

BOLESŁAW SUSZKA

Studia nad spoczynkiem i kiełkowaniem nasion różnych gatunków z rodzaju *Prunus* L.

I. Wstęp	221
II. Materiał i metody	223
III. Część eksperymentalna	225
1. Stratyfikacja ciepło-chłodna	225
2. Ustępowanie spoczynku nasion podczas stratyfikacji cie- plo-chłodnej w zależności od początkowej zawartości wody	231
3. Kiełkowanie nasion	237
a) Kiełkowanie nasion w temperaturach stałych	238
b) Kiełkowanie nasion w temperaturach cyklicznie zmien- nych	243
4. Spoczynek wtórny	247
IV. Dyskusja	258
V. Wnioski	274

I. WSTĘP

Nasiona różnych gatunków z rodzaju *Prunus* L. (*sensu lato*), pochodzących ze strefy klimatu umiarkowanego, wymagają dla skiełkowania zaistnienia ściśle określonych warunków. Chodzi tu o możliwość nieograniczonego pobierania wody z otoczenia, o dostęp tlenu i o warunki ciepłne, umożliwiające ustąpienie spoczynku, zlokalizowanego w stożku wzrostu pędu (Flemion i Waterbury 1945). Łączne oddziaływanie wymienionych powyżej czynników przez określony okres czasu umożliwia podjęcie aktywnego wzrostu przez korzeń i pęd zarodkowy, a zatem skiełkowanie nasienia. Z przeglądu obszernej literatury (Suszka 1962) wynika, że podstawowym sposobem zapewniającym zarówno likwidację stanu spoczynku nasion, jak i równoczesne przewyciężenie spoczynku zarodków pozostaje dla gatunków z podrodziny *Prunoideae* nadal naturalna czy sztuczna stratyfikacja w odpowiednich warunkach termicznych.

Dla pobudzenia nasion różnych gatunków z rodzaju *Prunus* L. do kiełkowania zalecana jest powszechnie stratyfikacja chłodna w temperaturach nieco wyższych od 0°C. Z przeglądu literatury związanej z tym zagadnieniem wynika, że wnioski i zalecenia poszczególnych autorów są niekiedy zgodne lub zbliżone, niekiedy jednak zupełnie odmienne i sprzeczne

(Suszka 1962). Skuteczność chłodnej stratyfikacji jest zazwyczaj niewielka, po niej lub podczas niej kiełkuje zwykle tylko część nasion (Suszka 1962, 1964b). Inne sposoby mające ją zastąpić a opracowane dla nasion gatunków pestkowych to: stratyfikacja w lodzie (Bołotskij 1954), stratyfikacja w cyklicznie zmiennej temperaturze (Hilkenbäumer 1936, Hildebrandt 1959), stratyfikacja chłodna z następującym po niej zamrażaniem pestek Hildebrandt 1959, Wenjaminow i Dołmatowa 1959, Wenjaminow i Jusubow 1959), wreszcie stratyfikacja ciepło-chłodna, podczas której normalną stratyfikację chłodną poprzedza stratyfikacja ciepła w temperaturze 20—30°C. W przypadku nasion gatunków z rodzaju *Prunus* L. tę ostatnią metodę zalecano dla nasion 3 gatunków: *Prunus padus* L., *P. pennsylvanica* L. i *P. pumila* var. *susquehanae* Jaeg. (Woody-Plant Seed Manual 1948). Chodzi tu o korzystną dla kiełkowania nasion z wielu rodzajów stratyfikację ciepło-chłodną z długotrwałym okresem ciepłym. Za konieczny dla nasion wymienionych powyżej gatunków uznano 2—3-miesięczny okres ciepły. W kilku pracach poświęconych stratyfikacji nasion niektórych gatunków czy odmian z rodzaju *Prunus* L. można znaleźć dane o uzyskanym przypadkowo pomyślnym wyniku stratyfikacji ciepło-chłodnej z krótkotrwałym okresem ciepłym. Dotyczą one dzikiej czereśni (Záchej 1958) i jednej odmiany śliwy (Passeccker 1955). W innych pracach napotkać można sugestie o przypuszczalnie korzystnych skutkach stosowania takiej metody w odniesieniu do nasion *P. cerasifera* Ehrh. (Hildebrandt 1959) czy *P. cerasifera* var. *divaricata* Bailey (Zagaja i Pieniążek 1961). Uzyskanie korzystnych wyników przez stosowanie wstępnej stratyfikacji świeżo zebranych nasion wiśni w temperaturze wyższej od 15°C stwierdzili również Wenjaminow i Dołmatowa (1959).

