

JAN JERZY STANISLAWSKI

## WPLYW NISKICH I PODWYŻSZONYCH TEMPERATUR W OKRESIE KIEŁKOWANIA NA PROCESY ROZWOJOWE ROŚLIN OZIMYCH

Rośliny ozime wymagają w okresie kiełkowania i wschodów całego kompleksu różnych warunków zewnętrznych, decydujących o procesach wzrostu i rozwoju. Podczas kiełkowania zachodzą bowiem liczne przemiany metaboliczne warunkowane wpływem środowiska zewnętrznego (Prokopienko, 1927; Sisakian; Korapetjan i Kobjakova, 1949; Rubin, 1952; Sisakian, 1952; Blaim 1954, 1955; Gavriloła, 1954; Sisakian i Vasiljeva, 1954; Czajłachjan i Bojarkina, 1955; Rubin, Czernavina i Michiejeva, 1955, Omarov, 1956; Sokołova, 1956; Szułyndin, 1957; Semenko, 1957).

Z szeregu czynników wpływających w okresie kiełkowania na rozwój roślin, na szczególną uwagę zasługuje temperatura i światło. Pierwsze dane odnośnie zapotrzebowania form ozimych w początkowym okresie rozwoju na niskie temperatury dostarczył w roku 1836 Edwards i Colina (Napp-Zinn, 1961) a następnie w 1857 roku Klippart wykazał, że z licznych warunków zewnętrznych decydujący wpływ wywiera temperatura (Chouard 1960). Łysenko w swej teorii stadialnego rozwoju roślin stwierdza, że formy ozime wymagają jaryzacji, który to proces Whyte i Hudson określają terminem vernalizacji (Napp-Zinn 1961).

Należy zauważyć, że jaryzacja (vernalizacja) posiada dwojakie znaczenie. Po pierwsze określa samo zapotrzebowanie roślin na niskie temperatury przy odpowiednim udziale innych czynników (wilgotność, dostęp tlenu) a po wtóre wyraża procesy zachodzące w roślinach w wyniku tego działania (Hänsel, 1953).

Liczne badania wykazały, że okres jaryzacji jest niezbędnym etapem rozwoju ontogenetycznego form ozimych, który decyduje o procesach prowadzących do zakwitania (Hänsel, 1953, Chouard, 1960, Napp-Zinn 1961).

Przedział temperatur wymaganych dla prawidłowego przebiegu jaryzacji leży w granicach od  $-6^{\circ}\text{C}$  do  $+15^{\circ}\text{C}$ . Przyjmuje się jednak, że przebiega ona najkorzystniej w zakresie temperatur od  $0^{\circ}\text{C}$  do  $+3^{\circ}\text{C}$  (Hänsel, 1953, Napp-Zinn, 1961). Stwierdzono również, że w trakcie jaryzacji konieczna jest przede wszystkim stała temperatura, oraz że dla jaryzacji podkiełkowanych nasion niezbędne są inne przedziały temperatur niż dla jaryzacji roślin zielonych. O ile optimum termiczne dla jaryzacji nasion podkiełkowanych leży w granicach od  $0^{\circ}\text{C}$  do  $+3^{\circ}\text{C}$ , o tyle optimum

dla jaryzacji zielonych roślin leży w przedziale zbliżonym do  $+10^{\circ}\text{C}$  (Markowski i Kloska, 1957 a i b).

Innym ważnym czynnikiem decydującym o jaryzacji jest czasokres działania niskich temperatur. Łomagin (1955) stwierdza, że im dłuższa jaryzacja, tym szybciej przechodzą rośliny do fazy generatywnej. Słaboński (1949) uważa natomiast, że długość okresu jaryzacji jest kwestią odmianową. Dzieli on krajowe pszenice ozime na trzy zasadnicze grupy o okresie jaryzacji: krótkim (20 dniowym), średnim (40 dniowym) i długim (60 dniowym). Markowski i Barbaro (1956) wykazali jednak, że zapotrzebowanie pszenic ozimych na niskie temperatury nie jest bynajmniej kwestią odmianową, w ścisłym tego słowa znaczeniu, gdyż poszczególne biotypy różnią się między sobą stopniem jarości czy ozimości. Według wymienionych autorów, maksymalny okres jaryzacji pszenic ozimych zawarty jest w granicach od 65 do 75 dni.

