Mono- i oligosacharydy w procesie jaryzacji ziarna żyta ozimego (*Secale cereale* L.)

*Mono- and oligosaccharides in vernalization process of winter rye
(Secale cereale L.) grains*

ST. GRZESIUK, K. KULKA

WSTĘP

Problem wpływu niskich temperatur na cykl ontogenetyczny roślin był przedmiotem licznych badań (por. Whyte 1946, Chouard 1960, Razumow i Olejnikowa 1959). Pomimo to zagadnienie mechanizmu jaryzacji pozostaje nadal nie wyjaśnione. Zdaniem Razumowa i Olejnikowej (1959) w dociekaniach tych wyróżnić można trzy kierunki. Pierwszy koncentruje się na badaniu biochemicznych przemian, które towarzyszą procesom jaryzacji. Dane z tego okresu wskazują, że przebieg tego procesu związany jest ze wzrostem aktywności enzymów oksydacyjnych i hydrolitycznych (Reifer, Kleczkowska, Solecka 1956, Czajłachjan 1958, Fleischmann 1959, Kleczkowski, Mazurkiewicz, Nowicki 1959, Nikołajewa 1959). Równocześnie w jaryzowanym zarodku zwiększa się ilość wolnych aminokwasów (Błagowieszczeńskij, Iwanowa Kiryłowa 1957), rozpuszczalnych białek (Błagowieszczeńskij i inni 1957, Razumow i Olejnikowa 1959, Uzami 1956), cukrowców (Gregory i Purvis 1938, Purvis 1944, 1947, Razumow 1957, Czajłachjan 1958, Chouard 1960) oraz kwasu askorbinowego (Nikołajewa 1959, Razumow i Olejnikowa 1959).

W tkance merystematycznej wierzchołka wzrostu gromadzą się także znaczne ilości nukleoproteidów oraz kwasu rybonukleinowego, nieco mniej zaś kwasu dezoksyrybonukleinowego (Konarijew 1954, Razumow i Olejnikowa 1959, Chouard 1960).

Drugi kierunek badań nad wyjaśnieniem procesów jaryzacji opiera się na poszukiwaniach hipotetycznych hormonów kwitnienia — flori-

genu, vernaliny, które pod wpływem jaryzacji winny powstawać w roślinach (Czajłachjan 1937, Melchers 1939).

Trzecia droga badań mechanizmu jaryzacji łączy perspektywę rozwiązania tego zagadnienia ze znalezieniem związków chemicznych, mogących zastąpić indukcję termiczną. Największe nadzieje są przy tym pokładane w działaniu witaminów i giberelin (Czajłachjan 1958, Czajłachjan i Chłopienkowa 1959). Jednak zdaniem Razumowa i Olejnikowej (1959) największe perspektywy rozwiązania zagadnienia ma pierwsza droga, tj. droga żmudnych badań metabolizmu roślin, zmienionego poprzez indukcję termiczną.

Od dawna wiadomo, że proces jaryzacji ziarna zlokalizowany jest w zarodku (Gregory i Purvis 1938, Gregory i De Ropp 1938). Jego przebieg w zarodkach izolowanych uzależniony jest jednak od zaopatrzenia ich przede wszystkim w cukrowce (sacharozę, glikozę) oraz w mniejszej mierze w związki azotowe (Gregory i De Ropp 1938, Purvis 1944, 1947, Proskuriakow i Strażewska-j 1954).

O całości przemian cukrowców w jaryzującym się ziarnie wiadomo jednak niewiele.

Na podstawie opublikowanych prac (Proskuriakow i Strażewska-j 1954, Krużylin i Szwedowska-j 1957, Valuta i Brad 1958, Fleischmann 1959) należy sądzić, że w wyniku jaryzacji w ziarnie zwiększa się ilość cukrowców redukujących oraz sacharozy. Zbliżone jednak wyniki dają analizy kielkującego ziarna nie jaryzowanego (Schmidhauser 1955, Koźmina i Kretowicz 1953, Wanner — 1958). Z tego też powodu praca niniejsza miała na celu prześledzenie dynamiki mono- i oligosacharydów w ziarnie żyta ozimego poddanego jaryzacji oraz w ziarnie kielkującym, nie jaryzowanym.

