

LIGIA KONOPSKA

## NIEKTÓRE ZAGADNIENIA BIOCHEMII ROZWOJU NASION

W najnowszej literaturze spotykamy coraz więcej prac z zakresu embriologii nasion, które obejmują: 1) badania cyto- i histochemiczne (Pritchard 1964a, b; Olszewska, Gabara 1966; Mikulska, Gabara, Olszewska 1967; Kuran, Marciniak 1969); 2) badania cytologiczne i ultrastruktury (Jensen 1965; Singh 1968); 3) fizykochemiczne i fizjologiczne (Wilson i Cutter 1952; Rijven i Cohen 1961; Ryczkowski 1960a, b, c, d; 1964; Forman, Jensen 1965; Jensen 1965) komórki jajowej, woreczka zalążkowego, zalążka i zarodka w różnych stadiach rozwoju. Ciągłe natomiast jest mało prac, które wyjaśniałyby zmiany morfologiczne i anatomiczne w rozwijającym się nasieniu zmianami fizykochemicznymi, fizjologicznymi, a zwłaszcza biochemicznymi. Celem niniejszego przeglądu było zebranie tych nielicznych danych z zakresu biochemii rozwoju nasion składających się na obraz zmian jakie zachodzą w przebiegu rozwoju tego organu od zapylenia do pełnej dojrzałości.

Ryczkowski (1960b, d) stwierdził, że zarówno lepkość, jak i napięcie powierzchniowe ulegają poważnym zmianom w trakcie rozwoju zalążka. U roślin jedno- jak i dwuliściennych *Haemanthus katherinae*, *Clivia* sp., *Asparagus officinalis*, *Aesculus pavia*, *Aesculus glabra*, *Crambe tatarica*, Ryczkowski (1966) wykazał, że lepkość soku wakuoli centralnej obniża się, a następnie szybko wzrasta. Napięcie powierzchniowe soku wakuoli centralnej zalążków *Haemanthus katherinae* w wieku 15—30 dni znacznie obniża się. U zalążków *Aesculus pavia* początkowo nieco maleje, a następnie nieznacznie podwyższa się, u zalążków *Aesculus glabra* stopniowo wzrasta, aż do pewnego maksimum, a u starszych spada. Jedną z przyczyn powyższych zmian mogą być ewentualne zmiany pH soku wakuoli centralnej podczas rozwoju zalążka. pH soku centralnej wakuoli zalążków *Haemanthus katherinae* w wieku od 4—35 dni waha się w granicach 4,8—5,2, pH zarodków u zalążków 42—72 dniowych jest wyższe od pH soku i wynosi 6,4—6,8, natomiast pH tkanki endospermu jest zbliżone do pH zarodków (Ryczkowski 1966). Jeśli chodzi o wartość osmotyczną soku wakuoli centralnej, to u zalążków *Haemanthus katherinae*,

*Clivia* sp., *Aesculus pavia*, *A. glabra*, *Crambe tatarica*, *Cycas revoluta* przedstawia się mniej więcej jednakowo, to znaczy początkowo wzrasta, a następnie maleje.

Zmiany wartości osmotycznej soku wakuoli centralnej są niewątpliwie w znacznej mierze uwarunkowane zmianami ilościowymi suchej masy, a zwłaszcza cukrów. Procentowa zawartość wody w stosunku do świeżej masy załączków waha się w zależności od ich wieku. Ogólnie Deleano i Borodeianu (1933 cyt. Ryczkowski 1966) stwierdzili, że zawartość wody w nasionach *Aesculus hippocastanum* wzrasta, a następnie opada. Podobne wyniki odnośnie do zawartości wody w nasionach w czasie ich rozwoju uzyskał Wellington (1956) dla pszenicy, Prokofiew i Kholodowa (1959) dla maku, Ingle, Beitz i Hageman (1965) dla nasion kukurydzy. Sucha masa załączków *Clivia* sp. w okresie wzrostu i rozwoju zwiększa się z 2 mg do 178 mg (Ryczkowski 1966). Podobnie Ingle, Beitz i Hageman (1965) stwierdzili wzrost zawartości suchej masy w rozwijającym się nasieniu kukurydzy, a Grzesiuk (1958) dla zarodków pszenicy. Często jednak w początkowym okresie rozwoju masa nasion wzrasta bardzo wolno i dlatego u niektórych gatunków np. z rodziny *Papilionaceae* krzywa wzrostu suchej masy nasion ma przebieg dwuetapowy. U nasion oleistych pod koniec dojrzewania sucha masa nieco zwiększa się lub utrzymuje na tym samym poziomie (niektóre motylkowe) (Grzesiuk 1967), bądź tak jak u zbóż zmniejsza się (Rejowski 1961). Ilość i jakość substancji dostarczanych do ziarna pszenicy zależy od udziału w tym procesie wszystkich organów roślinnych (Polimietowa i Mamonow 1967).