Na proces jaryzacji znaczny wpływ wywiera również światło. Należy jednak stwierdzić, że o ile w odniesieniu do niskich temperatur istnieją pewne wspólne kryteria, o tyle w odniesieniu do wpływu światła na proces jaryzacji spotykamy w literaturze wręcz sprzeczne stanowiska. Przyczyną tego jest niewątpliwie fakt, że wpływ światła związany jest z trzema zasadniczymi parametrami a mianowicie: z natężeniem światła, z barwą światła, warunkowaną składem widmowym, oraz z czasokresem długości dnia i nocy. Te trzy zmienne parametry, które w różnych badaniach nad wpływem światła na jaryzację mogły podlegać zmianie, są niewątpliwie jedną z przyczyn rozbieżności poglądów odnośnie wpływu światła na jaryzację.

Jak wskazuje Purvis (1934) kielkujące w niskiej temperaturze ( $+1^{\circ}\text{C}$ ) zboża ozime reagują na długość dnia tak samo jak typowe rośliny długiego dnia. Współdziałanie bowiem temperatury i światła w okresie kiełkowania decyduje o procesach wzrostu i rozwoju roślin. Dalsze badania Purvis i Gregory (1937) wykazały, że żyto ozime *Petkus* po czternastotygodniowym okresie jaryzacji w ciemności nie różniło się zakwitaniem od żyta jarego *Petkus*. Przy równoczesnym jednak działaniu niskiej temperatury i krótkiego dnia (dziesięciogodzinnego), okres jaryzacji zmniejszył się do sześciu tygodni, a przedłużanie jaryzacji opóźniało kwitnienie. Podobne rezultaty uzyskał Voss (Napp-Zinn, 1961) stwierdzając, że światło ciągłe a nawet dziesięciogodzinny dzień przyspiesza jaryzację form ozimych.

Obok doświadczeń wskazujących na współdziałanie temperatury i światła w procesie jaryzacji spotykamy również stanowiska przeciwne reprezentowane przez Kinney i Saudo jak również Stelznera i Hartischa (Napp-Zinn 1961) stwierdzające, że światło nie wywiera najmniejszego wpływu na jaryzację roślin ozimych.

Wpływ temperatur na procesy rozwojowe, w okresie kiełkowania i wschodów ozimych form, nabiera jednak pełnego znaczenia dopiero przy deveralizacji. W chwili obecnej brak jeszcze w słownictwie polskim powszechnie przyjętego terminu określającego deveralizację. W literaturze spotykamy takie określenia jak: odjaryzowanie, rozjaryzowanie, odwrócenie jaryzacji, odwrócenie rozwoju itp. Wydaje się jednak, że żaden z cytowanych tu terminów nie oddaje ani samej istoty

zjawiska, ani też skutków, jakie ono za sobą pociąga, stwarza natomiast prawdopodobieństwo powstawania daleko idących nieporozumień.

Możliwość wywołania devernalizacji u roślin uprzednio jaryzowanych staje się problemem szczególnie ważnym z tego względu, że w pewnym stopniu zaprzecza jednokierunkowości ontogenetycznego rozwoju roślin. Devernalizację uzyskuje się w wyniku zastosowania temperatur podwyższonych bezpośrednio po jaryzacji przebiegającej w niskich temperaturach, w następstwie czego rośliny nie przechodzą z fazy wegetatywnej do generatywnej.

Po raz pierwszy Łojkin (Crocker i Barton, 1957) zauważył, że rośliny ozime poddane bezpośrednio po jaryzacji działaniu podwyższonej temperatury ulegają devernalizacji. Następnie Tetjurev (Purvis, 1961) wykazał, że zjaryzowane pszenice, poddane przez okres czterech dni działaniu podwyższonej temperatury ( $+35^{\circ}\text{C}$ ), nie przechodziły do fazy generatywnej. Krótszy natomiast wpływ bodźca termicznego (dwudniowy) wywoływał jedynie opóźnienie kłoszenia. Jefejkin (Purvis, 1961) stwierdził, że nawet trzydniowe działanie, podwyższonej temperatury ( $+35^{\circ}\text{C}$ ) po jaryzacji, wstrzymywało rozwój roślin.

Stwierdzono również, że zjaryzowane formy ozime mogą być po okresie działania podwyższonej temperatury ( $+35^{\circ}\text{C}$ ), powtórnie jaryzowane i wówczas przechodzą do fazy reproduktywnej na równi z jednokrotnie jaryzowanymi roślinami kontrolnymi (Jefejkin 1947). Również Purvis (1948) stwierdza, że rośliny po devernalizacji mogą być ponownie jaryzowane i wówczas przechodzą bez zakłóceń do fazy generatywnej.

