

K. BLAIM

Laboratorium Biochemiczne IHAR — Puławy

BIOCHEMICZNE REGULATORY KIEŁKOWANIA NASION

Część II. Aktywatory kiełkowania nasion

Jak pisaliśmy w poprzednim artykule (1), wiele zagadnień związanych z fizjologią nasion wiąże się z tak zwanymi inhibitorami, to jest substancjami wpływającymi hamująco na procesy kiełkowania. Zdolność kiełkowania oraz procesy wtórnego dojrzewania są prawdopodobnie ściśle związane z występowaniem tych substancji. Wydaje się jednak, że obok substancji hamujących duży wpływ na fizjologię kiełkowania wywierają również substancje stymulujące kiełkowanie, czyli tak zwane aktywatory. Tak więc procesy starzenia się nasion znajdują bardzo przekonującą interpretację z punktu widzenia występowania w nasionach substancji stymulujących kiełkowanie.

Zgodnie np. z poglądami Rugego (2) starzenie się nasion związane jest z tym, że w miarę przedłużania się okresu przechowywania zachodzi w nich zmniejszanie się zawartości tych specyficznych stymulatorów, a także następuje w nasionach zniszczenie łatwo utleniających się związków. Na korzyść tych ostatnich poglądów istnieją obserwacje obniżania się potencjału oksydoredukcyjnego w starych nasionach.

Według danych Juela (3) zawartość substancji wzrostowych w ziarnach owsa przechowywanego przez cztery lata spada o około 13%, a w nasionach fasoli, przechowywanej przez 26 lat, o około 50%. Dodanie do starych nasion specyficznych stymulatorów kiełkowania równoważne jest tworzeniu się na nowo tych substancji, które giną w procesie starzenia się. Ruge stwierdził również, że w wysokich stężeniach te specyficzne stymulatory hamują kiełkowanie.

Podobne obserwacje przeprowadził Popoff (4). Z danych jego wynika, że nasiona szybko kiełkujących odmian zawierają mniejsze ilości substancji wzrostowych, w porównaniu z odmianami słabo kiełkującymi, przy czym zawartość tych substancji u tych ostatnich zmniejsza się w miarę zwiększania zdolności do kiełkowania.

Zagadnieniem występowania w nasionach substancji aktywujących kiełkowanie zaczęto interesować się z chwilą zwrócenia uwagi na tak zwane substancje wzrostowe (hormony roślinne). Wielu uczonych w tym okresie doszukiwało się nawet występowania w nasionach specyficznych hormonów kiełkowania.

W 1932 r. G. Brunner (5) wykazał w endospermie nasion sosny obecność rozpuszczalnej w wodzie (ale nierozpuszczalnej w eterze) substancji, która w procesie kiełkowania przenika do zarodka i warunkuje normalny

jego rozwój. W dwa lata później Schander (6) stwierdził, że aleuronowa warstwa zbóż wytwarza substancje przyspieszające wzrost zarodka w okresie kiełkowania. W tym samym mniej więcej czasie Burgeff (7) i Schaffstein (8) wykazali, że rozwój zarodków niektórych *Orchidaceae* w okresie poprzedzającym pojawienie się w kiełkach chlorofilu zależy od obecności pewnej substancji o charakterze witaminu. Ten hipotyczny witamin nazwany został przez Schaffsteina — wandofityną.

Na obecność specjalnego hormonu kiełkowania w nasionach zwracał również w tym czasie uwagę Chołodnyj. Badacz ten wykazał (9), że w endospermie różnych nasion roślin zbożowych występuje specjalny hormon wzrostowy, któremu dał on nazwę „blastaniny“. Substancja ta w pierwszych dniach kiełkowania przechodzi z endospermu do zarodka. Okazało się, że przy wprowadzeniu tej substancji do merystemy stożka wzrostu zmniejsza się w nim wybitnie ilość dzielących się jąder. Chołodnyj sądzi, że wiąże się to z występującymi pod wpływem tego hormonu zmianami w strukturze protoplazmy i jądra. Obserwowano również w korzeniach poddanych działaniu blastaniny zgrubienia w strefie wzrostu, wywołane wzrostem komórek parenchymy korzeniowej. Obecność podobnego hormonu wzrostu w endospermie suchych (pozostających w spoczynku) ziarn zbóż wykazały także badania Laibacha i Meyera (10).