Głównym jednak czynnikiem, który wpływa na zmianę wartości osmotycznej soku wakuoli centralnej rozwijających się załączków są zmiany ilościowe poszczególnych cukrów. Ogólne stężenie cukrów rozpuszczonych w soku wakuoli centralnej początkowo wzrasta łagodnie, potem szybko, a u załączków starszych niż 43 dniowe spada. Stężenie cukrów redukujących w soku centralnej wakuoli załączków *Clivia* sp. wzrasta do 17 dnia, po czym następuje niewielki spadek, a u załączków 43 dniowych osiąga maksimum. U 50 dniowych załączków stwierdzono gwałtowny spadek, cukrów redukujących, a następnie niewielki ich wzrost (Ryczkowski 1966). Podobne wahania wykazują zmiany stężenia cukrów nieredukujących. U załączków 17 dniowych spadają one do zera, a u starszych znów widoczny jest wzrost (Ryczkowski 1966). W początkowym okresie rozwoju nasion gromadzą się w nich przeważnie cukrowce, które łatwo ulegają przekształceniom. U zbóż i liliowatych są to jedno- i oligocukrowce (glukofruktozany, sacharoza, glukoza, fruktoza) oraz pentozany. Zboża południowe takie jak ryż, kukurydza gromadzą głównie sacharozę, glukozę i fruktozę, natomiast zboża pochodzenia północnego (żyto, pszenica, jęczmień, owies) glukofruktozany, sacharozę i pentozany. U roślin motylkowych, ślazowatych gromadzi się sacharoza, glukoza i fruktoza oraz w mniejszej ilości galaktozany. W nasionach oleistych z kolei występują przede wszystkim sacharoza, glukoza i fruktoza (Grzesiuk 1967). Zawartość jednocukrowców i pentozanów w rozwijającym się nasieniu kukurydzy początkowo wzrasta, a następnie maleje. Natomiast zawartość skrobi i pozostałych cukrowców zwiększa się przez cały czas

w miarę dojrzewania ziarna (Grzesiuk i Rejowski 1960). W nasionach *Pisum sativum* (Danielson 1959) stwierdzono, że skrobia jest syntetyzowana w dwu różnych etapach; pierwszy powolny, a pod koniec dojrzewania bardzo szybki. W oparciu o otrzymane wyniki odnośnie do dynamiki cukrów rozpuszczalnych w ziarnie Grzesiuk i Rejowski (1960) wyróżnili 3 etapy: 1) od momentu zapylenia do 16—20 dnia po zapyleniu ilość cukrów rozpuszczalnych początkowo malała, a następnie szybko wzrastała; 2) 48—52 dzień po zapyleniu następował gwałtowny spadek zawartości cukrów rozpuszczalnych. Okres ten obejmował dojrzałość mleczną ziarna; 3) od sprzętu nasion. Etap ten dotyczy dojrzałości woskowej. Zawartość cukrów rozpuszczalnych nieznacznie wzrasta później opada, po czym ponownie wzrasta. Podobnie Ingle, Beitz i Hageman (1965) stwierdzili wzrost poziomu cukrów w ciągu 20 dni od momentu zapylenia. Gwałtowny spadek zawartości cukrów rozpuszczalnych w drugim etapie rozwoju Ingle i inni (1965) tłumaczą zwiększoną syntezą skrobi. W trzecim etapie w całym ziarnie jęczmienia wykryto (Kulka, Sobieraj 1969) znaczne ilości sacharozy, rafinozy i glukodwufruktozy. Zawartość pozostałych cukrów takich, jak: maltoza, glukoza, fruktoza w bielmie była niewielka, w zarodkach zaś nie występowały one zupełnie. W pierwszej połowie spoczynku w bielmie i zarodku ogólna ilość cukrów wyraźnie zwiększała się, po czym poziom ich ulegał niewielkiemu obniżeniu. Jedynie w bielmie maltoza, glukoza i fruktoza wzrastały do końca trwania spoczynku. W początkowym okresie dojrzewania posprzętnego obserwowano intensywną syntezę sacharozy zwłaszcza w zarodkach, później zawartość tego cukru obniżała się (Kulka, Sobieraj 1969). Zasadniczą rolę w przemianach cukrowców odgrywa właśnie sacharoza. Natomiast rafinoza służy zarodkowi w pierwszym okresie kiełkowania jako materiał energetyczny (Grzesiuk 1967).