Doświadczenia te sugerują, że po okresie jaryzacji form ozimych w niskich temperaturach można, devernalizacyjne następcze działanie podwyższonych temperatur, zniwelować zupełnie przez ponowne zastosowanie temperatur niskich. Przyjmując, że w okresie jaryzacji zachodzą w roślinach procesy rozwojowe, które przez działanie podwyższonych temperatur można wstrzymać, czy też cofnąć a przez ponowną jaryzację powtórnie przywrócić, wyłania się prawdopodobieństwo, że procesy rozwojowe przestają mieć charakter jednokierunkowy.

Badania Purvis i Gregory (1937 i 1952) wskazują, że w następstwie jaryzacji zmniejsza się liczba liści (u żyta ozimego Petkus) z dwudziestu pięciu do szesnastu lub nawet siedmiu, podczas gdy w wyniku devernalizacji zwiększa się liczba liści, w porównaniu z roślinami jaryzowanymi, lecz nie devernalizowanymi. Według nich możliwość wywołania zmian morfologicznych w wyniku devernalizacyjnego działania podwyższonej temperatury, stosowanej bezpośrednio po jaryzacji niskotemperaturowej, jest dowodem odwracalności procesu jaryzacji.

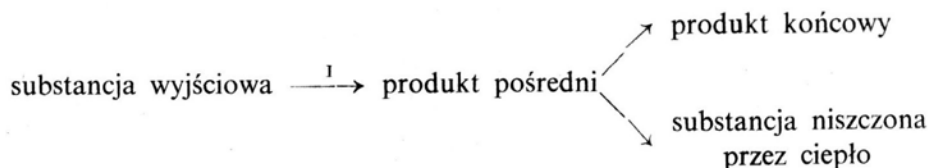
Istnieje jednak szereg danych eksperymentalnych, które rzucają zupełnie odmienne światło na devernalizację. Przede wszystkim należy wymienić tu dalsze wyniki doświadczeń cytowanych już autorów. Wskazują one, że devernalizacyjne działanie podwyższonej temperatury, uniemożliwiające w następstwie przejście roślin z fazy wegetatywnej do generatywnej, posiada ściśle określone granice. Wskazują na to badania Gregory i Purvis (1948) stwierdzające, że żyto ozime (Petkus) jaryzowane przez sześć tygodni ulega devernalizacji w wyniku czterodniowego dzia-

łania podwyższonej temperatury (+35°C). Żyto jaryzowane jednak przez dwanaście tygodni okazało się już zupełnie nie wrażliwe na deveralizację. Kolejne badania Purvis i Gregory (1952) dowiodły, że ośmiotygodniowa jaryzacja (żyta ozimego Petkus) była już zupełnie nieodwracalna. Jefejk in zaobserwował również, że deveralizacja pszenic ozimych uprzednio jaryzowanych była możliwa tylko do czasu osiągnięcia przez rośliny fazy trzeciego liścia (Hänsel, 1953).

Wylania się więc zasadnicze pytanie, jaka jest przyczyna nieodwracalności dłuższej jaryzacji, o ile jaryzacja byłaby odwracalna. Na to pytanie nie znajdujemy żadnej definitywnej odpowiedzi.

Awakian i Jastrieb (1952) sądzą, że deveralizacji podlegają jedynie rośliny, które nie ukończyły jaryzacji. Rośliny takie wysiewane w warunkach niższych temperatur (od +5°C do +15°C) kończą jaryzację w polu. O ile jednak poddane zostaną działaniu podwyższonej temperatury (od +30°C do +35°C) nie posiadają warunków na ukończenie jaryzacji i z tego względu nie kłoszą się lub kłoszą się z opóźnieniem. Według nich raz zjaryzowane rośliny ozime nie podlegają deveralizacji nawet po dziesięciodniowym działaniu podwyższonej temperatury. Podobne stanowisko zajmuje Razumow (1955). Wreszcie Purvis i Gregory (1952) i Purvis (1961) wskazują, że rośliny zjaryzowane ulegają deveralizacji w tym mniejszym stopniu, im dłuższa była uprzednia jaryzacja.

Cytowane tu dane świadczą, że w procesie jaryzacji form ozimych występują pewne granice, po przekroczeniu których jaryzacja ulega stabilizacji i podwyższone temperatury nie wywołują deveralizacji (Napp-Zinn, 1961). Powyższy pogląd wyraził uprzednio Lang (1951) — zdaniem którego proces jaryzacji przebiega według następującego schematu:



Schemat ten ilustruje, że przy dokładnym ustaleniu długości okresu jaryzacji, w którym powstaje w roślinach produkt końcowy jaryzacji, deveralizacja jest już niemożliwa.

