

KAROL DUCZMAL

Katedra Fizjologii Roślin WSR w Szczecinie

Kier.: Doc. dr Jerzy Dmochowski

PRZYCZYNY TRUDNEGO KIEŁKOWANIA NIEKTÓRYCH NASION W ŚWIETLE DOTYCHCZASOWYCH WYNIKÓW BADAŃ*

Zjawisko szybkiego lub powolnego, trudniejszego kiełkowania nasion jest związane z historycznym rozwojem gatunku. Rośliny pochodzące ze strefy tropikalnej, charakteryzującej się klimatem ciepłym i wilgotnym, przeważnie kiełkują prędko i równomiernie. Nasiona gatunków z klimatu umiarkowanego, gdzie występują często duże wahania temperatury i wilgotności, częściej kiełkują dopiero przy dostatecznie długim okresie czasu. Oznacza to, że w pełni żywotne nasiona wielu roślin mogą pozostawać w całkowitym spoczynku przez szereg tygodni, miesięcy, a nawet lat, choć znajdują się one w wilgotnej, dobrze przewietrzanej glebie, o temperaturze odpowiedniej dla wzrostu zdrowych siewek.

Nasiona wielu *Papilionaceae* i *Malvaceae* posiadają okrywy nasienne lub owocowe nieprzepuszczalne dla wody i wobec tego nie mogą wykiełkować, choć przez dłuższy czas leżą w wilgotnej glebie, lub są zamoczone w wodzie. Usunięcie okrywy nasiennej, albo jej uszkodzenie np. stężonym kwasem siarkowym, umożliwia pobranie wody, a przez to daje możliwość normalnego kiełkowania, niezależnie od okresu stanu spoczynku, w którym nasiona się znajdują. Przypuszczalnie zjawiska te są związane ze zmianami chemicznymi okryw. Cechę „twardości” wywołują prawdopodobnie czynniki genetyczne i ekologiczne. Nasiona nabywają twardości przez odwodnienie w późnych fazach dojrzewania. Niska wilgotność powietrza i wysoka temperatura na ogół bardzo sprzyjają powstawaniu nasion twardych. Niejednokrotnie obserwuje się, że nie twardnieją one, dopóki znajdują się na roślinie, bardzo słabo twardnieją dokąd są w strąku, a natomiast po wymłóceniu szybko nabywają cech twardości (E. Biasutti-Owen, 1957). W miarę przechowywania nieprzenikliwość okryw zanika. Zjawisko to komplikuje ocenę żywotności nasion i utrudnia uprawę, gdyż wahania ilości nasion twardych (do 95%) wpływają na przedłużenie wschodów, nieregularność dojrzewania i ostateczny plon nasion.

Podczas spoczynku przebiegają bliżej nieznanne procesy, które nieprze-

* Pracą kieruje też prof. dr M. Lityński — Zakład Biologii i Przechowywania Nasion IHAR we Wrocławiu.

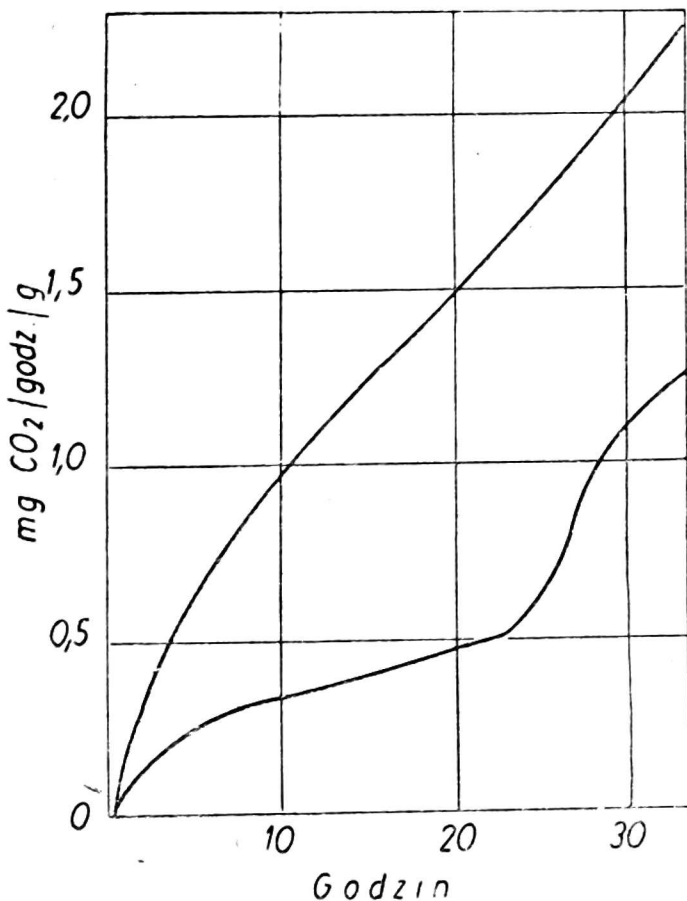
puszczalne okrywy nasienne czynią przepuszczalnymi. Wykazano, że zdolność pobierania wody przez nasiona o takich właściwościach po przejściu przez stan wtórnej dojrzałości stopniowo wzrasta (E. Bunnig, 1953).

Notowano także wypadki zmiany zdolności pęcznienia przez całe tkanki w czasie spoczynku (E. Bunnig, 1953).

Oprócz przywrócenia tej właściwości okryw, często niemniej ważne jest jednoczesne przywrócenie możliwości pobierania tlenu.

Crocker (1906) podaje np., że w owocu rzepienia (*Xantium canadense*), w którym znajdują się dwa nasiona, jedno z nich kiełkuje szybko. Natomiast drugie może skiełkować dopiero po kilku miesiącach. Zdjęcie łupiny z tego nasienia powoduje przyspieszenie kiełkowania.

Brak zdolności przenikania tlenu przez łupiny nasienne obserwowali również i inni autorzy (m. in. W. Stiles i W. Leach, 1932) (rys. 1).