Cukrowce (sacharoza, heksozy, pentozy) są produktem wyjściowym w syntezie tłuszczów prostych i złożonych (Grzesiuk 1967). Sucha masa soi zawiera w przybliżeniu 20% lipidów (Rinne 1969). Odkładanie zapasowych lipidów rozpoczyna się między 25—30 dniem po kwitnieniu i jest kontynuowane do dojrzałości (Simmons, Quackenbusch 1954 cyt. Rinne 1969). Podobnie w nasionach *Iris pseudoacorus* już we wczesnym stadium rozwoju rozpoczyna się gromadzenie lipidów (Olszewska, Gabara, Konopska, Mikulska 1969). Po 32—40 dniach po kwitnieniu procent lipidów w odniesieniu do suchej masy nasienia osiągnął wartość około 20%. W tym czasie skład kwasów tłuszczowych we frakcji lipidowej przyjmował stałą wartość. Kwasy tłuszczowe zostały wykryte w rozpuszczalnej frakcji białkowej (Rinne 1967, 1969). Lokalizacja syntezy kwasów tłuszczowych związana jest z tą frakcją. Stwierdzono to w odniesieniu przede wszystkim do nasion soi, a następnie *Carthamma tinctorius* i ry cynusa (McMahon, Stumpf 1966; Yamada, Stumpf 1964; Rinne 1969). Zdaniem niektórych autorów (Mietlickij i Korablewa 1965 cyt. Kulka, Sobieraj 1969) znaczne ilości lipidów występują w nasionach będących w stanie spoczynku głębokiego i gromadzą się w komórkach na powierzchni protoplazmy w postaci otoczki, co powoduje izolowanie protoplastów poszczególnych komórek

i zahamowanie ich funkcji życiowych. Po ustąpieniu spoczynku zawartość lipidów w nasionach maleje (Kulka, Sobieraj 1969).

Badania z zastosowaniem  $^3\text{H}$  wykazały, że we wczesnych etapach kiełkowania ogromną rolę w procesach biochemicznych odgrywają aminokwasy, a zwłaszcza kwas asparaginowy, glutaminowy i alanina, które włączają  $^3\text{H}$  już przez pierwsze 20 minut kiełkowania (Spedding, Wilson 1968). Grzesiuk i Kulka (1960) prowadząc badania na jęczmieniu, pszenicy, owsie i życie stwierdzili, że dojrzałe ziarno w zależności od gatunku i odmiany zawiera 10—12 wolnych aminokwasów. Dokładniejsze analizy pozwalają wykryć nawet do 20 wolnych aminokwasów. W znacznych ilościach występują one w nasionach niedojrzałych i kiełkujących (Grzesiuk, Kulka 1960; Grzesiuk, Sójka 1961). Największa ich liczba zlokalizowana jest w zarodku. Występują tam głównie: kwas glutaminowy, kwas asparaginowy, alanina, arginina, asparagina, seryna, walina, leucyna, kwas  $\gamma$ -aminomasłowy, glicyna i inne w mniejszych ilościach (Grzesiuk, Kulka 1960). W pierwszym okresie rozwoju nasion *Vicia faba* od zapylenia do głównego formowania się endospermu charakteryzuje się wysoką zawartością wolnych aminokwasów takich, jak: leucyna, walina, kwas  $\gamma$ -aminomasłowy, alanina, treonina, kwas glutaminowy, kwas asparaginowy i arginina (Grzesiuk, Mierzwińska, Sójka 1962). Podobnie Kołobkova (1958) wykryła największe ilości wolnych aminokwasów w zarodkach kukurydzy w okresie dojrzałości młecznej. Duża zawartość wolnych aminokwasów w pierwszych kilkunastu dniach jego rozwoju wiąże się z intensywnymi przemianami materii. Aminokwasy dopływające do woreczka zalążkowego nie mogły być od razu zużyte przez tworzące się bielmo i proembrion. Istotny spadek ilości wolnych aminokwasów zachodził dopiero podczas tworzenia się zarodka (Grzesiuk i Kulka 1960). W soku wodniczki rozwijającego się endospermu orzecha kokosowego stwierdzono spadek ilościowy takich wolnych aminokwasów, jak: kwas glutaminowy, kwas asparaginowy, seryna i asparagina. Wykryto także mniejsze ilości treoniny, alaniny, kwasu  $\gamma$ -aminomasłowego, proliny, waliny, argininy i tryptofanu oraz śladowe ilości tyrozyny,  $\beta$ -alaniny, lizyny, histydyny, leucyny, izoleucyny i metioniny (Baptist 1963). W tym okresie rozwoju ziarna wolne aminokwasy zużywane były w znacznej mierze do syntezy związków konstytucyjnych zarodka i warstwy aleuronowej (Grzesiuk, Kulka 1960). Po zakończeniu procesu formowania się zarodka, w okresie głównego nagromadzenia się materiałów zapasowych zawartość wolnych aminokwasów obniża się jeszcze w większym stopniu (Grzesiuk, Mierzwińska, Sójka 1962). Prócz tego Kołobkova (1958) stwierdziła bardzo duże ilości proliny w zarodku przy całkowitym jej braku w endospermie. Można to tłumaczyć albo szybkim wykorzystaniem proliny w endospermie w procesie syntezy białek, albo jej szczególną rolą w organach reprodukcyjnych. Przy dojrzewaniu zarodka zachodzi w nim obniżenie zawartości wszystkich aminokwasów. Niektóre z nich zanikają całkowicie, inne pozostają w ilościach śladowych. Inaczej w endospermie: nawet przy dojrzałym w pełni zarodku zostaje jeszcze duża ilość wolnych aminokwasów np. arginina, kwas glutaminowy i to w dosyć dużych koncentracjach