Obecne poglądy na zagadnienie substancji stymulujących kiełkowanie nasion odbiegają nieco od poglądów cytowanych powyżej autorów. Sądzi się na ogół, że występowanie specjalnych hormonów kiełkowania czy kwitnienia jest raczej wątpliwe.

Obecność jednak w nasionach substancji fizjologicznie czynnych, mających wpływ na procesy życiowe, a więc i na kiełkowanie, można uważać w świetle najnowszych prac za udowodnioną.

Pierwsze dni kiełek rośnie dzięki zapasom substancji wzrostowych, nagromadzonych w nasionach w postaci aktywnej lub nieaktywnej do czasu, aż nie zacznie się tworzenie własnych substancji wzrostowych. Bardzo ciekawe badania dotyczące występowania w nasionach substancji aktywujących kiełkowanie przeprowadził w 1947 r. wspomniany już Ruge. Badacz ten, aby wykazać obecność tych substancji, posłużył się w swoich pracach ziarnami owsa o częściowo utraconych na skutek starzenia się zdolnościach życiowych. Ścisłej mówiąc użył on do doświadczeń bazalnych połówek ziarn — ułatwiając w ten sposób dostęp stymulatorów do zarodka. Przy pomocy tej metody Ruge wykrył w kiełkach słonecznika substancje, które przyspieszają kiełkowanie zarodków tak spreparowanych starych ziarn owsa. Badacz ten wykrył jeszcze wcześniej (1939) w suchych nasionach słonecznika i ziarnach zbóż substancje hamujące kiełkowanie. W czasie kiełkowania substancje te zastępowane były we wszystkich częściach nasion substancjami stymulującymi kiełkowanie. Posługując się wspomnianą już metodą połówek Ruge wykazał, że kiełkujące nasiona wydzielają substancje stymulujące kiełkowanie i że takimi substancjami są witamin B₁, B₂ i C, a także glutation.

Warto przypomnieć, że w 1940 r. Owczarow (11) stwierdził współzależność pomiędzy zawartością tiaminy (witamin B₁) w nasionach a ich zdolnością do kiełkowania. Przez wprowadzenie do nasion witaminu B₁ uzyskał on zwiększenie aktywności kiełkowania i przyspieszenie wzrostu rośliny.

Znaczenie tiaminy jako substancji stymulującej kiełkowanie odnosi się przede wszystkim do nasion typu skrobiowego. Istnieją przypuszczenia, że w nasionach oleistych znaczenie tiaminy w aktywacji procesów kiełkowania jest mniejsze. Nie jest wykluczone, że u tego typu nasion większe znaczenie dla procesów kiełkowania mają witaminy rozpuszczalne w tłuszczach, zwłaszcza zaś tokoferole (witamin E). Te ostatnie występują prawdopodobnie we wszystkich nasionach typu oleistego.

W związku z omawianymi przez nas badaniami nad występowaniem w nasionach substancji stymulujących kiełkowanie zasługują również na uwagę prace Guttenberga i Lehle-Joergesa (12). Autorzy ci wykryli w ziarnie kukurydzy zarówno kwasoodporne (auksyny), jak i zasado odporne (heteroauksyny) fitohormony oraz prześledzili zmiany w ilości i rozłożeniu tych substancji w niektórych częściach nasienia w czasie kiełkowania.

