kwas barbiturowy jest pochodną pyrimidyny (Böttger, 1958 a). Na tej podstawie można się dopatrywać podobnych właściwości biologicznych obu tych preparatów, w odniesieniu do różnych wprowadzień odcinków, ale dotyczących tego samego zagadnienia.

STRESZCZENIE

Wpływ barbituratów na rośliny jest mało zbadany. Kilka prac z tego zakresu dotyczy oddziaływania tych związków na kiełkowanie i początkowy rozwój (Ber 1949).

Do pierwszych doświadczeń używałam kwasu 5-allilo-5(β -hydroksypropylo)-barbiturowego, którego syntezy dokonano w Zakładzie Chemii Organicznej i Farmaceutycznej Akademii Medycznej we Wrocławiu (Bobrański B., Jakubiec T. i Prelicz. D. 1956). Preparat ten został oznaczony przez autorów symbolem roboczym D_1H .

Zbadałam wpływ różnych stężeń tego preparatu na kiełkowanie i rozwój kilku gatunków roślin. Okazał się on mało toksyczny.

Większe stężenie D_1H (1:400) wywoływało zaburzenia w geotropizmie kielków. Stężenie (1:1000) pobudzało w okresie początkowym wzrost korzenia głównego na długość (ryc. 1). W późniejszym rozwoju *Pisum sativum*, pozostającego pod wpływem większych stężeń D_1H , występowały zmiany morfologiczne przejawiające się redukcją powierzchni liści, wydłużeniem międzywęźli, przy czym łodygi nie wykazywały geotropizmu ujemnego (ryc. 2 i 3). Obserwowałam również jaśniejszą barwę rośliny i lekkie zaróżowienie łodyg.

Dodatni wpływ niższych koncentracji D_1H przejawiał się dobrym wyglądem roślin. Były one większe, pędy miały grubsze od kontrolnych, silnie rozwinięty system korzeniowy i większe blaszki liściowe (ryc. 6, 7, 8, 9). Na podstawie tych obserwacji dopatruję się wpływu preparatu D_1H na pewne substancje lub „ośrodki reakcji” pobudzające albo hamujące rozwój roślin. Przypuszczam, że wchodzą tu w grę kwasy nukleinowe.

Do następnych doświadczeń użyłam związków barbiturowych o podobnej budowie, lecz różniących się resztami związanymi z 5-tym węglem. Porównałam więc działanie: 1. dialu (kwas 5,5-dwualilobarbiturowy), 2. D_1 (kwas 5-allylo-5- β hydroksy- γ -jodopropylo/-barbiturowy) i 3. D_1H (kwas 5-allylo-5- β -hydroksypropylo/-barbiturowy) w kulturach wodnych i wazonowych.

Z porównania oddziaływania tych preparatów na rośliny wynika, że wywierają one różny wpływ.

Diał oddziałuje zdecydowanie na wzrost korzenia głównego (ryc. 2, ryc. 8). Działanie dodatnie na wzrost łodygi jest mniejsze (ryc. 2) i przejawia się najwyraźniej w późniejszym rozwoju rośliny (ryc. 6, 7, 8, 10, 11). U jeszcze starszych roślin pod wpływem dialu starsze liście żółkną i zamierają, a niekiedy występuje zaróżowienie łodygi.

D_1 jest szkodliwy dla roślin w tych stężeniach, których używałam do doświadczeń (ryc. 7, 8, 10, 11), zapewne z powodu dużej ilości jodu (340%).

D_1H wykazuje najlepszy wpływ. Rośliny są okazalsze, o dobrym wzroście korzeni, łodygi i liści, przy czym wytwarzają więcej masy (tab. 3 i 4). Kultury wazonowe z ziemią ogrodową dały najlepsze wyniki. Rośliny podlewane jego roztworem były okazalsze i znacznie silniejsze niż kontrolne. Na korzeniach stwierdziłam liczniejsze brodawki korzeniowe niż w kulturach kontrolnych.

Wyniki moje wiążę z osiągnięciami Cerecedo (1933), Hayaishi i Kornberg (1951, 1953), Wang i Lampe oraz Lora (1952), którzy wykazali, że rozpad pirymidyny w organizmie żywym odbywa się drogą przez kwas barbiturowy. Stwierdzenie występowania u bakterii fermentu „barbiturazy” stwarza pewne perspektywy rozwiązania zagadnienia oddziaływania barbituratów na rośliny.