(Kołobkowa 1958). Podczas wysuszania ziarna aminokwasy i większość asparaginy znikają (Crocker i Barton 1957).

Wraz ze zmianami w zawartości wolnych aminokwasów i amidów w dojrzewających nasionach występują również zmiany w zawartości białek. W 28 dni po zapyleniu w endospermie kukurydzy rozpoczyna się faza intensywnej syntezy białek (Ingle, Beitz, Hageman 1965). Stwierdzono to także w przypadku rozwoju ziarna pszenicy (Graham i inni 1962) i nasion *Vicia faba* (Briarty i inni 1969). Drugi etap wzrostu zawartości białek przypada na okres około 40 dni po zapyleniu wskazuje on na produkcję białek zapasowych. Ogólnie ustalono, że różne białka syntetyzowane są w różnych stadiach rozwojowych i że synteza białek zapasowych przypada głównie na późniejsze fazy rozwoju (Ingle, Beitz i Hageman 1965). Danielson (1952), analizując dojrzewające nasiona grochu w 4 różnych stadiach wykazał, że ilość azotu białkowego wzrasta, a azotu niebiałkowego maleje. To samo stwierdzili Grzesiuk, Mierzwińska i Sójka (1962) w przypadku nasion *Vicia faba*. Z tym jednak, że największy wzrost azotu białkowego przypadał na początkowy okres intensywnego rozwoju zarodka. Briarty i inni (1969) stwierdzili, że pod koniec III fazy rozwoju nasion *Vicia faba* (35—90 dni po kwitnieniu) tworzą się ciała białkowe najpierw w komórkach powierzchniowych liścienia w postaci małych granulek, a następnie w całym organie w znacznej liczbie naokoło wakuol. Podobne tworzenie się ciał proteinowych stwierdził Opik (1968) w rozwijającym się nasieniu *Phaseolus vulgaris*, a Graham i inni (1962) w ziarnach pszenicy. Z tym jednak, że w przypadku fasoli białka w mikroskopie elektronowym ukazują się w postaci kłaczkowatych tworów (Opik 1968). Nie ma też dowodu na to, aby przypuszczać, że tworzenie się ciał białkowych zachodzi wewnątrz plastydów (Morton, Raison 1963). Ciałom białkowym wyizolowanym z endospermu ryżu towarzyszyły lipidy, fosfolipidy, RNA oraz niewielkie ilości kwasu nikotynowego i składników popielnych (Mitsuda i inni 1969). W rozwijającym się endospermie pszenicy Jennings i inni (1963) zaobserwowali, że ciała białkowe są często osadzone w strukturze lamelli membran lipoproteinowych i niektóre struktury lipoproteinowe są integralną częścią ciał białkowych. Można przypuszczać, że istnieją różne typy ciał białkowych w endospermie ryżu w zależności od ich składu, struktury i funkcji biologicznej (Mitsuda i inni 1969). Klimienko i Lieonow (1967) wykazali, że głównym składnikiem białkowym nasion *Cicer arietinum* są globuliny składające się z 4 frakcji uzyskanych na drodze elektroforezy. W czasie dojrzewania nasion kukurydzy najpierw pojawiają się gluteliny, potem globuliny i albuminy, a na końcu zeina (Kołobkowa 1958). Globuliny i gluteliny w nasionach kukurydzy są syntetyzowane z jednakową prędkością w ciągu całego okresu wzrostu. Zeina syntetyzowana jest szczególnie intensywnie w okresie dojrzewania (Zeleni 1935 cyt. Kołobkowa 1958). W okresie dojrzewania zarodków kukurydzy obserwuje się procesy przeciwne do tych, które zachodzą w czasie dojrzewania endospermu. W zarodkach kukurydzy przeważają globuliny i zawartość ich zwiększa się w procesie dojrzewania. W dojrziałych zarodkach stwierdzono również dosyć dużą ilość albumin. Wysoka zawartość