METODYKA

Jaryzacja. Ziarno żyta (odm. „Ludowe“) zadawano w szalkach Petriego wodą w ilości 33% jego masy i pozostawiano w temperaturze pokojowej (18—20°C) na przeciąg jednej doby. Następnie szalki przenoszono do szafy chłodniczej, gdzie w temperaturze +1 — +3°C odbywała się jaryzacja w ciągu 45 dni. Systematycznie co dwa dni szalki przewietrzano oraz uzupełniano w nich zawartość wody do 33%. Równocześnie w odstępach trzydniowych pobierano próby ziarna przeznaczone do analiz.

W celu uzyskania kontroli założono analogiczne doświadczenia w temperaturze pokojowej (+18 — +20°C). Jednak próby ziarna do analiz po-

bierano z tego doświadczenia codziennie. Wstępne obserwacje wykazały bowiem, że wzrost kiełków jaryzowanych w ciągu 45 dni odpowiada w przybliżeniu ich wzrostowi przy temperaturze $+18 - +20^{\circ}\text{C}$ w ciągu 15 dni (oczywiście przy tej samej wilgotności ziarna $= 33\%$). Obydwa doświadczenia założono w dwukrotnym powtórzeniu; w taki też sposób przeprowadzono analizy.

Próbki ziarna przeznaczone do analiz utrwalano parą wodną w sterylizatorze Kocha, po czym igiełkami oddzielano od bielma zarodki z tarczkami. Następnie materiał suszono w temperaturze 40°C , mielono w młynku domowym i przechowywano w hermetycznych naczyniach.

Ekstrakcję cukrowców, a także wolnych aminokwasów (praca w toku) oraz analizy chromatograficzne przeprowadzono według metodyki podanej wcześniej (Grzesiuk 1961b, Grzesiuk i Kulka 1960). Wprowadzona innowacja polegała jedynie na tym, że badany roztwór nanoszono przy pomocy mikropipetki w ilości $40\ \mu\text{l}$ (około 10 naniesień), a nie przy pomocy oczka platynowego. W takiej samej ilości nanoszono $0,5\%$ roztwory standartowe. Ilościowego określenia cukrowców dokonano na densytometrze Nachlaufsreiber 2 (wg Wilhelmiego).

Fruktozanów ilościowo nie określano z powodu braku próbek standartowych. Natomiast plamy rafinozy zacieraał obecność innych związków, co uniemożliwiało jej określenie przy pomocy densytometru. Względne wartości obu związków podano w tabelach według następującej skali: + ślady; ++ mało; +++ dość znaczna ilość; ++++ dużo; +++++ bardzo dużo.

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Porównanie tabel 1, 2, 3, 4 oraz chromatogramów (fig. 1, 2, 3) pozwala stwierdzić, że ani proces jaryzacji, ani też samo kiełkowanie nie wywołują w ziarnie istotnych zmian w składzie jakościowym jego cukrowców. W zarodkach zmiany te w ogóle nie są uchwytne przy pomocy chromatografii bibułowej. Przedstawione na fig. 3 chromatogramy obrazują więc zarówno cukrowce występujące w zarodkach ziarna jaryzowanego, jak i ziarna kiełkującego w temperaturze pokojowej. W bielmie i zarodkach występują następujące cukrowce: fruktoza, glikoza, sacharoza, maltoza, glikodifruktoza (wg Täufela i inni 1959), rafinoza oraz cukrowce nie określone, prawdopodobnie polifruktozany (Achunbajewa i Izchakowa 1961). Analogiczny skład cukrowców stwierdzono w dojrzewającym (Grzesiuk 1961b) oraz kiełkującym ziarnie (Kozmina i Kretowicz 1953, Schmidhauser 1955). W trakcie jaryzacji oraz kiełkowania zwiększa się w za-