Rys. 1. Oddychanie nasion *Lathyrus odoratus* po nastawieniu na kiełkowanie: górna linia — nasiona bez okrywy, dolna — z okrywami (według Stilesa i Leacha 1932)

Ale zauważono także, że nasiona pałki (*Typha*) lepiej kiełkują, gdy obniżymy ciśnienie tlenu (T. Morinaga, 1926). Również gromadzenie dwutlenku węgla pod zbyt grubymi okrywami nasiennymi jest często przyczyną niekiełkowania nasion (W. Crocker i L. Barton, 1957).

Obserwuje się jednak przypadki, gdy zwiększenie koncentracji CO₂ ułatwia wzrost, np. w doświadczeniu H. S. Turkowej (1951) kiełki dębu o wiele szybciej rosły przy zawartości CO₂ w powietrzu do 10%.

Okrywy owocowe także mogą w dużym stopniu zmieniać swe właściwości, a przez to wpływać na kiełkowanie (P. Binet, 1958) (tabela 1).

Nasiona wielu gatunków (np. z rodziny *Rosaceae*) nie kiełkują, jeśli uprzednio nie wystawi się ich na działanie niskiej temperatury (w grani-

Tabela 1

Przepuszczalność owocni *Zilla macroptera* (P. Binet, 1958)

	Przepuszczalność owocni dla		
	O ₂ %	CO ₂ %	N ₂ %
Owocnia sucha	20,0	0,0	79,7
Owocnia wilgotna suszona	19,6	0,4	79,9
Owocnia wilgotna nie suszona	88,3	0,1	11,6

cach 0°—15°C) na okres od kilku do kilkunastu tygodni. Dla przebiegu procesów wtórnego dojrzewania w tych warunkach duże znaczenie ma przewietrzanie. Przy niskich temperaturach faza tlenowa oddychania przebiega prawdopodobnie stosunkowo szybciej niż faza beztlenowa. Usunięcie okryw nasiennych sprzyja procesom tlenowym i skraca okres stratyfikacji. W tym czasie obserwuje się zmiany w koncentracji jonów wodorowych, ilości cukrów redukcyjnych, intensywności oddychania i wartości współczynnika oddechowego oraz zmiany w różnych frakcjach azotu. Często obserwowano zwiększenie się ilości N rozpuszczalnego i zmiany w składzie aminokwasów (Crocker, 1948, L. C. Luckwill, 1952).

Wiele nasion, np. traw, lepiej kiełkuje w temperaturze zmiennej niż w temperaturze stałej. Jednak z badań R. Kartaschoff (1958) wynika, że zmienne temperatury wpływają korzystnie na kiełkowanie nasion *Iris pseudoacorus* L. tylko w wypadku ułożenia na kiełkowniku całych nasion (tj. z bielmem i okrywami). Natomiast same zarodki kiełkują równie dobrze w zmiennej, jak i stałej temperaturze.

Nasiona jabłoni, gruszy, pigwy i czereśni można zmusić do szybkiego kiełkowania, jeśli usunie się określone części nasion. U pestek jabłoni wystarcza odpreparowanie okrywy nasiennej i bielma, aby po kilku dniach nastąpiło kiełkowanie. Wydaje się, że czynnik hamujący znajduje się w bielmie. Znikanie tych substancji hamujących obserwowano podczas wtórnego dojrzewania. Jednak uważa się, że sama tylko ich inaktywacja, względnie usunięcie, nie wystarcza (Luckwill, 1952, A. N. Wienjaminow i Ł. A. Dołmatowa, 1959).

Powstają wówczas rośliny karłowate, które potrzebują często wielu miesięcy na przejście do normalnego wzrostu. W tym właśnie czasie kończą one swój okres spoczynku (F. Flemion, 1934). Przekształcony przebieg oddychania może umożliwić tworzenie się pewnych substancji typu hormonów pobudzających wzrost, lub też wywoływać rozkład niektórych substancji hamujących (Luckwill, 1952).

Obecność substancji hamujących kiełkowanie pierwszy stwierdził J. Wiesner (1894), następnie potwierdziło ją szereg badaczy (m. in. S. Jen-

tys, 1922, M. Evenari i inni, 1942, F. L. Randolph i G. L. Cox, 1943, A. W. Błagowieszczenskij. 1953).

Interesujące jest również zjawisko poruszane w literaturze, między innymi przez I. N. Gołubinskij'ego (1950), polegające na niekiełkowaniu nasion, np. cebuli i pszenicy (o pełnej zdolności kiełkowania), jeśli są położone na tym samym kiełkowniku i zmieszane ze sobą. Obserwuje się również i odwrotny fakt lepszego kiełkowania w wypadku ułożenia na kiełkowniku w podobny sposób dwóch odmian kukurydzy. Również wodne wyciągi z nasion, np. rzodkiewki, ogórków, stymulują kiełkowanie innych nasion tego gatunku.

F. Skoog (1947) zauważył hamowanie kiełkowania pod wpływem kwasu β -indoliloctowego, z jednoczesnym obniżeniem się intensywności oddychania.

Zdaniem B. P. Strogonowa (1949), substancje hamujące są związkami organicznymi, utleniającymi się pod wpływem $KMNO_4$. Mogą to być lotne lub nielotne substancje, mogą się rozpadać przy $100^\circ C$, albo być termostabilne. Do nich należą olejki eteryczne, glikozydy, alkaloidy, kwas pruski, etylen oraz inne, o nieokreślonej jeszcze strukturze chemicznej, zwane blastokolinami (m. in. F. Laibach i J. Kiel, 1937, J. Keil, 1939, Crocker, 1948, Evenari, 1949, R. Kartaschoff, 1958, K. Moldenhawer, 1959). Właściwe blastokoliny nie są zawsze chemicznie identyczne. R. Kuhn, T. Moewus i inni (cyt. za E. Bunnig'iem, 1953) przyjmują, że olej jarzębinowy i inne nienasycone laktony hamują kiełkowanie pyłku, nasion i różnych organów spoczynkowych. Między nimi wyróżnia się kumaryna, działająca równocześnie na wzrost; można ją uważać za antagonistę substancji wzrostowych (Mayer i Evenari. 1952).