glutelin w fazie mlecznej dojrzałości obniża się znacznie do okresu pełnej dojrzałości. W endospermie natomiast główną masę białek stanowią gluteliny, których ilość zwiększa się w trakcie dojrzewania, a zawartość globulin i albumin znacznie opada. Zmiana ta zaczyna się od fazy dojrzałości mlecznej (Kołobkova 1958). Badania Danielsona (1952) wykazały, że 2/3 końcowej ilości globulin są syntetyzowane w pierwszej połowie okresu dojrzewania nasion grochu. Ilość albumin natomiast wzrasta powoli lecz systematycznie. Poza tym frakcja albumin jest syntetyzowana i rozkładana zupełnie niezależnie od frakcji globulin. Prócz tego Danielson (1952) stwierdził, że stosunek wicylin do legumin zmniejsza się w procesie dojrzewania. Wicylina tworzona jest przed leguminą już w czasie pierwszego etapu procesu dojrzewania grochu (Danielson 1952). Kashiya (1969) badając globuliny nasion soi wykazał, że mają one charakter glikopeptydów.

Zmiany w zawartości białek w trakcie rozwoju nasion znalazły swoje odbicie w poziomie N-ogólnego. W procesie dojrzewania nasion grochu procentowa zawartość azotu ogólnego systematycznie wzrasta (Grzesiuk, Mierzwińska, Sójka 1962). Natomiast w nasionach *Vicia faba* utrzymuje się ona na prawie równym poziomie z nieznacznymi jedynie odchyleniami. Pod koniec formowania się zarodka ilość N ogólnego nieco obniża się i poziom ten utrzymuje się mniej więcej do pełnej dojrzałości nasienia (Grzesiuk, Mierzwińska, Sójka 1962). We wczesnych fazach rozwoju ziarna kukurydzy zawartość N ogólnego jest wysoka. Tłumaczy się to tym, że tkanki ziarna w tym okresie posiadają młode cienkościenne komórki wypełnione protoplazmą. Dalszy spadek zawartości azotu całkowitego wiąże się z energicznym odkładaniem w ziarnie cukrowców (Kołobkova 1958). W związku z tym ilość N ogólnego odnoszona do wzrastającej suchej masy ulega znacznym zmianom.