Panu Prof. drowi B. Bobrańskiemu dziękuję za umożliwienie mi korzystanie z preparatów wytwarzanych w Jego Zakładzie, zaś P. P. inż. mgr T. Jakubcowi i mgr D. Prelicz za zwrócenie mi uwagi na ten preparat oraz za uprzejme i żywe dyskusje.

Z Zakładu Botaniki Farmaceutycznej
z Ogrodem Roślin Lecznicznych
Akademii Medycznej we Wrocławiu

(Wpłynęło dn. 21.11.1958)

SUMMARY

The influence of barbiturates on plants has been very little investigated. Some papers on this subject are concerned with the influence of these compounds on sprouting and primary development (Ber 1949).

For the first experiments 5-allylo-5 (β -hydroxypropylo) — barbituric acid was used. The acid was synthesized at the Institute of Organic and Pharmaceutical Chemistry of the Wrocław Medical Academy (B. Bobrański, T. Jakubiec and D. Prelicz, 1956). This preparation was defined by the authors by the working symbol D_1H .

The influence of various concentrations of the preparation on the sprouting and development of several plant species were investigated. It appeared to be little toxic.

A greater concentration of D_1H (1:400) caused a disturbance in the geotropism of sprouts. The concentration (1:1000) stimulated the growth of the length of the main root in the first period (Fig. 1). In the further growth of *Pisum sativum* remaining under the influence of greater concentrations of D_1H there appeared morphological changes manifesting themselves in a reduction of leaf surface, the lengthening of internodes though the stems did not show negative geotropism (Figs. 2 and 3). Lighter colouring of the plant and a slightly pink shade of the stalks were also observed.

The positive influence of lower concentrations of D_1H appeared in the healthy appearance of the plants. They were larger, their stems were thicker than in the controls, and they had a strongly developed root system and bigger leaf blades (Figs. 6, 7, 8, 9). On the basis of these observations it would appear that D_1H has an influence on certain substances of „reaction centres” stimulating or repressing the development of plants. This may be due to nucleic acid.

For further experiments barbiturate compounds were used with a similar structure, but differing by the ends bonded with the 5th carbon. The action of: 1) dial (5,5-two allylobarbituric acid), 2) D_1 [5-allylo-5 (β -hydroxy- γ -iodopropyl)-barbituric acid], and 3) D_1H [5-allylo-5-(β -hydroxy-propyl)-barbituric acid] were observed in water and pot cultures.

In comparing the action of these preparations on plants it can be seen that their influence varies.

Dial has a deciding influence on the growth of the main root (Figs. 2, 8). The positive influence on the growth of stems (Fig. 2) is fower and appears more distinctly in the later development of the plant (Figs. 6, 7, 8, 10, 11).

With still older plants under the influence of dial the older leaves turn yellow and die, and sometimes a pink shade appears on the stem.

D_1 in the concentration used in the experiments (Figs. 7, 8, 10, 11) is harmful to plants, no doubt owing to the large amount of iodine (34 $\frac{0}{0}$).

D_1H shows the best influence. The plants are more vigorous with a good growth of roots, stalks, and leaves, and their total weight increases. (Tables 3 and 4). Pot cultures with garden soil gave the best results. The plants watered with a solution of D_1H were bigger and much stronger than the controls. More numerous root tubercles were observed on them than in control cultures.

These results may be compared with the chievements of Cerecedo (1933), Hayashi and Kornberg (1951, 1953), Wang and Lampe, and Lora (1952) who showed that the decomposition of pyrimidine in live organism occurs by way of barbituric acid. The confirmation that in bacteriae there occurs a fermentation of „barbiturase” creates certain perspectives for the solving of the problem of the influence of barbiturates on plants.