Fig. 1. Chromatogram cukrowców bielma żyta jaryzowanego w temperaturze $+1 - +3^{\circ}\text{C}$. Liczby rzymskie — kolejne próby ziarna pobierane co trzy dni
St — Standardy: *F* — fruktoza, *G* — glikoza, *S* — sacharoza, *M* — maltoza, *Gd* — glikodifruktoza, *R* — rafinoza

Chromatogram of the saccharides of endosperms of vernalized (in temp. $+1 - +3^{\circ}\text{C}$) winter rye. Roman numerals — alternate samples taken every 3rd day
St — standarts: *F* — fructose, *G* — glucose, *S* — sucrose, *M* — maltose, *Gd* — gluco-diffructose, *R* — raffinose

Tabela 1

Zawartość cukrowców (w mg/ 100 g powietrzno-suchej masy) w bielmie żyta jaryzowanego w temp. $+1^{\circ} - +3^{\circ}\text{C}$

Contents of saccharides (in mg/100 g air — dry mass) in endosperms of vernalized (in temp. $+1 - +3^{\circ}\text{C}$). winter rye

Nr próby Samples	Ziarno <i>n</i> -dni jaryzowane <i>n</i> -day vernalized grain	Fruktoza Fructose	Glikoza Glicose	Sacharoza Sucrose	Maltoza Maltose	Glikodifruktoza Glicodiffructose	Rafinoza Raffinose
1	3	400	240	1160	480	+++	++
2	6	200	340	760	360	+++	+
3	9	200	280	800	440	+++	+
4	12	180	200	600	400	+++	+
5	15	104	120	600	440	+++	+
6	18	160	200	700	360	+++	+
7	21	140	200	560	440	+++	+
8	24	120	300	620	640	+++	+
9	27	176	400	920	600	+++	+
10	30	60	220	480	360	+++	+
11	33	120	240	520	400	+++	+
12	36	160	340	720	600	+++	++
13	39	128	420	740	680	+++	++
14	42	160	440	800	720	+++	++
15	45	240	560	880	960	+++	++

Fig. 2. Chromatogram cukrowców bielma żyta kielkującego w temperaturze +18 — +20°C. Liczby rzymskie — kolejne próby ziarna pobierane codziennie

St — standardy: F — fruktoza, G — glikoza, S — sacharoza, M — maltoza, Gd — gliko-difruktoza, R — rafinoza

Chromatogram of the saccharides of endosperms of germinated (in temp. +1 — +3°C) winter rye. Roman numerals — alternate samples taken evry day

St — standarts: F — fructose, G — glicose, S — sucrose, M — maltose, Gd — glicodi-fructose, R — raffinose

Tabela 2

Zawartość cukrowców (w mg/100 g powietrzno-suchej masy) w bielmie żyta kielkującego w temp. 18°—20°C

Contents of saccharides (in mg/100 g air-dry mass) in endosperms of germinated (in temp. +18 — 20°C) winter rye

Nr próby	Ziarno <i>n</i> -dni jary- zowane	Fruktoza	Glikoza	Sacharoza	Maltoza	Glikodi- fruktoza	Rafinoza
Samp- les	<i>n</i> -day ver- nalized grain	Fructose	Glicose	Sucrose	Maltose	Glicodi- fructose	Raffinose
1	3	200	372	1072	320	+++	+
2	6	240	480	1110	400	+++	+
3	9	240	520	1040	440	+++	+
4	12	220	480	984	640	+++	+
5	15	200	360	880	440	+++	+
6	18	240	560	960	800	+++	++
7	21	134	384	700	480	+++	++
8	24	160	480	1040	984	+++	++
9	27	240	504	800	1040	+++	++
10	30	200	480	920	880	+++	+++
11	33	240	660	960	880	+++	+++
12	36	200	520	960	960	+++	+++
13	39	240	660	1040	1000	+++	+++
14	42	220	500	840	800	+++	+++
15	45	160	520	800	800	+++	+++

Fig. 3. Chromatogram cukrowców z zarodków ziarna żyta kielkującego w temperaturze $+18 - +20^{\circ}\text{C}$. Liczby rzymskie — kolejne próby pobierane codziennie. *St* — standardy: *F* — fruktoza, *G* — glikoza, *S* — sacharoza, *M* — maltoza, *Gd* — gliko-di-fuktoza, *R* — rafinoza