Z zagadnieniem syntezy białek wiąże się ściśle problem kwasów nukleinowych. Stwierdzono, że w nasionach w trakcie rozwoju zawartość różnych form RNA ulega dużym zmianom. Należy przy tym zaznaczyć, że w miarę dojrzewania nasion RNA coraz trwalej wiązuje się ze strukturami protoplazmy. Ilość RNA i DNA w przeliczeniu na 100 ziaren pszenicy i owsa wzrasta w miarę ich rozwoju i osiąga maksimum w fazie dojrzałości woskowej (Grzesiuk 1967). Jednak analizy przeprowadzone oddzielnie dla bielma i zarodka wykazały, że synteza RNA i DNA w zarodkach trwa do końca dojrzewania ziarna (Chang i Chong 1963), w bielmie natomiast przebiega wolniej i kończy się w fazie dojrzałości woskowej (Grzesiuk 1967). Kulka i Sobieraj (1969) wykazali, że biosynteza DNA w zarodkach trwa do 16 dnia spoczynku ziarna, a RNA do 24. Serano i Morales (1967) stwierdzili, że RNA i DNA w zarodkach ziaren pszenicy osiągają najwyższy poziom w stanie spoczynku. Wheeler i Boulter (1967) wykazali w nasionach *Vicia faba* znaczny wzrost RNA między 35 a 50 dniem po zakończeniu okresu kwitnienia. Natomiast Ingle, Beitz i Hageman (1965) wykazali, że maksymalny poziom RNA i DNA przypada na okres około 28 dni po zapyleniu, po czym wartość RNA gwałtownie spada. Zdaniem Wollgiehna (1959) w okresie tworzenia się nasion grochu i fasoli ilość RNA i DNA wzrasta do momentu dojrzałości woskowej. Najszybsze jednak

tempo biosyntezy kwasów nukleinowych cechuje najmłodsze nasiona oraz młode liścienie, a w miarę rozwoju liścieni i strąków *Vicia faba* stwierdza się w nich spadek poziomu RNA i DNA w odniesieniu do suchej masy. W zarodkach natomiast poziom DNA wzrasta niemal do końca rozwoju nasion (Kulka, Sójka 1966). Występowanie kwasów nukleinowych w nasionach wiąże się nie tylko z ich rozwojem. Część tych związków odkłada się w nasionach w postaci substancji zapasowych, które zostają zużyte w początkowym okresie kiełkowania (Ingle, Hageman 1965; Ingle, Beevers i Hageman 1964; Göran 1969). Niektórzy autorzy uważają, że przerwanie głębokiego spoczynku organów roślinnych uwarunkowane jest nagromadzeniem się w tkankach merystematycznych odpowiedniej ilości kwasów nukleinowych i związków makroergicznych typu ATP (Olney, Pollock 1960).

Niniejsza praca daje tylko częściowo obraz przemian metabolicznych jakie zachodzą w procesie rozwoju. Stanowi ona częściowe podsumowanie tego co wykazały dotychczasowe badania na temat zawartości w rozwijających się nasionach takich podstawowych związków, jak: cukry, tłuszcze, aminokwasy, białka, kwasy nukleinowe. Powyższe zestawienie wykazuje, że badania w tym zakresie są jeszcze mało zaawansowane, prowadzone są głównie analizy podstawowe, brak natomiast szczegółowych. Poza tym warto byłoby wyniki badań biochemicznych opierać na osiągnięciach cyto- i histochemicznych, które wyjaśniłyby związek między przemianami strukturalnymi i biochemicznymi komórki.

*Katedra Fizjologii Roślin Uniwersytetu Łódzkiego*

#### LITERATURA

- Baptist N. G., 1963. *Free amino-acids in the endosperm of the developing coconut (Cocos nucifera)*. J. Exp. Bot., 14, 29—41.
- Briarty L. G., Coult D. A., Boulter D., 1969. *Protein bodies of developing seeds of Vicia faba*. J. Exp. Bot., 20, 63, 358—72.
- Chang Chong W., 1963. *Incorporation of phosphorus-32 in to nucleic acids during embryo development of barley*. Nature, 198, 4886, 193—216.
- Crocker W., Barton L. V., 1957. *Physiology of seeds, USA*.
- Danielson C. E., 1952. *A contribution to the study of the synthesis of the reserve proteins in ripening pea seeds*. Acta Chem. Scand. 6, 149—159.
- Danielson C. E., 1959. *Chemical analyses of ripening peas*. Physiol. Plant., 12, 176—182.
- Forman M., Jensen W. A., 1965. *Respiration and embryogenesis in Cotton*. Plant Physiol., 40, 4, 765—69.
- Göran O., 1969. *Studies on deoxyribonucleotide synthesis in Vicia faba*. Physiol. Plant. 22, 1, 161—170.
- Graham J. S., Jennings D. A. C., Morton R. K., Palk B. A., Rason J. K., 1962. *Protein bodies and protein synthesis in developing wheat endosperm*. Nature 196, 967—69.
- Grzesiuk S., 1958. *O pewnych własnościach fizjologicznych rozwoju embrionalnego roślin uprawnych*. Postępy Nauk Roln., 4, 52, 49—60.
- Grzesiuk S., 1967. *Fizjologia nasion*. PWRiL, Warszawa.
- Grzesiuk S., Kulka K., 1960. *Wolne aminokwasy dojrzewającego ziarna zbóż*. Roczn. Nauk Roln. 83, 2, 243—258.