Praktycznie jednak dokładne ustalenie końca jaryzacji natrafia na pewne trudności. Jak wskazują Awakian i Jastrieb (1952), w celu wyznaczenia długości okresu jaryzacji dla pewnej formy ozimej przyjąć należy minimalny okres jaryzacji, zapewniający równoczesne przechodzenie roślin z fazy wegetatywnej do generatywnej z kombinacjami jaryzowanymi maksymalną liczbą dni. Kryterium to jest jednak niewystarczające. Wiadomo bowiem, że dla określenia długości okresu indukcji świetlnej (stadium świetlne), przyjmuje się również minimalny okres przebywania roślin w warunkach określonej długości dnia, który zapewnia przechodzenie ich do reprodukcji (Razumow, 1955). Przechodzenie roślin do fazy generatywnej jest zatem wykładnikiem zarówno odpowiednich warunków jaryzacji, jak i warunków

panujących po jaryzacji. Biorąc teraz pod uwagę fakt, że przeważnie rośliny po jaryzacji uprawiane są w warunkach naturalnych, podlegających wpływowi kompleksu zmiennych warunków środowiska zewnętrznego działających na rozwój roślin, staje się zrozumiała trudność dokładnego wyznaczenia końca jaryzacji, bowiem nie przechodzenie roślin do fazy generatywnej jest wykładnikiem całego zespołu warunków panujących w trakcie wegetacji roślin. Trudność tę można oczywiście ominąć przy uprawie roślin w fitotronach, w których procesy rozwojowe przebiegają w ściśle określonych i znanych warunkach, ustalonych przez eksperymentatora.

Obok poglądów sugerujących devernalizację roślin w wyniku nie ukończonej jaryzacji, spotykamy jeszcze inne stanowiska. Lang i Melchers (Purvis, 1961) dowiedli bowiem, że kilkudniowe przebywanie roślin zjaryzowanych w temperaturze  $+20^{\circ}\text{C}$  czyni je odpornymi na działanie podwyższonej temperatury ( $+30^{\circ}\text{C}$ ), podczas gdy analogiczna temperatura stosowana bezpośrednio po jaryzacji wywołała devernalizację. Następnie Purvis i Gregory (1952) wskazują, że nawet częściowa jaryzacja ulega stabilizacji, o ile bezpośrednio po niej rośliny utrzymywano przez kilka dni w temperaturze od  $+12^{\circ}\text{C}$  do  $+15^{\circ}\text{C}$ . Również Hänel (1953) podkreśla, że krótki czasokres wegetacji roślin w temperaturze  $+15^{\circ}\text{C}$  bezpośrednio po jaryzacji, stabilizuje efekt tego procesu.

Stabilność jaryzacji niskotemperaturowej można zatem uzyskać albo przez przedłużanie okresu jaryzacji, względnie po krótkiej jaryzacji, przez umieszczenie roślin w temperaturze od  $+15^{\circ}\text{C}$  do  $+20^{\circ}\text{C}$  na okres trzech do piętnastu dni (Napp-Zinn, 1961). Dane te wskazują wyraźnie na wpływ gradacji temperatur w okresie kiełkowania i wschodów form ozimych, na ich dalszy rozwój ontogenetyczny.

Należy jednak zauważyć, że doświadczenia, w wyniku których stwierdzono możliwość devernalizacji roślin przy stosowaniu podwyższonych temperatur bezpośrednio po jaryzacji, były prowadzone w ciemności. Nieliczne natomiast prace, w których badano wpływ podwyższonych temperatur na zjaryzowane formy ozime przy równoczesnym udziale światła nie wykazały devernalizacji (Awakian i Jastrieb, 1952, Napp-Zinn, 1961). Fakty te, aczkolwiek bardzo nieliczne, wydają się mieć ogromną wagę, wskazują bowiem na znaczną rolę światła podczas devernalizacji. Mechanizm jednak interakcji temperatury i światła podczas devernalizacji nie został dotychczas wyjaśniony (Hillman, 1963).