Wpływ czynnika cieplnego na ustępowanie spoczynku nasion różnych gatunków z rodzaju *Prunus* L. był przedmiotem wieloletnich badań autora niniejszej pracy (Suszka 1962, 1963, 1964a, 1964b, 1966a). W trakcie tych badań wykazano, że optymalne warunki stwarza dla tego procesu u prawie wszystkich badanych gatunków stratyfikacja ciepło-chłodna z krótkotrwałym, bo 2-tygodniowym okresem ciepłym w temperaturze 20°C, po którym powinna nastąpić stratyfikacja chłodna w temperaturze 3°—5°C.

Skuteczność tej metody została stwierdzona podczas badań nad dziką czereśnią (*P. avium* L.), a następnie sprawdzona na przykładzie następujących gatunków: *P. mahaleb* L., *P. cerasifera* var. *divaricata* Bailey, *P. serotina* Ehrh. i *P. armeniaca* L. (Suszka 1962).

Najbardziej szczegółowo badał autor (Suszka 1962, 1964a) nasiona dzikiej czereśni (*P. avium* L.) Stwierdził on, że najwyższą zdolnością kiełkowania odznaczają się podczas stratyfikacji ciepło-chłodnej nasiona zupełnie świeżo pozyskane z owoców i jeszcze nie podsuszone. W przypadku nasion podsuszonych i przechowywanych najlepiej kiełkują te, które

przechowywano w zamkniętych zbiornikach przez co najmniej 8 tygodni w temperaturze zbliżonej do 0°C (Suszka 1964a). Wysoką skuteczność ciepło-chłodnej stratyfikacji wykazał autor również dla nasion uprawnych odmian śliw, wiśni i czereśni (Suszka 1964b, 1966).

W niniejszej pracy przedstawiono po raz pierwszy wyniki badań, dotyczące związków zachodzących między temperaturą a kiełkowaniem oraz spoczynkiem wtórnym nasion dzikiej czereśni. Nasiona tego gatunku zostały w tych badaniach wykorzystane jako model, mogący reprezentować również wiele innych gatunków z interesującego nas rodzaju *Prunus* L.

Obydwa zagadnienia, tj. kiełkowanie i spoczynek wtórny nie były dotąd badane na przykładzie dzikiej czereśni, a zjawisko spoczynku wtórnego nasion z rodziny *Rosaceae* badano dotąd w bardzo ograniczonym zakresie.

Praca tu przedstawiona jest zatem jako całość kontynuacją wcześniej już rozpoczętych badań. Obejmuje ona rezultaty szeregu doświadczeń, jej celem było pogłębienie stanu wiedzy o wpływie czynnika termicznego na procesy zmierzające do likwidacji stanu spoczynku w nasionach badanego gatunku i gatunków jemu pokrewnych. Doświadczenia te zostaną omówione z osobna, ze względu na postawione im następujące, a przy tym odmiennie cele:

a) przedstawienie wpływu stratyfikacji ciepło-chłodnej na ustępowanie spoczynku nasion dzikiej czereśni i różnych uprawnych jej odmian na tle reakcji nasion różnych gatunków szeroko pojętego rodzaju *Prunus* L.,

b) ustalenie związku zachodzącego między początkową zawartością wody w nasionach świeżo pozyskanych lub przechowywanych a ustępowaniem ich spoczynku podczas stratyfikacji ciepło-chłodnej,

c) zbadanie przebiegu kiełkowania stratyfikowanych uprzednio nasion w szerokim zakresie temperatur stałych i cyklicznie zmiennych,

d) zbadanie wpływu bodźców cieplnych na powstawanie zjawiska wtórnego spoczynku nasion.

Autor składa gorące podziękowanie Panu Profesorowi Dr S. Białobokowi za życzliwą opiekę i zapewnienie warunków wykonania tej pracy i Panu Profesorowi Dr J. Wojciechowskiemu za cenne rady i wskazówki.