- Grzesiuk S., Mierzwińska T., Sójka E., 1962. *K fizjologii i biochemii rozwoju siemian kormowych bobow.* Fizjol. Rast., 9, 6, 682—92.
- Grzesiuk S., Rejowski A., 1960. *Studia nad fizjologią ziarna kukurydzy zwykłej (Zea mays ssp. indurata).* Roczn. Nauk Roln. 81, 137—175.
- Grzesiuk S., Sójka E., 1961. *Studia nad fizjologią dojrzewających nasion bobiku (Vicia faba L. ssp. minor).* Roczn. Nauk Roln. 83, 4, 735—70.
- Ingle J., Beevers L., Hageman R. H., 1964. *Metabolic changes associated with the germination of corn. I. Changes in weight and metabolites and their redistribution in the embryo axis, scutellum and endosperm.* Plant Physiol., 39, 735—40.
- Ingle J., Beitz D., Hageman R. H., 1965. *Changes in composition during development and maturation of maize seeds.* Plant Physiol., 40, 835—39.
- Ingle J., Hageman R. H., 1965. *Metabolic changes associated with the germination of corn. II. Nucleic acid metabolism.* Plant Physiol. 40, 48—53.
- Jennings A. C., Morton R. K., Palk B. A., 1963. *Cytological studies of protein bodies of developing wheat endosperm.* Aust. J. Biol. Sci., 16, 366—74.
- Jensen W. A., 1965. *The ultrastructure and histochemistry of the synergids of cotton.* Amer. J. Bot., 52, 328—56.
- Kashiyama J., 1969. *Isolation of a glycopeptide from a 7S protein in soybean globulins.* Archives Biochem. Biophys., 130, 1—2, 370—73.
- Klimienko W. G., Lieonow G. B., 1967. *Wlianie fazy szorieniania i rastworitelnej na bielki siemian nuta (Cicer arietinum L.).* Dokł. Akad. Nauk SSSR, 172, 1, 218—21.
- Kołobkowa E. W., 1958. *Azotistyj obmien szorieniających siemian kukuryzy.* Dokł. Akad. Nauk SSSR, 120, 4, 907—10.
- Kulka K., Sobieraj B., 1969. *Cukry i związki fosforowe w procesie posprzętnego dojrzewania ziarna jęczmienia jarego (Browarny PZHR).* Acta Soc. Bot. Pol., 38, 1, 93—102.
- Kulka K., Sójka E., 1966. *Zmiany ilościowe kwasów nukleinowych w dojrzewających nasionach i strączynach bobiku (Vicia faba L. ssp. minor).* Roczn. Nauk Roln. 92, 2, 251—63.
- Kuran H., Marciniak K., 1969. *Badania cytochemiczne woreczka zalążkowego Lilium regale w różnych fazach rozwoju.* Acta Soc. Bot. Pol., 38, 1, 83—92.
- McMahon V., Stumpf P. K., 1966. *Fat metabolism in higher plants. XXVI. Biosynthesis of fatty acids in tissues of developing seeds and germinating seedlings of safflower (Carthamna tinctorius L.).* Plant Physiol., 41, 148—56.
- Mikulska E., Gabara B., Olszewska M. J., 1967. *Ultrastruktura bielma jądrowego i komórkowego u Iris pseudoacorus we wczesnych okresach rozwoju.* Acta Soc. Bot. Pol., 36, 699.
- Mitsuda H., Murakami K., Kusaro T., Yasumoto K., 1969. *Fine structure of protein bodies isolated from rice endosperm.* Archivs Biochem. Biophys., 130, 678—80.
- Morton R. K., Raison J. K., 1963. *A complete intercellular unit for incorporation of amino acids into storage protein utilizing ATP generated from phytate.* Nature 200, 429—33.
- Olney H. O., Pollock B. M., 1960. *Studies of rest period. Nitrogen and phosphorus metabolism changes in embryonic organs of after ripening cherry seed.* Plant Physiol., 35, 6, 970—75.
- Olszewska M. J., Gabara B., 1966. *Recherches sur les cytokinèses dans l'endosperme d'Iris pseudoacorus et d'Iris sibirica. I. Les cytokinèses au cours du développement de l'endosperme.* Acta Soc. Bot. Pol., 35, 4, 557—73.
- Olszewska M. J., Gabara B., Konopska L., Mikulska E., 1969. *Referat na sympozium Cyto-, Histochemików w Warszawie.*
- Opik H., 1968. *Development of cotyledon cell structure in rapening Phaseolus vulgaris seeds.* J. Exp. Bot., 19, 64—76.
- Polimietowa F. A., Mamonow L. K., 1967. *O postupienii plasticzeskich wieszczestw w razwiwajuszcziesia ziarno pszenicy.* Fizjologia Rast., 14, 1, 29—37.