Badania nad devernalizacją budzą jednak często wątpliwość ze względu na samą stronę metodyczną przeprowadzonych doświadczeń. Na przykład Jefejkina (1947) umieszczał zjaryzowane ziarno pszenicy w szklanym naczyniu, nakrywał bibułą filtracyjną zanurzoną w wodzie i szczelnie nakrywał drugim naczyniem, poddając je następnie przez okres sześciu dni, w ciemności, działaniu podwyższonej temperatury (od  $+36^{\circ}\text{C}$  do  $+37^{\circ}\text{C}$ ). Metoda ta wydaje się być bardzo wątpliwa - z tego względu, że rośliny przy dostatecznej wilgotności wykazują w podwyższonej temperaturze silny wzrost a przestrzeń zamknięta między dwoma naczyniami nie zapewnia absolutnie elementarnych warunków fizjologicznych dla prawidłowego wzrostu roślin.

Szereg badaczy, jak Awakian i Jastrieb (1952), czy też Purvis i Gregory (1952) rozwiązała tę kwestię metodyczną, poddając zjaryzowane rośliny działaniu podwyższonej temperatury w glebowych czy też piaskowych kulturach wazonowych. Samo jednak natychmiastowe zastosowanie podwyższonych temperatur, bezpośrednio po jaryzacji niskotemperaturowej, budzi wątpliwości z tego względu, że bardzo daleko odbiega od stopniowej zmiany temperatury, jaka występuje naturalnie w przyrodzie do której dostosowane są rośliny w swym rozwoju filogenetycznym.

Wyłania się przeto zasadnicze pytanie, czy deveralizację termiczną nie należy uważać za wpływ nie sprzyjającej temperatury stosowanej w okresie kiełkowania i wschodów zjaryzowanych roślin na ich dalszy rozwój ontogenetyczny. W świetle cytowanych prac różne fakty eksperymentalne wydają się wskazywać na różną interpretację tego problemu.

Należy zauważyć, że deveralizacyjne działanie podwyższonej temperatury jest następstwem wpływu gwałtownych różnic temperatur rzędu  $30^{\circ}\text{C}$ , nie obserwowano deveralizacyjnego bowiem działania czynnika termicznego przy stopniowej gradacji temperatur tj. od  $0^{\circ}\text{C}$  do  $+3^{\circ}\text{C}$  podczas jaryzacji, przez  $15^{\circ}\text{C}$  do  $20^{\circ}\text{C}$  w ciągu trzech do piętnastu dni, a następnie podwyższonej temperatury  $+30^{\circ}\text{C}$  do  $+35^{\circ}\text{C}$  (Napp-Zinn, 1961).

Jak wskazuje Went (1961) dla każdego etapu rozwoju roślin istnieją odmienne minima i maksima temperatur. Wpływ określonej temperatury na organizm roślinny pociąga za sobą przede wszystkim zmiany metaboliczne. Nie ulega wątpliwości, że niskie temperatury jaryzacyjne wywołują równocześnie głębokie zmiany metaboliczne (Purvis i Gregory, 1937; Purvis, 1944; Michajłowa, 1949; Oparin i Zjenczenko, 1949; Sisakian, 1952; Lauza, 1953; Gawiłowa, 1954; Pilet, 1954; Szkolnik i Stiełowa, 1955; Dadykin, 1956; Reifer, Kleczkowska i Solecka, 1956; Kentzer, 1960a i b; Michniewicz, 1961; Czajłachjan i Łożnikowa, 1962). Również podczas działania podwyższonej temperatury na rośliny uprzednio zjaryzowane, zachodzą w nich odmienne zmiany biochemiczne, niż u roślin nie poddanych działaniu podwyższonej temperatury (Staniślawski, 1963, 1964a, b, c). Wynika stąd, że w różnych temperaturach zachodzą w roślinach odmienne procesy biochemiczne. Według Wenta (1961) w różnych temperaturach zachodzą w roślinach indywidualne reakcje kierujące.

Nie bez znaczenia jest fakt, że w rozwoju filogenetycznym przystosowują się rośliny do określonej gradacji temperatur. Powstaje jednak pytanie, czy formy ozime przystosowane są do przeskoków temperatur rzędu  $30^{\circ}\text{C}$ , jakie wywołuje się w badaniach nad deveralizacją, stosując temperatury podwyższone rzędu od  $+30^{\circ}\text{C}$  do  $+35^{\circ}\text{C}$  natychmiast po jaryzacji roślin w temperaturach niskich zawartych mniej więcej w przedziale od  $0^{\circ}\text{C}$  do  $+3^{\circ}\text{C}$ . Jak wskazują badania Markowskiego i Kloski (1957a i b) gwałtowne przeskoki z temperatur dodatnich do kilkostopniowych mrozów działają szkodliwie na rośliny, wymagające stopniowego przejścia temperatur.