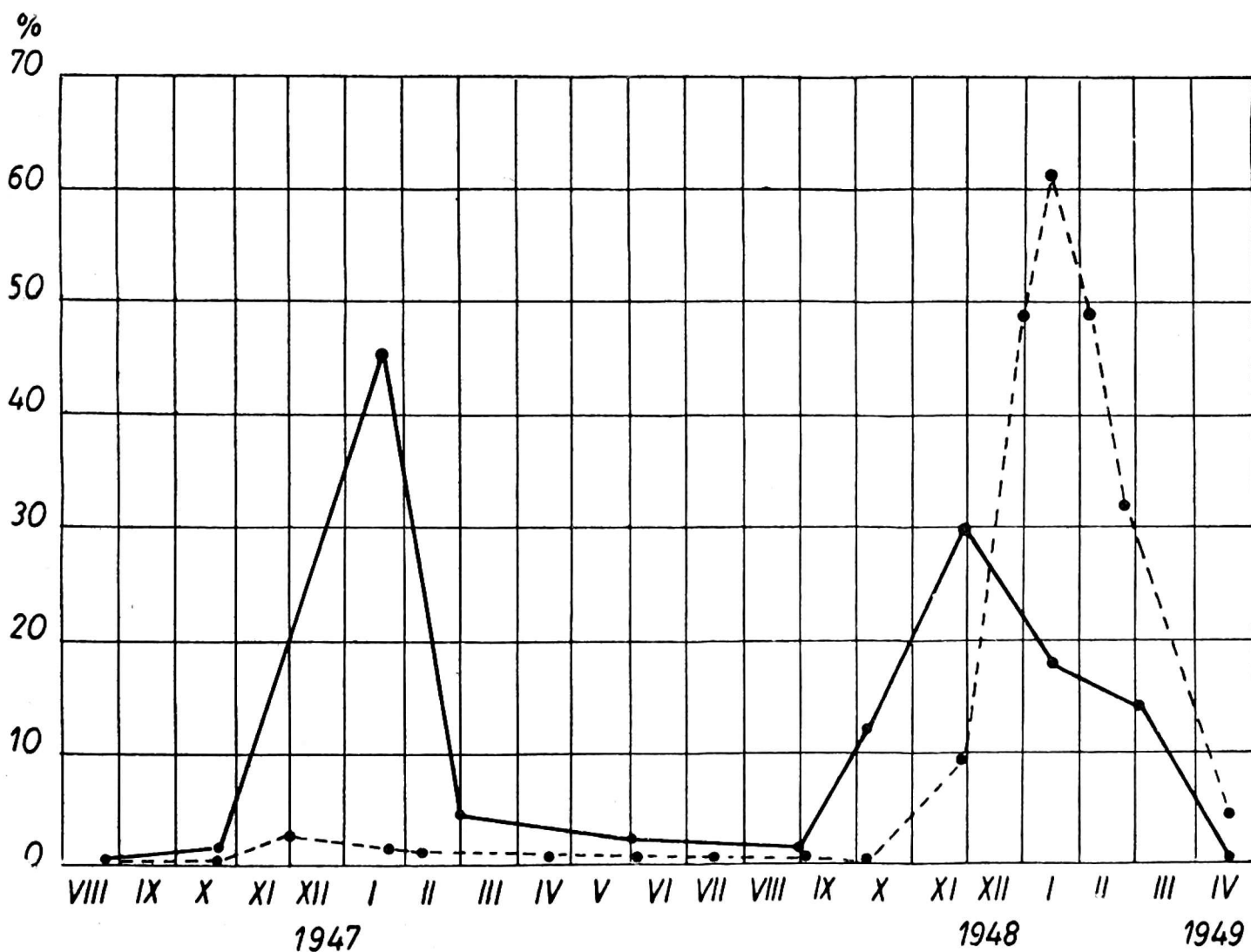
Wydaje się, że niektóre substancje hamujące w stosunkowo prosty sposób mogą się przekształcać w substancje przyspieszające i jednocześnie może następować zmiana zdolności kiełkowania. Jako przykład może służyć kumaryna; powstaje ona z kwasu orto-oxy-cis cynamonowego, który sam wpływa przyspieszająco na wzrost. Hamujące działanie nienasyconych laktonów zanika na skutek rozerwania ich pierścienia laktonowego (E. Bunnig, 1953, K. Blaim, 1957).

T. Hemberg (1947) znalazł substancje hamujące w pączkach jesionu (*Fraxinus*) i stwierdził, że jednocześnie z ich znikaniem pączki kończą stan spoczynku. Badania G. Ch. Mołotkowskij'ego (1949) wykazały związek między rozpoczęciem spoczynku a obecnością substancji hamujących.

Ostatnie doświadczenia pozwalają przypuszczać, że w kształtowaniu okresu spoczynku biorą udział auksyny. Zabiegi z etylochloroohydryną, przerywające stan spoczynku, znacznie obniżają zawartość auksyn w pączkach ziemniaka (H. D. Michener, 1942). Można także osiągnąć odwrotne wyniki, jak przedłużenie wtórnego dojrzewania (F. E. Denny, 1942).

M. Tomaszewski (1957) obserwował, że środki działające inaktywująco na oksydazę fenolową na ogół powodują przerwanie spoczynku drzew i nasion. Z dalszych jego badań wynika, że system fenol-fenolaza może regulować poziom auksyn w komórce dzięki zdolności tej oksydazy do inaktywacji kwasu β -indoliloctowego. Zauważył on, że zrzucanie liści i rozpoczynanie spoczynku przez niektóre drzewa jest zależne od zwiększenia się aktywności tego enzymu (Tomaszewski, 1960, K. Paech (1953); wiąże również on kiełkowanie wielu nasion z uprzednim utlenieniem polifenoli w okrywie nasiennej.

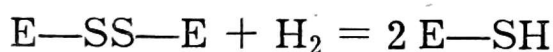
W niektórych wypadkach kiełkowanie nasion jest jeszcze bardziej skomplikowane i obserwuje się pewne podobieństwo ze spoczynkiem zimowym występującym w kambium i w pączkach roślin wieloletnich. Nasiona zachowujące żywotność przez wiele lat wykazują często okresowe zmiany w zdolności kiełkowania, np. dziurawiec (*Hypericum perforatum*) (rys. 2). Z właściwością tą wiążą się również periodyczne zmiany zdolności wiązania wody przez nasiona. Wykazano u niektórych gatunków nasion traw i warzyw, przechowywanych w stałej wilgotności, następujące po sobie okresy przybytków zimowych i ubytków letnich wody (U. Ruge, 1947, M. Lityński, 1954).