- Pritchard H. N., 1964a. *A cytochemical study of embryo sac development in Stellaria media*. Amer. J. Bot., 51, 371—78.
- Pritchard H. N., 1964b. *A cytochemical study of embryo development in Stellaria media*. Amer. J. Bot., 51, 472—79.
- Prokofiew A. A., Kholodowa W. P., 1959. *Owodiennost i sozriewanie siemian*. Fizjol. Rast., 6, 190—96.
- Rejowski A., 1961. *Fizjologia i biochemia dojrzewającego ziarna pszenicy I. Morfologia rozwoju oraz fizjologiczne właściwości dojrzewającego ziarna*. Roczn. Nauk Roln., 85, 2, 293—306.
- Rijven A. H. G. C., Cohen R., 1961. *Distribution of growth and enzyme activity in the developing grain of wheat*. Aust. J. Biol. Sci., 14, 552—66.
- Rinne R. W., 1967. *The synthesis of fatty acids from <sup>14</sup>C-acetate in developing soybean cotyledons*. Plant Physiol., 42, 36.
- Rinne R. W., 1969. *Biosynthesis of fatty acids by a soluble extract from developing soybean cotyledons*. Plant Physiol., 44, 1, 89—94.
- Ryczkowski M., 1960a. *Observations on the osmotic value of the control vacuole sap in Haemanthus katherinae Bak ovule*. Bull. Acad. Polon. Sci. Ser. sci. biol., 8, 143—48.
- Ryczkowski M., 1960b. *Investigations on viscosity and surface tension of the central vacuole sap in the Haemanthus katherinae Bak. ovule*. Bull. Acad. Polon. Sci., Ser. sci. biol., 8, 149—54.
- Ryczkowski M., 1960c. *Changes of the osmotic value during the development of the ovule*. Planta, 55, 343—56.
- Ryczkowski M., 1960d. *Changes of the viscosity of the central vacuolar sap during the development of the ovules*. Planta, 55, 357—64.
- Ryczkowski M., 1964. *Sugars and osmotic value of the sap surrounding the embryo in developing ovules (dicotyledonous perennial plants)*. Acta Soc. Bot. Pol., 33, 397—406.
- Ryczkowski M., 1966. *Niektóre fizyko-chemiczne i fizjologiczne problemy rozwoju zalążka i zarodka (rośliny jedno- i dwuliścienne)*. Praca habilitacyjna. Kraków.
- Serano M., Morales C., 1967. *Nucleic acid content and viability of wheat seeds*. Rev. Espan. Fizjol., 34, 4, 227—35.
- Singh R. P., 1968. *Structure and development of seeds in Euphorbiaceae: Melanthesa ramnoides Wt.* Beitr. Biol. Pflanzen, 45, 127—33.
- Spedding D. J., Wilson A. T., 1968. *Studies of the early reactions in the germination of Sinapis alba seeds*. Phytochemistry, 7, 6, 897—901.
- Wellington P. S., 1956. *Studies on the germination of cereales*. Ann. Bot., 22, 105—120.
- Wheeler C. T., Boulter D., 1967. *Nucleic acids of developing seeds of Vicia faba L.* J. Exp. Bot., 18, 229—40.
- Wilson K. S., Cutter V. M., 1952. *The distribution of acid phosphatases during development of the fruit of Cocos nucifera*. Amer. J. Bot., 39, 57—58.
- Wollgiehn R., 1959. *Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen Nucleinsäure und Eiweißstoffwechsel in reifenden Samen*. Flora Allg. Bot. Zeit., 148, 3, 479—83.
- Yamada M., Stumpf P. K., 1964. *Enzymatic synthesis of ricinoleic acid by extracts of developing Ricinus communis L. seeds*. Biochem. Biophys. Res. Commun., 14, 165—71.