Cytowane badania przeprowadzone nad wpływem podwyższonych temperatur stosowanych bezpośrednio na zjaryzowane rośliny, wydają się wskazywać nie na

odwracalność jaryzacji, lecz na szkodliwe działanie podwyższonych temperatur, stosowanych bezpośrednio po jaryzacji, na ontogenetyczny rozwój roślin. Bardzo przekonującą interpretację devernalizacji spotykamy w artykule Listowskiego (1954) wskazującego między innymi, że działanie wysokich temperatur na zjaryzowane uprzednio rośliny pociąga za sobą niemożliwość ujawnienia się skutków jaryzacji niskotemperaturowej.

Problem devernalizacji staje się jednak interesujący z jeszcze innego punktu widzenia. Jak wiadomo jaryzację, jak i stratyfikację niskotemperaturową można u szeregu roślin zastąpić działaniem gibereliny lub łącznym wpływem gibereliny i odpowiedniej długości dnia (Chouard, 1960; Remy, 1961). Wyłania się przeto pytanie, czy działanie podwyższonych temperatur na rośliny jaryzowane nie na drodze termicznej, wywoła również efekt devernalizacji. Na to pytanie brak jest jeszcze odpowiedzi a przecież można spodziewać się, że właśnie tego typu badania mogą wnieść dużo do ostatecznego rozwiązania problemu devernalizacji.

Z przedstawionych tu danych wynika, że udział temperatury i światła w okresie kiełkowania i wschodów roślin ozimych wymaga jeszcze licznych badań zarówno fizjologicznych jak i biochemicznych, celem ustalenia właściwej roli tych czynników w ontogenetycznym rozwoju roślin.

#### LITERATURA

- Awakian A., Jastrieb M., 1952, O nieodwracalności procesów stadialnych, Post. Wiedzy Rolniczej, Seria Przekładów 5: 7—18.
- Blaim K., 1954, Potencjały oksydoredukcyjne kiełkujących pszenic ozimych i jarych. Roczniki Nauk Rolniczych, 68-A-2, 3: 539.
- Blaim K., Studia nad biochemią kiełkującego ziarna pszenic ozimych i jarych. Roczniki Nauk Rolniczych, 72-A-1: 9—37.
- Chouard P., 1960, Vernalization and its relations to dormancy. Annual Review of Plant Physiology 11: 191—238.
- Crocker N., Barton L. V., 1957, Physiology of seeds, Waltham, Mass U.S.A.
- Czajłachjan N. Ch., Bojarkina A. N., 1955, Vlijanije dliny dnia na aktywność okislitielnych fiernientov v rastienijach. Doklady Akad. Nauk SSSR, 105, 3: 592—595.
- Czajłachjan N. Ch., Łożnikova V. N., 1962, Gibberellinopodobnyje vicesstva i jarovizacji rastielnij. Fizjoł. Part. 9(1): 21—31.
- Dadykin W. P., 1956, Ob obrazovanii aminokislot v kornjach pszenicy pri izolirowannom pitanii v niskoj temperature v zonie korniej, Doklady Akad. Nauk SSSR, 106, 5: 923—926.
- Gavriłova N. N., 1954, Fermenty jarovizirujemych i prorastajuszczich siemian, Trudy Saratovsk. Zootechn. Wet. 5: 154—156 (Ref. Żurnał 1956, 8: 106).
- Gregory F. G., Purvis O. N., 1948, Reversal of vernalisation by high temperature, Nature, 161: 859—860.
- Hänsel N., 1953, Vernalisation (Jarovisation, Kältestimmung) Forschungsergebnisse und ihre Verwertung in Pflanzenbau, Samenbau und Pflanzenzüchtung (Übersicht), Zeitschrift für Pflanzenzüchtung, 32, 233—274.
- Hillman W. S., 1963, The physiology of flowering, New York.
- Jefejkina A. K., 1947, K voprosu ob obratimosti procesa jarovizacji, Doklady Akad. Nauk SSSR, 56, L: 95—97.
- Kentzer T., 1960a, Dynamika regulatorów wzrostu w procesie jaryzacji pszenicy ozimej «Leszczyńska