Rys. 2. Kiełkowanie nasion: linia przerywana — *Gratiola officinalis*, linia ciągła — *Hypericum perforatum* (Bünnig, 1953)

Starając się wyjaśnić istotę biochemicznego przystosowania się do przetrwania niesprzyjających warunków kiełkowania, Błagowieszczęński (1953) dochodzi do wniosku, że trudne kiełkowanie nasion jest związane ze zmniejszoną aktywnością enzymów i ich współczynnikami termicznymi. Jego zdaniem u nasion wielu gatunków enzymy są zablokowane, za czym przemawia doświadczenie K. V. Thimann'a i W. D. Bonner'a (1949). Obserwowali oni zahamowanie wzrostu kiełków grochu przez kumarynę i protoanemoninę oraz usuwali to działanie 1,2-dwumerkaptopropanem. Związki te działają na grupy tiolowe enzymów. Schematycznie reakcję tę przedstawiają oni następująco:

$2 E-SH + \frac{1}{2} O_2 = H_2O + E-SS-E$ (E-enzym). Natomiast aktywowanie enzymów przypisują oni uwalnianiu grup tiolowych:



Substancje blokujące mogą mieć różne właściwości chemiczne. W niektórych wypadkach są one prawdopodobnie prostymi związkami i są związane luźno z enzymem. Takie substancje hamujące mogą być wymyte wodą z nasion karagany syberyjskiej (*Caragana arborescens*) (Błagowieszczęński, 1953), buraka (B. Tolman i M. Stout, 1940) i innych (tabela 2).

Tabela 2

Wpływ moczenia w wodzie i przemywania wodą kłębków buraka cukrowego odmiany 68 na ich kiełkowanie. (Tolman i Stout, 1940)

Rodzaj zabiegu	Kiełkowanie w procentach po zabiegu		
	po 4 dniach	po 6 dniach	po 8 dniach
Moczenie 3 godz.	17	35	65
Przemywanie 3 „	16	39	78
Moczenie 6 „	23	47	75
Przemywanie 6 „	41	76	88
Moczenie 24 „	15	41	74
Przemywanie 24 „	38	79	87
Kontrola	8	29	50

W wielu innych wypadkach możliwe jest istnienie wysokocząsteczkowych substancji hamujących, podobnych do białek znalezionych u soi przez K. T. Suchorukow'a i R. Ł. Głazkową (1949). Prawdopodobieństwo zablokowania przez substancje tego typu zachodzi według wymienionych autorów u enzymów proteolitycznych.

Błagowieszczęński (1953) przymuje również, że jest możliwe, iż większa część wypadków zwiększenia aktywności enzymów w kiełkujących nasionach polega na rozerwaniu blokujących połączeń. Enzymy mogą się

uwalniać od związku blokującego w wyniku zmian potencjału oksydoredukcyjnego. Przejście grup —SS— w grupy —SH, a więc atywowanie enzymów, zachodzi przy redukcji np. papainazy siarkowodorem i pod wpływem glutajonu lub cysteiny. Substancje te znajdowano w początkowych fazach kiełkowania wielu gatunków (Błagowieszczński, 1953).

W niektórych przypadkach Błagowieszczński (1953) nie stwierdzał żadnych substancji hamujących, a mimo to nasiona takie nie kiełkowały. Może to być związane z niską jakością enzymów, z ich zdolnością do obniżania energii aktywacji katalizowanych przez nie reakcji. Dla przezwyciężenia tych trudności niezbędne jest współdziałanie odpowiednich stymulatorów. Autor ten obserwował zwiększenie się wskaźników termicznych katalazy w okresie kiełkowania *Phaseolus aureus* pod wpływem wyciągów z *Rosa canina* (tabela 3).

Tabela 3

Wpływ wyciągów z nasion *Rosa canina* na aktywność i współczynnik termiczny katalazy *Phaseolus aureus* (Błagowieszczński, 1953)

	Aktywność katalazy		Współczynnik termiczny katalazy Q_{10}
	3°	13°	
6-dniowe kiełki zamoczone w wodzie	0,00141	0,00219	1,55
6-dniowe kiełki zamoczone w wodnym wyciągu z nasion	0,00200	0,00263	1,32

Jakkolwiek chemizm tych stymulatorów nie jest jeszcze dokładnie poznany, pewne dane pozwalają przypuszczać, że są one kwasami organicznymi o różnej budowie. Potwierdzają to obserwacje Ł. A. Christiewy (1948) stymulacji wzrostu pod wpływem kwasów organicznych (tabela 4) i zauważone przez Błagowieszczenskij'ego (1953) tworzenie się takich kwasów przy stratyfikacji nasion.

Tabela 4

Stymulacja wzrostu korzeni przez kwasy organiczne (w mm)
(Ł. A. Christiewa, 1948)

	Stężenie	po 48 godz.		po 72 godz.	
		długość	przyrost	długość	przyrost
Woda (kontrola)	—	15,5±1,1	—	35,1±1,3	—
Kwas jabłkowy	M/1000	17,7±1,4	+2,3	34,0±1,7	-1,1
	M/6000	18,8±1,4	+3,4	35,5±1,4	+0,4
Kwas bursztynowy	M/6000	25,0±1,7	+9,6	43,1±2,7	+0,8

Niewątpliwie wskazują one na bliżej do tej pory nie zbadane działanie na grupę białkową enzymów, które może doprowadzić do pojawienia się nowych poziomów energii u tych enzymów (tabela 5).