LITERATURA

- Allen E. K., Allen O. N. i Newman A. S., 1953, *Amer. J. Bot.* 40: 429—435.
- Allen E. K. i Allen O. N., 1958, Ruhland W. *Handbuch der Pflanzenphysiologie*, Berlin-Göttingen-Heidelberg, Bd. VIII: 49—118.
- Ber A., 1949 a. *Acta Soc. Bot. Pol.* 20: 125—130.
- Ber A., 1949 b. *Acta Soc. Bot. Pol.* 20: 131—136.
- Ber A., 1949 c. *Acta Soc. Bot. Pol.* 20: 137—142.
- Ber A., 1949 d. *Acta Soc. Bot. Pol.* 20: 143—150.
- Ber A., 1949 e. *Experientia* 5: 455.
- Ber A., 1950. *Hormony wzrostu roślin zielonych, grzybów i bakterii*. Warszawa, Książka i Wiedza, 51—143.
- Biełozierskij A. N., 1944. *Mikrobiologia* 8, 23.
- Bobrański B., Jakubiec T., Prelicz D., 1956. *Rocz. Chemii* 30, 1: 175—184.
- Böttger I., 1958 a. w Ruhlanda W. *Handbuch der Pflanzenphysiologie*, Berlin-Göttingen-Heidelberg, Bd. VIII: 761—813.
- Böttger I., 1958 b. w Ruhlanda W. *Handbuch der Pflanzenphysiologie*, Berlin-Göttingen-Heidelberg, Bd. VIII: 814—843.
- Bünning E., 1953. *Entwicklungs- und Bewegungsphysiologie der Pflanze*, III Auflage, Berlin.
- Cerecedo L. R., 1933. *Ann. Rev. Biochem.* 2: 109—128.
- Dadlez J. i Kubikowski P., 1953. *Farmakologia i toksykologia leków*, Warszawa, PZWL.
- Dmochowski A., Maciejewska-Potapczykowa W., Sempłńska E., 1957. *Acta Soc. Bot. Pol.* 26: 361—371.
- Gamski M., 1955, *Pol. Tyg. Lek.*, 10: 1265.
- Gamski M., 1956, *Pol. Arch. Med. Wewn.* 26: 1079.
- Górski F., 1955, 1957. *Zarys fizjologii roślin*. Cz. I i II, Kraków PWN.
- Gumiński S. i Gumińska Z., 1953, *Acta Soc. Bot. Pol.* 22: 45—63.
- Hano J., 1955, *Farmakodynamika*, Warszawa, PZWL.
- Hayaishi O. i Kornberg A., 1951, *J. Amer. Chem. Soc.* 73: 2975—2976.
- Hayaishi O. i Kornberg A., 1952, *J. of Biol. Chem.* 197: 717—732.
- Jarosz M., 1956, *Neurol. Neurochirurg. i Psych. Pol.* 6: 459.
- Lara E. J. S., 1952, *J. Bacter.* 64: 271—285.
- Maksimow A., 1947, *Mikroelementy i Mikronawozy*, Warszawa, P.J.W.R.
- Miller O. i Skoog F., 1953, *Amer. J. Bot.* 40: 468—773.
- Miller O., Skoog F., Saltza M., Strong T., 1955 a, *J. Amer. Chem. Soc.* 77: 1392.
- Miller O., Skoog F., Okumara F., Saltza M., Strong T., 1955 b, *J. Amer. Chem. Soc.* 77: 2662.
- Miller O., Skoog F., Okumara F., Saltza M., Strong T., 1956, *J. Amer. Chem. Soc.* 78: 1375.
- Olszewska M., Maciejewska-Potapczykowa W., Sempłńska E., 1957, *Acta Soc. Bot. Pol.* 26: 583—596.
- Podlewski K., 1958, *Leki współczesnej terapii*, Warszawa, PZWL.
- Sellei J., Sellei H., Mayer A., Went F. W., 1942, *Amer. J. Botan.* 29: 513—522.
- Sembrat Z., 1943, *Acta Soc. Bot. Pol.* 11: 333—348.
- Skoog F., 1955, *L'année Biologique*, 1(4).
- Tołłoczko S. i Bobrański B., 1954, *Chemia organiczna*, Warszawa, PWN.
- Toth Z., 1958, *Archiwum Immunologii i Terapii Doświadczalnej*, 6: 465.
- Wang T. P., Lampen J. O., 1952, *J. of Biol. Chem.* 194: 775—791.
- Went F. W., 1938, *Plant Physiol.* 13: 55—88.
- Wiggans S., 1954, *Amer. J. Bot.* 41: 321—326.