- Wczesna», Cz. II. Zmiany zawartości auksyn wolnych i związanych w procesie jaryzacji, *Zeszyty Naukowe U. M. K., Biologia IV*, 6: 31—46.
- Kentzer T., 1960b, Dynamika regulatorów wzrostu w procesie jaryzacji pszenicy ozimej «Leszczyńska Wczesna, Cz. III Analiza chromatograficzna regulatorów wzrostu w procesie jaryzacji nasion w początkowym okresie wzrostu pszenicy ozimej. *Zeszyty Naukowe U. M. K., Biologia, IV*, 6: 47—63.
- Lang A., 1951, Untersuchungen über das Kältebedürfnis von zweijährigen *Hyoscyamus niger*, *Der Züchter*, 21, 7/8: 241—243.
- Lauza F., 1953, Contributo allo studio della jarovizzazione di alcuni triticum. Nota I. *Ricerche agrobiologiche* 7, 6: 1887—1906 (Ref. *Żurnal* 1955, 17: 107).
- Listowski A., 1954 «Dewernalizacja» czyli o tzw. odwracalności rozwoju. *Postępy Nauk Rolniczych*, 6, 30: 20—24.
- Lomagin A. G., 1955, Izmenienije stadijnoj charakteristiki ozimych zlakov pod vlijaniem rozlicznych faktorov, *Doklady Akad. Nauk SSSR*, 104, 1: 147—149.
- Markowski A. i Barbaro A., 1956, Studia nad rozwojem pszenic. Cz. I Rozwój pszenic w różnych warunkach termicznych i świetlnych, zależny od przedsięwej jarowizacji i terminu siewu w czteroletnich doświadczeniach polowych, *Roczniki Nauk Rolniczych*, 73-A-1: 43—73.
- Markowski A. i Kloska K., 1957a, Studia nad rozwojem pszenic. Cz. II 3-letnie doświadczenia wazonowoszkłarniowe nad kształtowaniem się fazy generatywnej pszenicy ozimej w zależności od przebiegu jaryzacji w naturalnych warunkach jesienno-zimowych, *Rocznik Nauk Rolniczych*, 77-A-1: 1—38.
- Markowski A., Kloska K., 1957b, Studia nad rozwojem pszenic Cz. III Wpływ podwyższonych temperatur na kształtowanie się pierwszych faz rozwoju generatywnego pszenicy ozimej i jarej. *Roczniki Nauk Rolniczych*, 77-A-1: 39—64.
- Michajłowa L. W., 1949, K voprosu ob obmienie vieszczestv u rastenii pri prechożdenii stadii jarovizacji. *Doklady Akad. Nauk SSSR*, 64, 6: 857—860.
- Michniewicz M., 1961, Wpływ jaryzacji na zawartość kwasu askorbinowego u pszenic ozimych, *Acta Agrobot. X*, 2: 119—131.
- Napp-Zinn K., 1961, Vernalization und verwandte Erscheinungen, *Handbuch der Pflanzenphysiologie*, XVI: 24—59, Berlin. Göttingen. Heidelberg.
- Omarov D. S., 1956, Vlijanije osiennich uslovij na sovderzanije rastvorimych uglevodov v jarovoj pszenice izmieniajemoj v ozimuju. *Doklady Akad. Nauk SSSR*, 109, 1: 217—220.
- Oparin A. J., Zjenczenko V. A., 1949, Napravlenost diejstvija fietmentov i vlijanije na nie jarovizacji. *Probl. Biochimii v Mcz. Biologii*, 1: 81—91.
- Pilet M. P., 1954, Croissance et Rhizogenese des Racines de Plantules Vernalisees et role du froid sur les auxines et leurs precurseurs dans les graines et les Racines, *Rev. Gen. de Botanique*, 61, 729: 637—664.
- Prokopenko N. E., 1927 K voprosu ob izucenii koliczestva fermientov v prorastajuszczej ozimoi i jarovoj pszenice. *Nauczno Agronom. Żur.* 5, 6: 347—354.
- Purvis O. N., 1934, An analysis of the influence of temperature during germination on the subsequent development of certain winter cereals and its relation to the effect of length of day. *Annals of Bot.*, XLVIII: 919—955.
- Purvis O. N., Gregory F. G., 1937, Studies in vernalisation of cereals I. A comparative study of vernalisation of Winter Rye by low temperature and by short days, *Annals of Bot.*, I: 569—591.
- Purvis O. N., 1944, Studies in the vernalisation of cereals VIII. The role of carbohydrate and nitrogen supply in the vernalisation of excised embryos of Petkus winter rye, *Annals of Bot.* VIII: 285—314.
- Purvis O. N., 1948, Studies in vernalisation XI. The effect of date sowing and of excising the embryo upon the responses of Petkus winter rye to different periods of vernalisation treatment, *Annals of Bot.*, XII: 183—206.
- Purvis O. N., Gregory F. G., 1952, Studies in vernalisation XII. The reversibility by high temperature of the vernalised conditions in Petkus winter rye, *Annals of Bot.*, XVI: 1—2.
- Purvis O. N., The physiological analysis of vernalisation, *Encyclopedia of Plant Physiology*, XVI: 76—117, Springer — Verlag Berlin. Göttingen. Heidelberg.