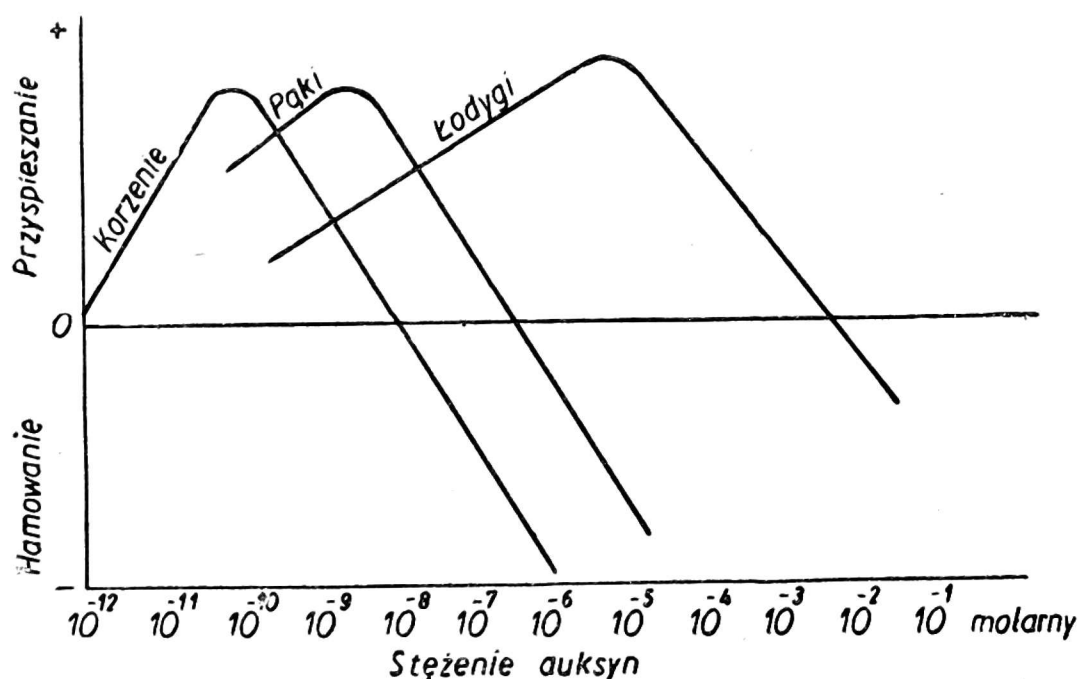
Tabela 5

Wpływ kwasu fumarowego na aktywność i jakość katalazy
(Błagowieszczęński, 1953)

Stężenie kwasu	$K \cdot \frac{1}{t} \cdot \ln \frac{a}{a-x}$		A	p ^N akt.
	15°	25°		
$18,5 \times 10^{-6}$	0,004829	0,007651	8600	17,34
Kontrola (woda)	0,004050	0,007611	10700	15,82

Błagowieszczęński (1953) przywiązuje również dużą wagę do warunków anaerobowych, które mogą hamować w większym stopniu oddychanie beztlenowe niż tlenowe i przez to przyczyniać się do powstawania większej ilości kwasów dwu-, i trójkarboksylowych. Ułatwia to również redukcję grup—SS-enzymów do —SH. W ten sposób może nastąpić szybsze zaktywowanie enzymów i podwyższenie ich jakości.

Przy wyjaśnianiu przyczyn trudnego kiełkowania mogą być również pomocne teorie tłumaczące zjawiska współzależności wzrostowych u roślin. K. V. Thimann i F. F. Skoog (1934) oraz Thimann (1937) przedstawili hipotezę, że wzrost u roślin i jego hamowanie są uzależnione od obecności i stężenia substancji wzrostowej. Optymalne stężenie auksyn powoduje najszybszy wzrost. Natomiast inne jej koncentracje powodują zjawisko zahamowania wzrostu. Doskonale ilustruje tę hipotezę przytoczone doświadczenie Thimann'a (1937) (rys. 3).



Rys. 3. Hamowanie i przyspieszenie wzrostu różnych organów w zależności od stężenia auksyn (według Thimanna, 1937)

Pomimo że wielu badaczy potwierdziło tę hipotezę wynikami doświadczeń (Michener, 1942, Skoog i Tsui, 1951, E. Libbert i H. Lübke, 1957), to jednak szeregu wypadków nie można wytłumaczyć przy jej pomocy.

Teoria pośredniego hamowania została opracowana przez R. Snow'a (1937, 1940) i uzupełniona badaniami E. Libbert'a (1954a, 1954b, 1955a, cyt. za J. Buczkim, 1959, 1955b, 1956, 1957). Zakładają oni, że hamowanie wzrostu zachodzi pod wpływem czynnika hamującego, powstającego za pośrednictwem i przy współudziale związku, przypuszczalnie nienasyconego laktonu, znajdującego się w korzeniu. Przytoczone w tabeli 6 wyniki jednego z doświadczeń wyraźnie wskazują na brak substancji hamującej w wyciągach pochodzących z roślin dekapitowanych, a więc pozbawionych auksyn.

Tabela 6

Hamowanie wzrostu pączków bocznych przez wyciąg z dekapitowanych roślin grochu, mających na miejscu ścięcia przyłożoną pastę lanolinową z kwasem β -indoliloctowym (Libbert, 1955a)

	Długość pączków w mm	Hamowanie w procentach
Kontrola	2,26	—
Rośliny dekapitowane + pasta	2,20	3
Rośliny dekapitowane + pasta + kwas β -indoliloctowy	1,68	26

Działanie hamujące samego prekursora jest nieznaczne i silnie wzmagają się dopiero pod wpływem kwasu β -indoliloctowego (tabela 7).

Tabela 7

Współdziałanie wyciągu korzeniowego z kwasem β -indoliloctowym; test pączkowy (Libbert, 1955 a)

	Długość pączków w mm		Procent hamowania w stosunku do kontroli	
	bez wy- ciągu z korzeni	z wy- ciągiem z korzeni	bez wy- ciągu z korzeni	z wy- ciągiem z korzeni
Bez kwasu β -indoliloctowego	2,23	2,20	—	1
Z kwasem β -indoliloctowym	2,18	1,88	2	16