Zwrócili oni również uwagę, że w zimowych pąkach bzu heteroauksyna zaczyna się pojawiać w grudniu, a auksyna — w lutym. Zjawisko to prawdopodobnie zachodzi w związku z procesami dojrzewania pąków w warunkach niskich temperatur. W latach ostatnich duże zainteresowanie z punktu widzenia stymulacji kiełkowania zaczynają wzbudzać niektóre kwasy organiczne uczestniczące w tak zwanym cyklu Krebsa. Tak np. Täufel i Pohloudek-Fabini (13) stwierdzili na nasionach pszenicy, żyta, grochu i rzepaku współzależność pomiędzy zdolnością kiełkowania tych nasion a zawartością w nich kwasu cytrynowego. Jak wykazuje tabela 1, zdolność kiełkowania nasion jest równoległa do zawartości kwasu cytrynowego.

Podobne znaczenie jak kwasowi cytrynowemu przypisuje się w procesie kiełkowania również kwasowi bursztynowemu. Według Błogowieszceńskiego (14) działanie przedsiwne kwasem bursztynowym na nasiona wielu roślin wpływa dodatnio na ich kiełkowanie i następnie na późniejszy rozwój rośliny.

Kałogriwowa stwierdziła działanie kwasu bursztynowego na wzrost komórek kiełkujących nasion fasoli. Nasiona te moczone w roztworze kwasu bursztynowego (kontrolne — w wodzie), przemywano wodą po napęcznieniu i kiełkowano przy temperaturze 30°C. Wyniki tych doświadczeń podaje tabela 2.

Daragan-Suszczewoj (1952) działając kwasem bursztynowym na nasiona fasoli uzyskał podwyższenie plonów o około 4,5%, przy równoczesnym wzroście w nasionach zawartości związków azotowych. Interesujące wyniki otrzymała również Ikonnikowa badając wpływ kwasu bursztynowego na plon ziarna i zawartość białka u owsa i pszenicy. Prace

Tabela 1

Zdolność kiełkowania i zawartość kwasu cytrynowego u dobrze (a) i źle (b) przechowywanych nasion

Nasiona		Zdolność kiełkowania %	Zawartość kwasu cytrynowego w mg.% (na suchą masę)
Żyto	a	94,8	89,6
	b	5,0	19,3
Pszenica	a	96,3	49,4
	b	9,0	14,7
Jęczmień	a	98,3	72,2
	b	32,0	49,9
Groch	a	91,3	777,8
	b	51,3	714,7
Rzepak	a	91,5	197,7
	b	12,0	20,9

dotyczące wpływu kwasu bursztynowego na kiełkowanie i późniejszy wzrost rośliny mogą mieć duże znaczenie gospodarcze. Nie wszystkie jednak rośliny uprawne reagują dodatnio na działanie przedsiwne kwasem bursztynowym. Działanie to również, jak wynika z dotychczasowych prac, uzależnione jest w wielu wypadkach od czynników geograficznych. Zagadnienie to wymaga więc jeszcze dalszych badań.

Tabela 2

Warunki doświadczenia	Użyto stężenie kwasu bursztynowego	Długość korzonków (w %)	Przyrostu (w %)
Woda (kontrol)	—	23,4±1,2	—
Kwas bursztynowy	M/ 3.000	26,8±1,2	14,5
„ „	M/15.000	29,6±1,4	26,5

zaliczyć takie związki jak: tiamina, kwas askorbinowy, biotyna, kwas pantotenowy, glutation, kwasy organiczne biorące udział w procesach oddechowych i zapewne wiele jeszcze nie poznanych substancji.

Dla niektórych wymienionych substancji stwierdzono ich związek z enzymami. Wchodzą one najczęściej w skład koenzymów; tiamina — u karboksylazy, amid kwasu nikotynowego — do jednej z dehydraz.