II. MATERIAŁ I METODY

Pochodzenie materiału nasiennego. Do badań używano nasion z własnego zbioru z drzew rosnących w kolekcjach Zakładu Dendrologii i Arboretum Kórnickiego Polskiej Akademii Nauk w Kórniku. Wszystkie drzewa nasienne sprawdzono pod względem czystości gatunkowej względnie odmianowej. W niektórych przypadkach korzystano z nasion zebranych przez zbieraczy na naturalnych stanowiskach bądź uzyskanych za pośrednictwem Centrali Nasiennictwa Ogrodniczego i Szkół-

karstwa w Poznaniu. Niektóre partie nasion dzikiej czereśni pochodziły z naturalnych stanowisk w Niemczech, Czechosłowacji i Bułgarii.

Pozyskanie materiału nasiennego. Pestki wydobywano z owoców w stanie dojrzałości pełnej. Po natychmiastowym starannym oczyszczeniu od resztek mięszu oddzielano pestki puste metodą spławiania. W zależności od układu doświadczeń używano nasion zupełnie świeżych albo świeżych i podsuszonych bądź też podsuszonych i przechowywanych. Do przechowywania używano worków lub butelek, które napełniano pestkami do połowy pojemności, następnie zamykano korkami i lakowano. Butelki umieszczano w komorach chłodniczych o temperaturze 1° lub 3°C.

Podsuszanie nasion. Pestki z zawartymi w nich nasionami podsuszano w miejscu przewiewnym i oświetlonym w temperaturze około 20°C przez 10—14 dni.

Oznaczanie zawartości wody w materiale nasiennym. Zawartość wody w całych pestkach i w wyjętych z pestek nasionach oznaczano metodą wagową po suszeniu w temperaturze 105°C przez 24 godziny (w stosunku do świeżej masy).

Stratyfikacja. Pestki stratyfikowano w wilgotnej mieszance piasku z torfem (1 : 1, obj.) w szklanych słojach. W jednakowych odstępach czasu, w temperaturach wyższych co 7, w niższych co 14 lub 21 dni, przeprowadzano kontrolę stratyfikacji. Wykonywano przy tym następujące czynności: przewietrzenie a w razie potrzeby również nawilżenie mieszaniny stratyfikacyjnej, sprawdzenie stanu ilościowego nasion w pestkach pękniętych, nasion kiełkujących i nasion zepsutych. Ostatnie dwie grupy nasion każdorazowo usuwano. Za skielkowane uznawano nasiona z rosnącym korzeniem zarodkowym o długości co najmniej 3 mm.

Próby kiełkowania. Każdą partię nasion przeznaczoną do prób kiełkowania dzielono na 3 kategorie: nasiona w pestkach niepękniętych, nasiona w pestkach wyraźnie pękniętych i nasiona kiełkujące (korzeń 3—4 mm). Tak zróżnicowany materiał wysiewano na głębokości 10 mm w wilgotną mieszaninę torfowo-piaskową w plastikowych pudełkach. Otwory wysiewne wyciskano znacznikiem przez specjalne szablony, po wysiewie zasypywano otwory suchym piaskiem i skrapiano wodą. Pudełka nakrywano przezroczystymi wiekami z wywierconymi otworami i ustawiano w nie oświetlonych komorach kórnickiego fitotronu. W jednolitych odstępach czasu (co 5 dni) kontrolowano przebieg pojawiania się liścieni nad powierzchnią piasku (wschodzenie nasion). Nawilżano przy tym podłoże i wyjmowano te nasiona, których liścienie wystawały całkowicie ponad piaskiem.

Ocena żywotności nasion. Na początku i końcu każdego doświadczenia przeprowadzano ocenę żywotności nasion metodą barwienia zarodków w roztworze indygokarminu (1 : 2000, 20°C, 2 godz.).

Temperatury. Odpowiednie warunki termiczne zapewniały podczas stratyfikacji i prób kiełkowania komory kórnickiego fitotronu. Tolerancja stosowanych temperatur mieściła się w granicach $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

W doświadczeniach z temperaturami zmiennymi cykle cieplne uzyskiwano przez stale powtarzane przenoszenie pudełek z wysiewami z jednych komór do drugich według ustalonego schematu doświadczenia programu cieplnego. W niższej temperaturze cyklu wysiewy przebywały każdorazowo 16 godzin, w wyższej 8 godzin.