Chromatogram of the saccharides of embryos of germinated (in temp. $+1 - +3^{\circ}\text{C}$) winter rye grain. Roman numerals — alternate samples taken every day. *St* — standards: *F* — fructose, *G* — glucose, *S* — sucrose, *M* — maltose, *Gd* — gluco-difuctose, *R* — raffinose

Tabela 3

Zawartość cukrowców (w mg/100 g powietrzno-suchej masy) w zarodkach żyta jaryzowanego w temp. $1^{\circ} - 3^{\circ}\text{C}$

Contents saccharides (in mg/100 g air-dry mass) in embryos of vernalized (in temp. $+1 - +3^{\circ}\text{C}$) winter rye

Nr próby Samples	Ziarno <i>n</i> -dni jaryzowane <i>n</i> -day vernalized grain	Fruktoza Fructose	Glikoza Glicose	Sacharoza Sucrose	Maltoza Maltose	Glikodi-fruktoza Glicodi-fructose	Rafinoza Raffinose
1	3	400	640	1640	400	++	+
2	6	600	600	1600	896	+++	+
3	9	468	552	1612	888	++	+
4	12	528	816	1536	960	++	+
5	15	528	1056	1716	968	++	+
6	18	288	624	2064	1056	++	+
7	21	360	480	1560	960	++	+
8	24	360	600	1560	720	++	+
9	27	480	960	1800	960	++	+
10	30	372	560	1596	680	++	+
11	33	480	1040	1720	1120	++	+
12	36	432	960	2112	1536	++	+
13	39	250	600	2400	1600	++	+
14	42	484	1388	2464	1672	++	+
15	45	324	720	1980	1152	++	+

rodkach, a zwłaszcza w bielmie, zawartość glikozy i maltozy (tabele 1, 2, 3, 4). Wzrost poziomu tych cukrowców jest prawdopodobnie wynikiem hydrolizy skrobi bielkowej. Jakkolwiek proces ten przebiega w ziarnie dość energicznie, to jednak ani glikoza, ani też maltoza nie gromadzą się w ilościach nadmiernych. Dzieje się tak dlatego, gdyż, powstająca w wyniku rozpadu skrobi — glikoza zużywana jest w bardzo intensywnym procesie syntezy sacharozy. Część tej ostatniej powstaje w bielmie, część druga natomiast tworzy się w tarczce, skąd rozprowadzana jest do pozostałych organów zarodka i następnie zużywana do procesów wzrostowych (Edelman, Skibko i Keys 1959).

Najbardziej charakterystyczną właściwością zarodków jest bardzo duża w nich zawartość sacharozy (por. fig. 3). Cecha ta jest jednak właściwa zarówno dla zarodków jaryzowanych, jak i nie jaryzowanych i związana jest raczej z samym procesem kiełkowania (Schmidhauser 1955, Wanner 1958). Pewne nieznaczne (i nieregularne) różnice ilościowe, występujące pomiędzy ilością poszczególnych cukrowców

Tabela 4

Zawartość cukrowców (w mg/100 g powietrzno-suchej masy) w zarodkach żyta kiełkowanego w temp. 18°—20°C

Contents of saccharides (in mg/100 air-dry mass) in embryos of germinated (in temp. +18 — +20°C) winter rye

Nr próby	Ziarno <i>n</i> -dni jaryzowane	Fruktoza	Glikoza	Sacharoza	Maltoza	Glikodi-fruktoza	Rafinoza
Samp-les	<i>n</i> -day ver-nalized grain	Fructose	Glicose	Sucrose	Maltose	Glicodi-fructose	Raffinose
1	3	280	440	1040	480	+	+
2	6	312	572	1664	520	+	+
3	9	388	520	2520	960	+	+
4	12	544	1040	2009	832	+	+
5	15	364	832	2444	832	+	+
6	18	312	780	2184	936	++	+
7	21	468	840	1776	744	++	+
8	24	376	648	1548	720	++	+
9	27	352	572	1452	744	++	+
10	30	536	1016	2196	1072	++	+
11	33	—	624	1716	936	++	+
12	36	440	800	1760	720	++	+
13	39	480	920	2080	640	++	+
14	42	440	880	2068	880	++	+
15	45	484	960	2368	1088	++	+

ziarna jaryzowanego oraz nie jaryzowanego, były spowodowane małą precyzją metody densytometrycznej oraz, być może, nierównoczesnym pęcznieniem poszczególnych ziarn.