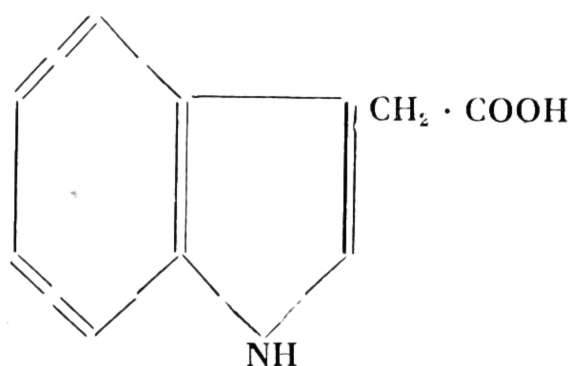
Możliwe, że badania dalsze wykryją więcej takich związków. Obecność wszystkich tych substancji jest niezbędna dla normalnego przebiegu procesów życiowych każdego niemal organizmu. Substancje aktywne typu specyficznego kierują procesami dyferencjacji roślinnego organizmu. Do tej grupy należą substancje wzrostowe. Wywołują one u roślin szereg różnorodnych reakcji, na przykład wzrost przez wydłużanie, podział komórek, tworzenie się korzeni. Substancje typu uniwersalnego są niezbędne w ogóle do życia, substancje typu specyficznego do określonych reakcji.

Aktywatory kiełkowania nasion, podobnie jak inhibitory, mogą należeć zarówno do substancji typu specyficznego, jak i uniwersalnego. Za typowy przykład aktywatorów kiełkowania należących do grupy substancji uniwersalnych mogą służyć wymienione poprzednio kwasy: cytrynowy i bursztynowy. Kwasy te, jak już wspomnieliśmy, uczestniczą w tak zwanym cyklu Krebsa, a więc są one przejściowymi produktami oddychania. Kwasy te stymulując procesy oddechowe wpływają pośrednio i na kiełkowanie. To samo można powiedzieć i o substancjach należących do kategorii witamin.

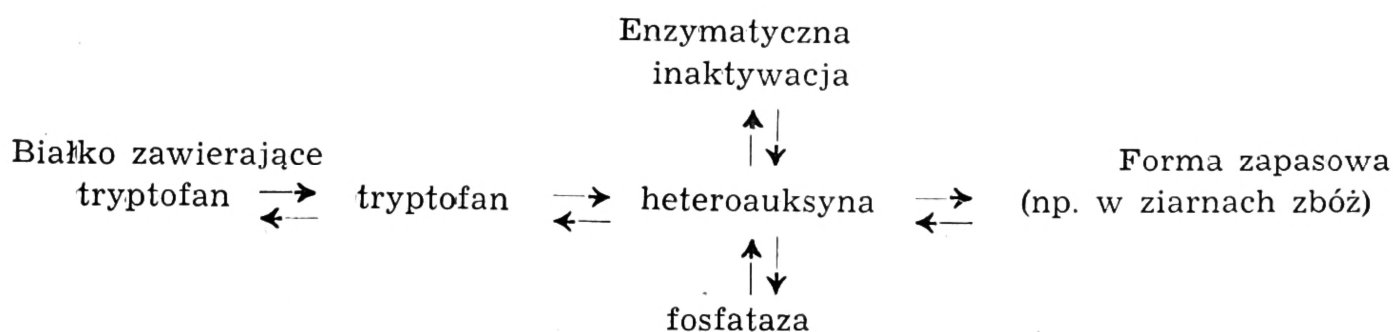
Aktywatory kiełkowania należące do grupy substancji specyficznych zmieniają własności plazmatyczne komórki. Zmiany te zachodzą w kwasowości, potencjale oksydoredukcyjnym, we własnościach adsorbcyjnych itp. Do najlepiej poznanych związków tego typu należy heteroauksyna (kwas β -indoloctowy).

Oprócz dotychczas mniej lub bardziej poznanych stymulatorów kiełkowania istnieje jeszcze prawdopodobnie bardzo wiele nieznanych nam jeszcze związków organicznych pochodzenia naturalnego, których synteza u wielu roślin nie może przebiegać na tyle szybko, aby zabezpieczyć optymalny wzrost zarodka.