Statystyczne opracowanie wyników. Wszystkie doświadczenia (stratyfikacje i próby kiełkowania) zakładano w 4 lub 3 powtórzeniach, przy czym na powtórzenie przypadało 50 nasion. Umożliwiało to przeliczenie wyników na wartości procentowe, z których wyliczono średnie arytmetyczne. Uzyskane wartości zdolności kiełkowania (suma nasion skiełkowanych) poddano, w przypadku badań nad wpływem zawartości wody w nasionach na zdolność ich kiełkowania i w przypadku badań nad wtórnym spoczynkiem, analizie wariacyjnej, połączonej z obliczeniem najmniejszych różnic udowodnionych. Obliczenia te wykonano przy przyjętym poziomie wiarygodności $\alpha = 0,05$. Przy obliczaniu średniego czasu kiełkowania korzystano ze wzoru podanego przez Tysockiego (1949):

$$\text{Średni czas kiełkowania} = \frac{l_1 d_1 + l_2 d_2 + \dots + l_n d_n}{l_1 + l_2 + \dots + l_n}$$

gdzie d_1, d_2, \dots, d_n — ilości dni liczonych od początku próby kiełkowania,

l_1, l_2, \dots, l_n — ilości procentowe nasion kiełkujących w dniach 1, 2, ..., n .

W pracy niniejszej dobowe odstępy czasu zastąpiono w tym wzorze okresami upływającymi pomiędzy poszczególnymi kontrolami.

III. CZĘŚĆ EKSPERYMENTALNA

1. STRATYFIKACJA CIEPŁO-CHŁODNA

W jednej z prac poprzedzających omawiane tu badania przedstawił autor (Suszka 1962) opracowaną przez siebie metodę ciepło-chłodnej stratyfikacji nasion dzikiej czereśni i kilku innych gatunków z rodzaju *Prunus* L. Badania te zostały w międzyczasie poszerzone o opublikowane już wyniki badań autora nad stratyfikacją nasion uprawnych odmian różnych gatunków z rodzaju *Prunus* (Suszka 1964b, 1966a). Z prac tych oraz z nie opublikowanych dotąd badań wykorzystano w niniejszej pracy rezultaty uzyskane przy pomocy jednego z wielu, a przy tym wysoce efek-

tywnego układu stratyfikacji ciepło-chłodnej. W układzie tym nasiona stratyfikowano w pierw przez 2 tygodnie w temperaturze 20°C (okres ciepły), a potem przez dłuższy okres czasu w temperaturze 3°C (okres chłodny). W celu wykazania skuteczności takiego układu przedstawiono również wyniki uzyskane podczas stratyfikacji wyłącznie chłodnej w takiej samej temperaturze (3°C) i w takim samym okresie co chłodna faza stratyfikacji ciepło-chłodnej. Wyniki te zestawiono w kilku tablicach.

Tablica 1 dotyczy nasion czereśni dzikiej, zbieranych z drzew pojedynczych, tablica 2 obejmuje wyniki uzyskane przy użyciu partii mieszanych, pochodzących z wielu drzew dzikiej czereśni danego stanowiska. W tablicy 3 zestawiono rezultaty otrzymane dla różnych proveniencji czereśni dzikiej, pochodzących z naturalnych stanowisk spoza terenu Polski. Tablica 4 obejmuje różne dzikie gatunki z rodzaju *Prunus* L., a tablica 5 uprawne odmiany brzoskwiń, śliw, wiśni i czereśni. Dla 3 badanych odmian brzoskwiń zastosowano w okresie chłodnym wyjątkowo temperaturę 5°C zamiast 3°C.

Krótką charakterystyka doświadczeń

Cel: porównanie zdolności kiełkowania osiągniętej podczas stratyfikacji ciepło-chłodnej i chłodnej.

Materiał: patrz tablice 1—5.

Przechowywanie pestek: luzem w workach w chłodnym miejscu lub w zamkniętych szczelnie butelkach w temperaturze 1° lub 3°C. Pestki moreli (*P. armeniaca*) przechowywano luzem w temperaturze pokojowej (około 20°C).

Terminy początku stratyfikacji: patrz tablice 1—5.