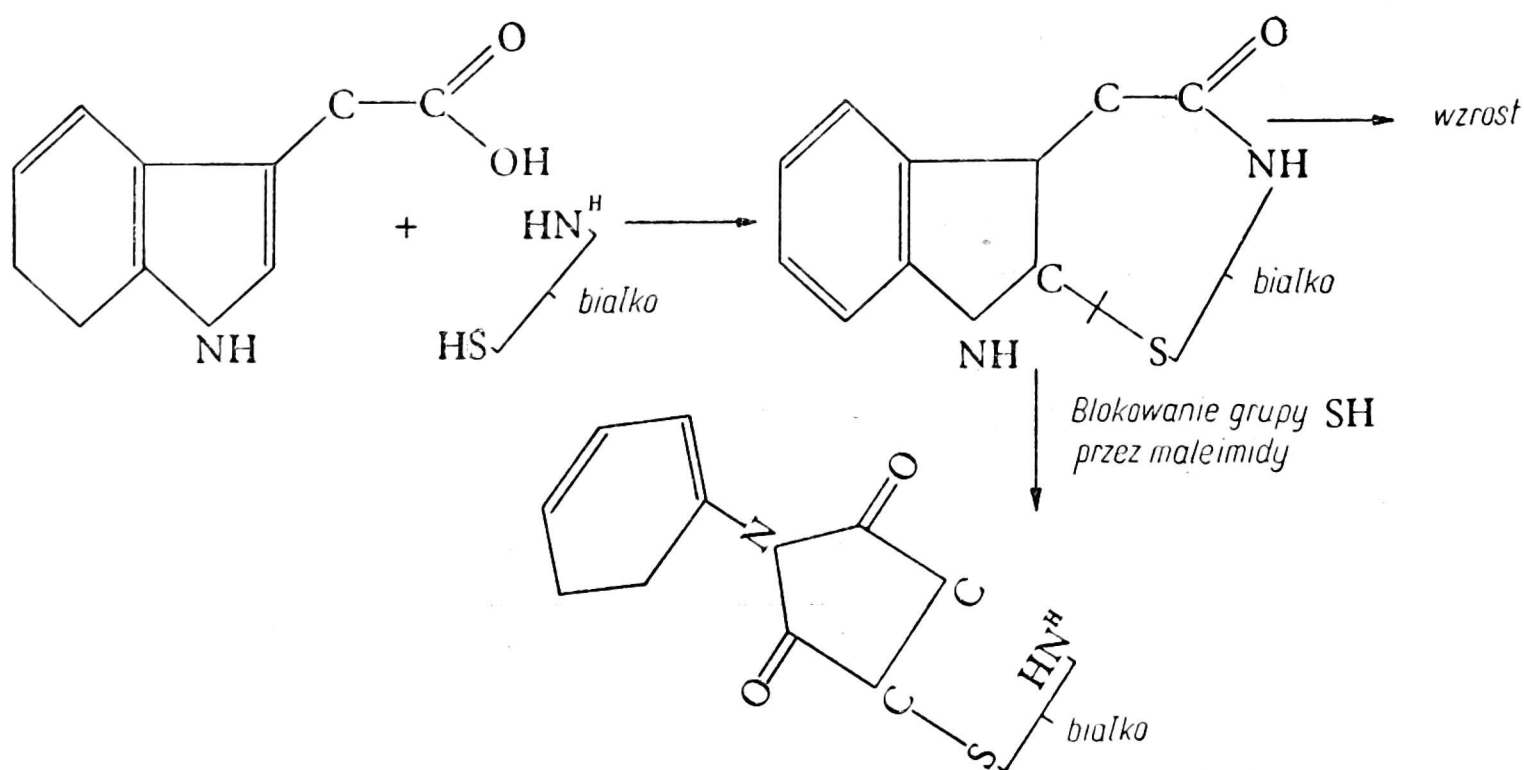
Badania Libbert'a zostały potwierdzone przez R. H. Goodwin'a i B. M. Pollock'a (1954), którzy znaleźli w korzeniach owsa skopoletynę (pochodną kumaryny). Skopoletyna hamuje wzrost korzeni, a dodanie kwasu β -indoliloctowego powiększa to hamujące działanie.

W. S. Stewart (1939, cyt. za Buczkiem 1959) znalazł w rzodkiewce substancję, która poddana hydrolizie dawała auksynę, prawdopodobnie był to kwas β -indoliloctowy. Również Libbert (1956) uzyskał podobne rezultaty. Przy traktowaniu *in vitro* wyciągu z prekursorem kwasem β -indoliloctowym obserwował nieznaczne zwiększenia hamowania. Wskazywałoby to, że substancja hamująca w roślinie może powstać na drodze enzymatycznej.

Auksyna uzyskuje fizjologiczną aktywność przypuszczalnie po połączeniu się z białkiem, jako grupą prostetyczną. Zagadnienie to zostało omówione przez S. M. Siegel'a i A. W. Galston'a (1953) i potwierdzone wynikami doświadczeń D. H. Slocum i J. E. Little (1957). Wykazano wiązanie się kwasu β -indoliloctowego z koenzymem A.

W ten sposób zostały potwierdzone poprzednie przypuszczenia, że w procesie wzrostu biorą udział enzymy posiadające grupę tiolową.

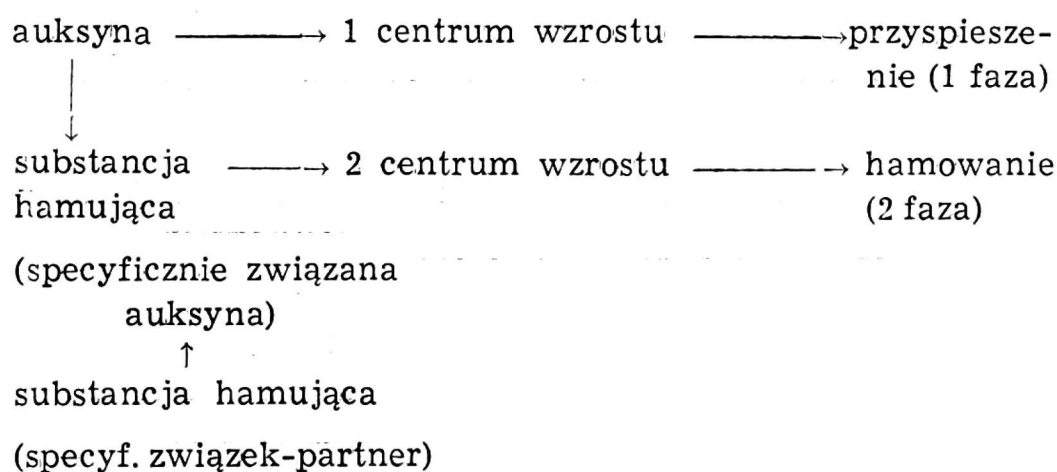
J. Overbeck (1955) sądzi natomiast, że zachodzi łączenie się auksyny z białkiem, np. poprzez cysteinę. Zablockowanie grup tiolowych przez jakiś związek hamuje proces uwalniania fizjologicznie czynnej auksyny. Maleimidy blokujące grupy $-SH$ białek (nie wchodzących w skład enzymów) nie pozwalają na uwalnianie się czynnej auksyny (rys. 4). Doświadczenia