Z dotychczasowych badań nad substancjami fizjologicznie czynnymi zdaje się wynikać, że możemy za Södingiem (15) podzielić je na substancje typu uniwersalnego i specyficznego. Do pierwszej grupy należałoby



Substancję tę należy według obecnych poglądów uważać za produkt rozpadu białka. Poniżej podajemy za Bonnerem i Wildmanem (16) hipotetyczny schemat przemian heteroauksyny.



Jak widać ze schematu, heteroauksyna działa jako substancja stymulująca procesy wzrostowe w formie fosfatazy. Wynikałoby więc z tego, że mechanizm działania substancji fizjologicznie czynnych posiada na ogół w swej istocie charakter enzymatyczny. Odnosi się to zarówno do substancji typu uniwersalnego, jak i typu specyficznego.

Interesujący pogląd na mechanizm działania substancji fizjologicznie czynnych z punktu widzenia własności termicznych enzymów wyraża ostatnio (1955) Błagowieszczenskij. Sądzi on mianowicie, że mechanizm ten sprowadza się do aktywizacji systemów enzymatycznych rośliny, do intensyfikacji i przyspieszania przebiegających w nich procesów fizjologicznych. Doświadczenia wykazują bowiem, że działając zarówno substancjami stymulującymi naturalnymi, jak i czystymi preparatami chemicznymi na różne enzymy — aktywność ich z reguły podwyższa się i, co jest szczególnie ciekawe, podwyższa się ich zdolność obniżania energii aktywacji katalizowanych enzymami reakcji. (Działalność enzymów z punktu widzenia teorii kinetycznej sprowadza się, jak wiadomo, do obniżania energii aktywacji zachodzących procesów biochemicznych). Ta ostatnia cecha jest ważna, ponieważ podwyższenie jakości enzymów pociąga za sobą ogólne podwyższenie energetycznego poziomu organizmu roślinnego, to jest jego większą zdolność przeciwstawiania się różnym niesprzyjającym warunkom środowiska. Tak na przykład szereg doświadczeń z przedsięwziętym zaprawianiem nasion stymulatorami wykazało, że w wielu wypadkach zwiększyła się odporność roślin na choroby i szkodniki.

Zagadnienia dotyczące omawianych przez nas biochemicznych regulatorów kiełkowania nasion wchodzi w skład szczególnie intensywnie rozwijającego się obecnie działu biochemii roślinnej, obejmującego badania

substancji fizjologicznie aktywnych. Systematyczne prace dotyczące aktywatorów i inhibitorów kiełkowania nasion znajdują się dopiero w fazie początkowej i nic więc dziwnego, że wiele prób mających na celu praktyczne zastosowanie szeregu substancji czynnych nie przyniosło pożądanych wyników. Tym niemniej w oparciu o dotychczasowe już wyniki badań nad tym zagadnieniem można wyciągnąć szereg wniosków o znaczeniu zarówno praktycznym, jak i teoretycznym.

1. Zdolność życiowa nasion jest między innymi uzależniona od obecności lub nieobecności substancji fizjologicznie czynnych; czyli od tak zwanych biochemicznych regulatorów.

2. U wielu nasion należących do kategorii „trudno kiełkujących“, cechą ta związana jest z obecnością substancji hamujących kiełkowanie.

3. Zaprawianie przedsiewne nasion substancjami wzrostowymi jest celowe tylko wówczas, kiedy tej kategorii substancji własnych nasiona mają niedostateczną ilość.

4. Obserwowane niejednokrotnie działanie stymulujące drobnoustrojów glebowych na procesy kiełkowania nasion może znaleźć wyjaśnienie z punktu widzenia biochemicznych regulatorów kiełkowania.

5. Dalszy rozwój badań nad biochemicznymi regulatorami kiełkowania może mieć duże znaczenie dla niektórych problemów ekologicznych i dla wyjaśnienia tak zwanego zmęczenia gleby.