Warunki termiczne stratyfikacji i układ doświadczeń: 2 tygodnie 20°C, potem 27—34 tygodni 3°C, niektóre odmiany brzoskwiń 5°C. Czas trwania okresu chłodnego podano w tablicach 1—5.

Elementy badane: kiełkowanie nasion — podane wartości liczbowe zdolności kiełkowania odnoszą się do sumarycznego procentu nasion, które skielkowały aż do ostatniej kontroli, chociaż koniec kiełkowania przypadał zazwyczaj na okres znacznie wcześniejszy.

Ilość powtórzeń: 3 lub 4.

Omówienie wyników

Dane liczbowe przedstawione w tablicach 1—5 uzyskano w publikowanych już (Suszka 1962, 1964a, 1964b, 1966a) i nieopublikowanych jeszcze badaniach własnych. W ogłoszonych już publikacjach przedstawiano je dotąd wyłącznie sposobem graficznym. Po raz pierwszy prezentowane są tu wyniki odnoszące się do uprawnych odmian brzoskwiń oraz do następujących gatunków: *P. avium* z Niemiec i Bułgarii, *P. padus*, i *P. fruticosa*.

Wartości zdolności kiełkowania przedstawione w tablicach 1—5 oznaczają wyrażone w procentach ilości nasion, które skiełkowały łącznie podczas całego czasu trwania doświadczenia. W celu uchwycenia procesu kiełkowania w całej rozciągłości czasowej dobierano okresy czasu od 27 do 34 tygodni dla stratyfikacji chłodnej, mimo że przeważająca część nasion kiełkowała zazwyczaj w ciągu kilkunastu tygodni.

Tablica 1

Zdolność kiełkowania nasion dzikiej czereśni (*Prunus avium* L.) pochodzących z drzew pojedynczych z Polski, podczas stratyfikacji ciepło-chłodnej (2 tyg. 20°C, potem 3°C) i chłodnej (3°C)
Germinative capacity of seed from mazzard (*Prunus avium* L.) single trees from Poland during warm-followed-by-cold (2 weeks 20°C and then 3°C) and cold (3°C) stratification

Pochodzenie nasion Seed origin	Przechowywanie nasion Seed storage	Początek stratyfikacji Onset of stratification	Czas trwania stratyfikacji Duration of stratification		Zdolność kiełkowania Germinative capacity	
			ciepło-chłodna warm-followed-by-cold	chłodna cold	Stratyfikacja ciepło-chłodna warm-followed-by-cold stratification	stratyfikacja chłodna cold stratification
Miejscowość Locality	sposób method	data date	tyg. weeks	tyg. weeks	%	%
Lubomierz pow. Limanowa	w worku in sack	24. 12. 1958	2+33	33	58,9	2,4
Kórnik pow. Śrem drzewo (tree) nr 1	„	13. 1. 1960	2+27	27	66,7	34,3
Kórnik pow. Śrem drzewo (tree) nr 10	„	13. 1. 1960	2+27	27	20,2	0
Kórnik pow. Śrem drzewo (tree) nr 11	„	13. 1. 1960	2+27	27	86,3	33,0
Śr. gen. zdolność kiełkowania Overall mean germinative capacity					58,0	17,4

Wyniki zestawione w tablicach 1—5 wskazują wyraźnie na fakt, że zdolność reagowania wzmożonym kiełkowaniem na działanie krótkotrwałego bodźca cieplnego, zastosowanego w początkowym okresie stratyfikacji jest właściwością powszechną dla nasion różnych gatunków z rodzaju *Prunus* L.. Jeśli chodzi o interesujący nas szczególnie gatunek *P. avium* L., to nie ulega żadnej wątpliwości, że właściwość ta nie jest cechą charakteryzującą pojedyncze drzewa. Nie jest ona ponadto związana ani z siedliskiem, ani nawet z proveniencją w granicach poważnej części obszaru naturalnego występowania tego gatunku. Na ciepło-chłodną stratyfikację reagują bowiem wzrostem liczby nasion kiełkujących proveniencje z różnych regionów Polski i Niemiec, a ponadto i ze Słowacji i Bułgarii bez względu na to, czy materiał nasienny pochodził z drzew pojedynczych czy z wielu drzew danego stanowiska.

Podobną reakcję notowano z wyjątkiem dzikiej moreli (*P. armeniaca* L.)