Rys. 4. Mechanizm blokowania grup $-SH$ przez maleimidy (według I. Overbeck'a, 1955)

to oraz badania Błagowieszczenskij'ego (1953) dowiodły, że enzymy oksydoredukcyjne nie biorą bezpośredniego udziału w procesach wzrostu (może z wyjątkiem dehydrogenaz), gdyż obaj autorzy obserwowali silne zahamowanie wzrostu (nawet do 100%) przy nieznacznie zmniejszonym oddychaniu (do 10%).

Zdaniem Libberta (1957) wzrost korzeni regulują dwa przyczynowo różne wpływy: jeden przyspieszający, który przeważa przy niskich stężeniach auksyn, i drugi hamujący, przeważający przy ich wysokich koncentracjach. Trzeba więc przyjąć istnienie dwóch centrów wzrostu w korzeniach (rys. 5).



Rys. 5. Wpływ auksyn i substancji hamujących na wzrost korzeni (według Libberta, 1957)

W pierwszym centrum wzrost przyspieszają wolne auksyny. W drugim jest on hamowany przez specyficzne połączenia auksyn. Związana auksyna powstaje przez połączenie wolnej auksyny ze związkiem o właściwościach nienasyconych laktonów.

Tabela 8

Wpływ kwasu β -indoliloctowego i kwasu askorbinowego na stosunek GSH/GS-SG i wzrost (Marre i Arrigani, 1957)

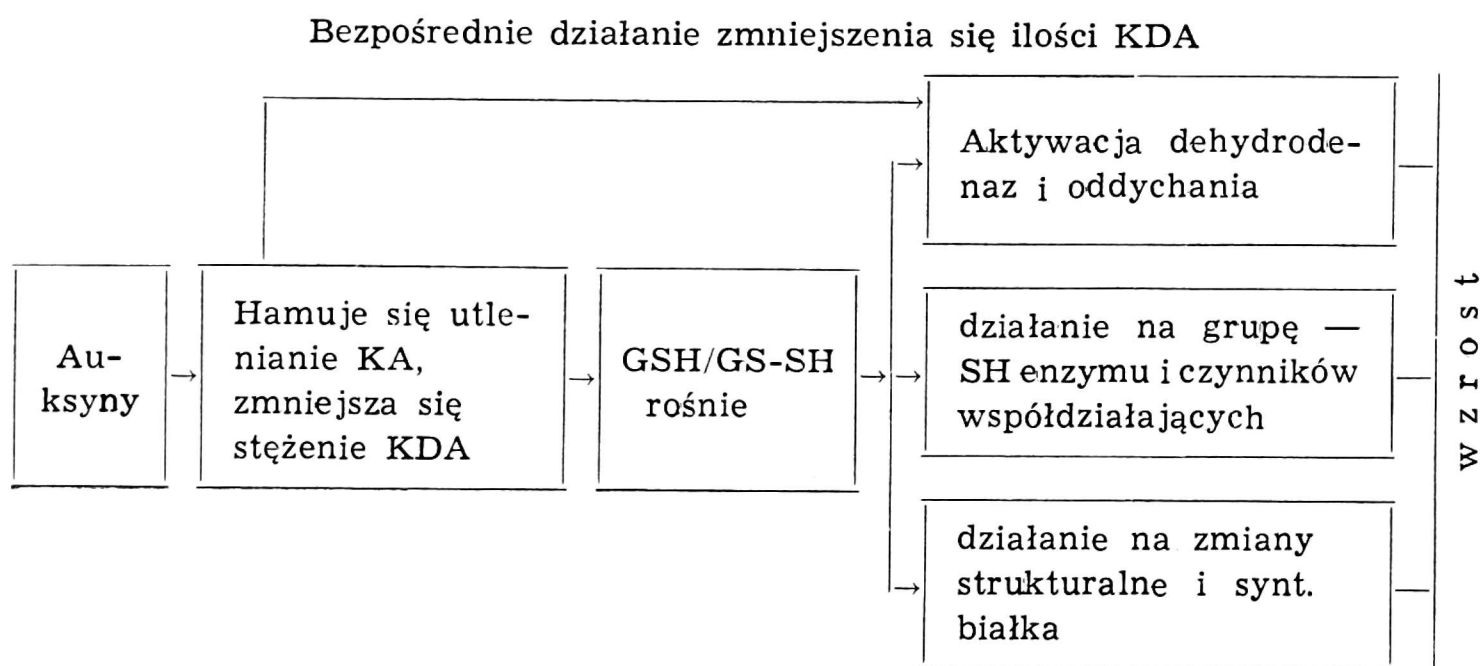
	GSH mol/gm	GS-SG mol/gm	GSH/GS-SG stosunek	Wzrost w % w stosunku do długości początkowej
Kontrola	0,72	0,31	2,3	9
KA $10^{-3}M$	0,61	0,36	1,7	7
KA $3 \times 10^{-3}M$	0,60	0,38	1,6	6
KIO $5 \times 10^{-5}M$	0,85	0,25	3,4	22
„ „ + KA $10^{-3}M$	0,71	0,29	2,4	15
„ „ + KA $3 \times 10^{-3}M$	0,68	0,31	2,2	12

KA — kwas askorbinowy; KIO — kwas β -indoliloctowy.

Ciekawe badania, mające na celu dalsze wyjaśnienie mechanizmu wzrostu, przeprowadzili E. Marre i O. Arrigani (1957). Stwierdzili oni, że auksyny wyraźnie i szybko działają na stosunek GSH/GS—SG (formy zredukowanej do utlenionej glutacjonu), przesuwając go na korzyść formy zredukowanej. Wysokość i stężenie GSH lub GS—SG ma bezpośredni zwią-

zek z reakcją wzrostową. Odczynniki zwiększające stosunek GSH/GS—SG sprzyjają wzrostowi i na odwrót. Ciekawe jest tutaj znaczenie kwasu askorbinowego, pod wpływem którego stosunek ten przesuwa się na korzyść formy utlenionej, a wzrastające stężenie tej formy powoduje coraz większe zahamowanie wzrostu (tabela 8).