Jedyną dostrzegalną różnicą pomiędzy cukrowcami bielma z ziarna jaryzowanego i kielkującego jest obecność w tym ostatnim trochę większej ilości rafinozy (tabela 1 i 2). Różnica ta wpływa chyba z bardziej szybkiego wykorzystywania przez jaryzujący się zarodek rafinozy do procesów oddychania beztlenowego oraz do jego ochrony przed ujemnym działaniem niskiej temperatury (Courtois 1959, Grzesiuk 1961a).

Od początku badań nad jaryzacją jej mechanizm związany jest z metabolizmem węglowodanowym. Część autorów (np. Łysenko 1952, Augsten 1956, Krużylin i Szwedskaja 1958, Valuta i Brad 1958, Awakjan 1960 i inni) uważa przy tym, że określone zmiany cukrowców w jaryzowanym ziarnie stanowią klucz do zrozumienia tego procesu. Takie stanowisko w świetle przedstawionych uprzednio wyników wydaje się nieuzasadnione. Bardziej słuszny wydaje się natomiast pogląd drugiej grupy badaczy (np. Gregory i De Ropp 1938, Purvis 1944, 1947, Razumow i Olejnikowa 1959, Nikołajewa 1959 i innych) twierdzących, że cukrowce w nasieniu są tylko niezbędnym czynnikiem warunkującym taki charakter przemiany materii, przy której możliwy jest proces jaryzacji.

Za poglądem tym przemawia również od dawna znany fakt, że jaryzacja może przebiegać tylko w nasionach kielkujących i pęczniących. Zarówno w procesie jaryzacji, jak i kielkowania dominującą rolę odgrywa najbardziej wszechstronny węglowodan — sacharoza (Grzesiuk 1961b).

W świetle tych danych przedstawione przez nas wyniki wskazują, że rejestrowane przez wielu autorów przemiany cukrowców, zachodzące podczas jaryzacji ziarna, są wynikiem pęcznienia i kielkowania, a nie samego procesu jaryzacji. Metabolizmu cukrowcowego nie można uważać zatem za specyficzny wskaźnik jaryzacji, lecz jedynie za czynnik umożliwiający ten proces.

STRESZCZENIE I WNIOSKI

W pracy niniejszej porównano przy pomocy chromatografii bibułowej przemiany cukrowcowe w ziarnie jaryzowanym i kielkującym (przy jednakowej wilgotności). Oddzielnie analizowano bielma i zarodki, pobierając próby ziarna jaryzowanego (w temperaturze $+1 - +3^{\circ}\text{C}$) co trzy dni oraz próby ziarna kielkującego w temperaturze $+18 - +20^{\circ}\text{C}$ codziennie.

Stwierdzono:

1. Przemiany cukrowcowe w ziarnie jaryzowanym oraz ziarnie kielkującym są, przy tej samej wilgotności, bardzo podobne. Jediną dostrzegalną różnicą jest nieznacznie większa ilość rafinozy w bielmie ziarna nie jaryzowanego.

2. Zarówno w bielmie, jak i zarodkach występują następujące cukrowce: fruktoza, glikoza, sacharoza, maltoza, glikodifruktoza, rafinoza oraz nie oznaczone polifruktozany. Wśród wymienionych związków dominuje sacharoza (szczególnie w zarodkach).

3. Podczas jaryzacji i kielkowania zwiększa się w bielmie i zarodkach ilość glikozy i maltozy. Zawartość pozostałych cukrowców nie ulega większym zmianom.

*Katedra Fizjologii Roślin
WSR w Olsztynie*

(Wpłynęło: dn. 12.VI.1961 r.)