Tablica 2

Zdolność kiełkowania mieszanych partii nasion dzikiej czereśni (*Prunus avium* L.) pochodzących z Polski, podczas stratyfikacji ciepło-chłodnej (2 tyg. 20°C, potem 3°C) i chłodnej (3°C)
 Germinative capacity of mixed lots of seeds from mazzard (*Prunus avium* L.) trees from Poland during warm-followed-by-cold (2 weeks 20°C, and then 3°C) and cold (3°C) stratification

Pochodzenie nasion Seed origin	Przechowywanie nasion Seed storage	Początek stratyfikacji Onset of stratification	Czas trwania stratyfikacji Duration of stratification		Zdolność kiełkowania Germinative capacity	
			ciepło-chłodna warm-followed-by-cold	chłodna cold	stratyfikacja ciepło-chłodna warm-followed-by-cold stratification	stratyfikacja chłodna cold stratification
Miejscowość Locality	sposób method	data date	tyg. weeks	tyg. weeks	%	%
Jawornik pow. Rzeszów	w worku in sack	24. 12. 1958	2+33	33	64,6	44,5
Jawornik pow. Rzeszów	„	24. 12. 1958	2+33	33	54,3	21,3
Centrala Nasien- nictwa Ogrodn. Hort. Seed Com- pany	„	29. 12. 1958	2+33	33	27,7	6,1
Centrala Nasien- nictwa Ogrodn. Hort. Seed Com- pany	„	22. 12. 1961	2+27	27	43,2	14,2
Śr. gen. zdolność kiełkowania Overall mean germinative capacity					58,0	17,4

u wszystkich pozostałych badanych gatunków: u ałyczy (*P. cerasifera* var. *divaricata* Bailey), czeremchy zwyczajnej (*P. padus* L.), czeremchy amerykańskiej (*P. serotina* Ehrh.), wisienki stepowej (*P. fruticosa* Pall.), antypki (*P. mahaleb* L.), a ponadto u wszystkich bez wyjątku badanych odmian uprawnych brzoskwiń, wiśni, śliw i czereśni. Ponieważ zaś gatunki te, względnie gatunki macierzyste odmian uprawnych, pokrywają swymi zasięgami poważne obszary Eurazji i Ameryki Północnej, można przypuścić, że stratyfikacja ciepło-chłodna wywrze identyczny skutek również w przypadku większości innych dotąd nie badanych gatunków z rodzaju *Prunus* L. ze strefy klimatu umiarkowanego Eurazji i Ameryki Północnej.

W przypadku odmian uprawnych skuteczność stratyfikacji ciepło-chłodnej uwidacznia się w sposób szczególnie wyraźny. Nasiona wielu odmian wiśni i czereśni nie kiełkują bowiem w ogóle podczas stratyfikacji chłodnej w temperaturze 3°C lub kiełkują w nikłym procencie.

Dla 9 odmian śliw przedstawiono skutki stosowania stratyfikacji ciepło-chłodnej w dwóch odrębnych sezonach (1960/61 i 1963/64). Uzyskane wyniki są w wysokim stopniu zbieżne, uderzające są często bardzo wysokie wartości zdolności kiełkowania nasion tych samych odmian.

Tablica 3

Zdolność kiełkowania nasion dzikiej czereśni (*Prunus avium* L.) pochodzących z Niemieckiej Republiki Demokratycznej, Czechosłowacji i Bułgarii podczas stratyfikacji ciepło-chłodnej (2 tyg. 20°C, potem 3°C) i chłodnej (3°C)

Germinative capacity of mazzard seeds (*Prunus avium* L.) from East Germany, Czechoslovakia and Bulgaria during warm-followed-by-cold (2 weeks 20°C and then 3°C) and cold (3°C) stratification