Autorzy w następujący sposób przedstawiają schematycznie rolę glutacjonu w działalności auksyn w komórce roślinnej (rys. 6).



Rys 6. Rola glutacjonu w komórce roślinnej (Według Marre i Arrigani, 1957)

Omówione zagadnienia wyraźnie wskazują na skomplikowany charakter procesów zachodzących podczas kiełkowania wielu nasion i na konieczność dalszych badań w tym kierunku.

LITERATURA

1. Biassutti-Owen E.: 1956. The Storage of Seeds for Maintenance of Viability. Hurley.
2. Binet P.: 1958. Rev. Gen. Bot., 65, 769, 129.
3. Blaim K.: 1957. Hodowla Roślin Aklim. Nas., 1, 3, 431.
4. Błagowieszczęński A. W.: 1953. Trudy Główn. Bot. Sada III, 3.
5. Bünnig E.: 1953. Entwicklungs- und Bewegungsphysiologie. Springer-Verlag. Berlin.
6. Buczek J.: 1959. Wiadomości Botaniczne III, 1, 35.
7. Christiewa Ł. A.: 1948. Dokłady WASChNIL, 7.
8. Crocker W.: 1906. Nat. Acad. Sci. Proc. USA 1, 152.
9. Crocker W.: 1948. Growth of Plants. Twenty Years Research at Boyce Thompson Inst., 459 pp. Reinhold Publ. Corp. New York.
10. Crocker W., Barton L.: 1957. Physiology of Seeds. Chronica Botanica. Co. Waltham.
11. Denny F. E.: 1942. Contrib. Boyce Thompson Inst. 12, 387. ,
12. Evenari M., Konis E., Ullman S. B.: 1942. Chronica Botanica 7, 149.

13. Evenari M.: 1949. Botanical Review 15, 153.
14. Flemion F.: 1934. Contrib. Boyce Thompson Inst., 6, 205.
15. Gołubiński I. N.: 1950. Priroda, 10.
16. Goodwin R. H., Pollock B. M.: 1954. Amer. Journ. Bot., 41, 516.
17. Hemberg T.: 1947. Acta Hort. Berg., 14, 5.
18. Jentys S.: 1923. Rozprawy Wydziału Mat. Przyr. PAU, 62, A/B, 93.
19. Keil J.: 1939. Jahrb. wiss. Bot., 88, 345.
20. Kartaschoff R.: 1958. Berichte Schweiz. Bot. Ges., 68, 144.
21. Laibach F., Keil J.: 1937, Berichte D. D. Bot. Ges., 55, 579.
22. Libbert E.: 1954a. Flora, 141, 271.
23. Libbert E.: 1954b. Planta, 44, 286.
24. Libbert E.: 1955a. Cyt. za Buczek J., 1959, Wiad. Bot. III, 1, 35.
25. Libbert E.: 1955b. Planta, 45, 405.
26. Libbert E.: 1956. Planta, 46, 256.
27. Libbert E.: 1957. Planta, 50, 25.
28. Libbert E., H. Lübke: 1957. Flora, 145, 256.
29. Lityński M.: 1954. Biuletyn CZSR, 7—8, 1.
30. Luckwill L. C.: 1952. Journ. Hortic. Sci. 27, 53.
31. Marre E., Arriganii O.: 1957. Physiol. Plant. 10, (2), 289.
32. Mayer A. N., Evenari M.: 1952. Journ. of Exper. Bot., 3.
33. Michener H. D.: 1942. Amer. Journ. Bot., 29, 558.
34. Moldenhawer K.: 1959. Hodowla Roślin, Aklim. i Nas. 3, 217.
35. Mołotkowskij G. Ch.: 1949. Doklady Akad. Nauk SSSR, 68.
36. Morinaga T.: 1926. Amer. Journ. Bot. 13, 159.
37. Overbeck J. van: 1955. Amer. Journ. Bot., 42, 205.
38. Paech K.: 1953, Planta, 41, 525.
39. Randolph L. F., Cox L. G.: 1943. Amer. Soc. Hort. Sci. Proc., 43, 284.
40. Ruge U.: 1947. Planta, 35.
41. Siegel S. M., Galstone A. W.: 1953. Proc. Nat. Acad. Sci. USA, 39, 1111.
42. Skoog F., Tsui C.: 1951. Plant Growth Substances. Univ. of Wisconsin Press.
43. Slocum D. H., Little J. E.: 1957. Plant Physiol., 32, 192.
44. Snow R.: 1937. New Phytologist., 36, 283.
45. Snow R.: 1940. New Phytologist., 39, 117.
46. Skoog F.: 1947. Ann. Rev. Bioch., V, XVI.
47. Strogonow B. P.: 1949. Fizjologia solejstoicziwosti chłopczaтника, Izd. Akad. Nauk SSSR. Moskwa—Leningrad.
48. Suchorukow K. T., Głazkowa R. W.: 1949. Trudy Inst. Fizj. Rast. im. K. A. Timirjazewa AN SSSR, IV, 2.
49. Thimann K. V., Skoog F.: 1934. Proc. Roy. Soc. London, 114, 317.
50. Thimann K. V.: 1937. Amer. Journ. Bot. 24, 407.
51. Thimann K. V., Bonner W. D.: 1949. Proc. Nat. Acad. Sci. USA 35, 272.
52. Tolman B., Stout M.: 1940. Journ. Agr. Res., 61.
53. Tomaszewski M.: 1957. Flora, 145, 146.
54. Tomaszewski M.: 1960. Badania nad systemem fenol-fenolaza (praca doktorska) nie publikowana.
55. Turkowa N. S.: 1951. Doklady Akad. Nauk SSSR, LXXVI.
56. Wienjaminow A. N., Dołmatowa Ł. A.: 1959. Sad i Ogorod, 11, 46.
57. Wiesner J.: 1894. Wg Blaim K.: 1955. Postępy Nauk Roln. 5, 99.