SUMMARY

The saccharides metabolism, using paper chromatography, in vernalized and germinating rye grains (with the same water content) was compared. The endosperms and embryos were analysed separately taking each third day samples of vernalized grains (temp. 1–3°C) and daily the samples of germinating grains (temp. 18–20°C). Following results were obtained:

1. Saccharides metabolism is very alike in vernalized and germinating grains at the same humidity level. The only visible difference was a little higher amount of raffinose in the endosperms of not vernalized grains.

2. Both in endosperm and embryos following sugars are present: fructose, glucose, sucrose, maltose, glicodifructose, raffinose, and undetermined polyfructosans. Among those sugars sucrose is the most abundant (especially in embryos).

3. During vernalization and germination glucose and maltose are increasing in amount both in endosperms and embryos. The changes in the content of the other sugars are only small.

*Department of Plant Physiology,
High School of Agriculture,
Olsztyn*

(Received 12.VI.1961.)

LITERATURA

- Achunbajewa B. O., Izchakowa N. A., 1961, Fruktozany ziarna prężnicy, *Biochim.* 26 (1): 57–60.
- Augsten H., 1956, *Fermentaktivität und Atmung bei Sommergerste nach Kältebehandlung* das Saatgutes, Berlin.
- Awakjan A. A., 1960, *Biologia razwitija sielskochozajstwiennych rastienij*, Moskwa.
- Blagowieszczenskij A. W., Iwanowa J. J., Kiriłowa G. A., 1957, Azotistyj odmien w naczalnyje fazy razwitija siemian w usłowiach ochłodzienia, *Tezisy dokł. Wsies. bot. obszcz. 2* (wg Nikolajewy).

- Chouard P., 1960, Vernalization and its relations to dormancy, *Ann. Rev. Plant. Physiol.* (11): 191—238.
- Courtois J. E., 1959, Les oligosaccharides non reducteurs contenant du galactose. IV Intern. Congres of Biochem. 1: 140—159, London.
- Czajłachjan M. Ch., 1937, Gormonalnaja tieoria razwitija rastienij, Moskwa.
- Czajłachjan M. Ch., 1958, Osnownyje zakonomiernosti ontogeneza wysszych rastienij, Moskwa.
- Czajłachjan M. Ch., Chłopienkowa L. P., 1959, Wlijanie auksinow i witaminów na rost i razwytie rastienij pri ich obrabotkie gibberelinom, D.A.N. SSSR, 129 (2): 454—457.
- Edelman J., Skibko S. J., Keys A. J., 1959, The rolle of the scutellum of cereal seedlings in the synthesis and transport of sucrose, *J. Exptl. Bot.*, 10 (29): 178—189.
- Fleischmann L., 1959, Azione del freddo su alcuni aspetti biochimici ed enzimatici dei semi nel corso della germinazione, Nota I, *Ricerca scient* 29 (2): 287—294.
- Gregory F. G., Purvis O. N., 1938, Studies in vernalization of cereals II. The veralization of excised mature embryos, and of developing ears, *Ann. Bot. n.s.*, 2: 237—251.
- Gregory F. G., De Ropp R., 1938, Vernalization of excised embryos, *Nature* 142 (3593): 481—482.
- Grzesiuk St., 1961a, Studia nad fizjologią dojrzewającego ziarna zbóż, *Zeszyty Naukowe WSR w Olsztynie* 11, (104): 1—127.
- Grzesiuk St., 1961b, Cukrowce dojrzewającego ziarna zbóż, *Roczniki Nauk Rolniczych*, 83-A-4.
- Grzesiuk St., Kulka K., 1960, Wolne aminokwasy dojrzewającego ziarna zbóż, *Roczniki Nauk Rolniczych*, 82-A-2: 243—276.
- Kleczkowski K., Mazurkiewicz Z., Nowicki W., 1959, Aktywność enzymów syntetyzujących i rozkładających sacharozę w procesie jarowizacji kapusty wczesnej odmiany Ditmarska, *Hod. Roślin Aklimat. i Nasien.* 3 (2): 153—172.
- Konariew W. G., 1954, Wlijanie jarowizacji na powiedienije nukleoproteidow i nukleinowych kislót w zarodyszach zlakow, *Biochim.* 19 (2): 131—136.
- Koźmina N. P., Kretowicz W. L., 1953, *Biochemia ziarna zbóż i jego przetworów*, Warszawa.
- Krużylin A. S., Szwedzskaja Z. M., 1957, Izmienienije sodierzanijsa sacharow w processie jarowizacji dwuchletnich rastienij, D.A.N. SSSR 117 (5): 870—873.
- Krużylin A. S., Szwedzskaja Z. M., 1958, Jarowizacja izolowanych poczek dwuchletnich rastienij w sacharnych rastworach, D.A.N. SSSR, 121 (3): 561—564.
- Łysenko T. D., 1952, Stadijnoje razwytie rastienij, Moskwa.
- Melchers G., 1939, Die Blüh hormone, *Ber. Deutsch. Bot. Gesel.* 57: 29—48.
- Nikołajewa M. G., 1959, O prirodie diejstwija poniżennoj tiemperatury na siemiena. Z książki: Itogi i pierspiektywy issledowanij razwitija rastienij, 137—147, Moskwa.
- Proskuriakow N. J., Strażewskaja N. B., 1954, Ugliewodnofosfornyj obmien w zarodyszach i endospermach ozimój pszenicy w processie jarowizacji, *Biochim. ziarna* 2: 147—160.
- Purvis O. N., 1944, Studies in the vernalization of cereals. VIII. The rolle of carbohydrate and nitrogen supply in the vernalization of excised embryos of Petkus winter rye, *Ann. Bot. n.s.* 8: 285.