- Rasumov W., 1955, Środowisko a właściwości rozwoju roślin, P. W. R. i L., Warszawa.
- Reifer I., Kleczkowska D., Solecka K., 1956, Badania nad wpływem jaryzacji na aktywność niektórych enzymów w pszenicach ozimych. *Acta Biochem. Pol.* III 1: 41—53.
- Remy P., 1961, Recherches physiologiques sur la maturation des graines d'arbres fruitiers à noyau. Station de recherches d'arboriculture fruitiere, d'analogie et de Viticulture Augers. *An. Amelier. Plantes*, 11, 2: 113—298.
- Rubin B., 1952, Rola procesów enzymatycznych w stosunkach między rośliną a środowiskiem zewnętrznym, *Problemy Biochemii*, P. W. R. i L., Warszawa.
- Rubin B., Czernavina L. A., Michiejeva A. W., 1955, Vlijaniye svieta na aktivnosť citochromooksidazy, *Doklady Akad. Nauk SSSR*, 105, 5: 1039—1041.
- Semenko G. J., 1957, K provraszczeniju nukleinovych kislot pri prerostanii i sozrevanii siemian, *Fizjologija Rastenij* 4, Z 4: 332.
- Sisakjan N. M., Koropetjan V. K., Kobjakova 1949, Napravlennost fermentativnogo prevraszczenija uglevodov nasledstviennio jarovych form pszenic izmieniennych v nasledstviennio ozimyje formy, *Problemy Biochimii v Miczurinskoj Biologii*, 1: 102—112.
- Sisakjan N. M., 1952, Przemiana materii przy kierunkowym zmienianiu natury roślin, *Problemy Biochemii PWR i L* 103—124.
- Sisakjan N. M., Vasiljeva N. A., 1954, Okislitielno vostonovitielnyje processy u tvirdych i miagkich pszenic, *Biochimija*, 119, 6: 730—737.
- Słaboński A., 1949, Doświadczenia z jarowizacją pszenicy ozimej prowadzone w Rolniczym Zakładzie w Gorzowie Wielkopolskim, *Post. Wiedzy Rolniczej*, 3, 4: 168.
- Sokolova S. M., 1956, K charakteristike osobiennostiej ozimych i jarovych pszenic. *Doklady W. A. S. Ch. N. i L.*, 12: 15—21.
- Stanisławski J. J., 1963, Wpływ podwyższonej temperatury na niektóre procesy biochemiczne w okresie kielkowania i wschodów pszenic. Cz. I. Wpływ podwyższonej temperatury na aktywność katalazy, *Acta Agrobot.* XIII: 5—26.
- Stanisławski J. J., 1965a, Wpływ podwyższonej temperatury na niektóre procesy biochemiczne w okresie kielkowania i wschodów pszenic Cz. II. Wpływ podwyższonej temperatury na aktywność peroksydazy. *Acta Agrobot.* (w druku).
- Stanisławski J. J., 1965b, Wpływ «devernalizacji» wywołanej czynnikiem termicznym na niektóre procesy biochemiczne w okresie kielkowania i wschodów pszenic. Cz. I. Wpływ podwyższonej temperatury na zawartość kwasu 3-indoliloctowego. *Zeszyty Naukowe UMK (VIII— w druku).*
- Stanisławski J. J., 1965c, Wpływ «devernalizacji» wywołanej czynnikiem termicznym na niektóre procesy biochemiczne w okresie kielkowania i wschodów pszenic. Cz. II. Wpływ podwyższonej temperatury na zawartość witaminu C. *Zeszyty Naukowe UMK (VIII — w druku).*
- Szkolnik M. J., Stieklowa M. M., 1955, Znaczeniej fosfora, bosa i pieriekisi vodoroda dla prochozdienija stadij jarovizacji ozimych rastenij, *Doklady Akad. Nauk SSSR*, 100, 3: 591—594.
- Szułyndin A. T., 1957, Zavisimost zimosojkosti sortov pszenicy ot nakoplenija azota i sacharov rastenijami v osienni pieriod, *Doklady Akad. Siel. Nauk Z.* 3: 25.
- Went F. W., 1961, Temperature, *Encyclopedia of Plant Physiology*, XVI: 1—22, Springer Verlag, Berlin. Göttingen. Heidelberg.