- Purvis O. N., 1947, Studies in the vernalization of cereals. X. The effect of depletion of carbohydrates on the growth and vernalization response of excised embryos, *Ann. Bot. n.s.* 11: 269.
- Razumow W. J., Olejnikowa T. W., Jordanow J. T., 1954, Znaczenie pitania i rosta dla processa jarowizacji, *Fizjologia rast.* 1 (1): 73—80.
- Razumow W. J., 1957, K itogam issledowanij po teorii stadienogo razwitija. *Agrobiologia* 5: 89—100.
- Razumow W. J., 1959, Dwadcat' pjat' liet teorii stadijnogo razwitija. Z książki: *Itogi i perspektivy issledowanij razwitja rastienij*, Moskwa, 34—49.
- Razumow W. J., Olejnikowa T. W., 1959, Sowremiennoje sostojanie issledowanij po jarowizacji. Z książki: *Nasledstwiennost' i izmiennezowost' rastienij, ziwotnych i mikroorganizmow*, 2, Moskwa.
- Reifer J., Kleczkowska D., Solecka M., 1956, Badania nad wpływem jaryzacji na aktywność niektórych enzymów w pszenicach ozimych, *Acta Biochim. Polon.* 3 (1): 41—53.
- Schmidhauser T., 1955, Natur und Verteilung der löslichen Kohlenhydrate im ruhenden und keimenden Gerstenkorn, *Ber. Schweiz. Bot. Gesel.* 65: 302—342.
- Täufel K., Romminger K., Hirschfeld W., 1959, Oligosacharide von Getreide und Mehl, *Z. f. Lebensmittel — Untersuchung und Forschung* 109 (1): 1—12.
- Uzami Sojczire, 1956, O biochimizeskich izmienenijach w siemienach pszenicy w stadii jarowizacji, *Izw. A.N. SSSR. ser. biol.* (4): 97—98.
- Valuta Gh., Brad J., 1958, Studial unor procese biochimice ce an loc in timpul jarovizarii griulmi de toamna A 15, *Comun. Acad. R.P.R.* 8, (7): 691—701.
- Wanner H., 1958, Mobilisierung der Kohlenhydrate bei der Keimung. 935—951. Z książki: *Handbuch der Pflanzenphysiologie*, Red. Ruhland t. 6, Berlin.
- Whyte R. O. 1946, *Crop production and environment*, London.