Pochodzenie nasion Seed origin		Przechowywanie nasion Seed storage	Początek stratyfikacji Onset of stratification	Czas trwania stratyfikacji Duration of stratification		Zdolność kiełkowania Germinative capacity	
				ciepło-chłodna warm-followed-by-cold	chłodna cold	stratyfikacja ciepło-chłodna warm-followed-by-cold stratification	stratyfikacja chłodna cold stratification
Miejscowość Locality	kraj country	sposób method	data date	tyg. weeks	tyg. weeks	%	%
Tabarz drzewo (tree) nr 1	NRD East Germany	w butli, 3°C bottled, 3°C	14. 3. 1963	2+30	30	22,5	2,5
Tabarz drzewo (tree) nr 2	„	„	14. 3. 1963	2+30	30	7,0	2,0
Tabarz drzewo (tree) nr 3	„	„	14. 3. 1963	2+30	30	15,5	3,0
Tabarz drzewo (tree) nr 4	„	„	14. 3. 1963	2+30	30	22,5	2,5
Eldena drzewo (tree) nr 10	„	„	14. 3. 1963	2+30	30	21,5	4,5
Eldena drzewo (tree) nr 11	„	„	14. 3. 1963	2+30	30	6,0	0
Voitstieг drzewo (tree) nr 1	„	„	14. 3. 1963	2+30	30	45,5	3,5
Voitstieг drzewo (tree) nr 2	„	„	14. 3. 1963	2+30	30	32,5	3,0
Śr. gen. zdolność kiełkowania nasion z NRD Overall mean germinative capacity of seeds from East Germany						21,6	2,8
Kysihybel (Słowacja) 2 drzewa (2 trees)	ČSSR Czechoslovakia	w worku in sack	24. 12. 1958	2+33	33	67,4	11,0
Miejscowość nieznana Locality unknown.	Bułgaria Bulgaria	w worku in sack	3. 12. 1965	2+28	28	80,0	26,0

Tablica 4

Zdolność kiełkowania nasion różnych gatunków z rodzaju *Prunus* L. podczas stratyfikacji ciepło-chłodnej (2 tyg. 20°C, potem 3°C) i chłodnej (3°C). Nasiona wszystkich badanych gatunków obcych i rodzimych zebrano w Polsce

Germinative capacity of seeds from various species of the genus *Prunus* L. during warm-followed-by-cold (2 weeks 20°C and then 3°C) and cold (3°C) stratification. All the seeds, both from the indigenous and exotic species have been collected in Poland

Gatunek Species	Pochodzenie nasion Seed origin	Przecho- wanie nasion Seed storage	Początek stratyfikacji Onset of stratifica- tion	Czas trwania stratyfikacji Duration of stratification		Zdolność kiełkowania Germinative capacity	
				ciepło-chłodna warm-follo- wed-by-cold	chłodna cold	stratyfikacja ciepło-chłodna warm-follo- wed-by-cold stratification	stratyfikacja chłodna cold stratifi- cation
				tyg. weeks	tyg. weeks	%	%
1	2	3	4	5	6	g	8
<i>P. armeniaca</i> L. (morela dzika) Wild apricot	Kórnik drzewo (tree) 1-43	w worku in sack	15. 1. 1960	2+27	27	94,5	87,3
	Kórnik drzewo (tree) DBS-32	„	15. 1. 1960	2+27	27	96,0	10,0
	Kórnik drzewo (tree) III-7, 4-3	„	15. 1. 1960	2+27	27	96,9	87,7
	Kórnik drzewo (tree) III-12, 4-8	„	15. 1. 1960	2+27	27	94,1	94,0
Śr. gen. zdolność kiełkowania nasion <i>P. armeniaca</i> Overall mean germinative capacity of wild apricot seeds						95,4	92,5
<i>P. cerasifera</i> var. <i>divaricata</i> Bailey (ałyca) Cherry plum	Centrala Nasiennictwa Ogrodn. Hort. Seed Company	w worku in sack	11. 1. 1960	2+27	27	57,0	29,7
	„	„	11. 1. 1960	2+27	27	32,8	14,0
	„	„	11. 1. 1960	2+27	27	83,7	66,8
Śr. gen. zdolność kiełkowania nasion <i>P. cerasifera</i> var. <i>divaricata</i> Overall mean germinative capacity of cherry plum seeds						57,8	36,8
<i>P. mahaleb</i> L. (antypka) Mahaleb cherry	Centrala Nasiennictwa Ogrodn. Hort. Seed Company	w worku in sack	12. 1. 1960	2+27	27	24,2	9,3
	„	„	12. 1. 1960	2+27	27	72,1	34,7
	„	„	12. 1. 1960	2+27	27	68,5	35,9
Śr. gen. zdolność kiełkowania nasion <i>P. mahaleb</i> Overall mean germinative capacity of Mahaleb cherry seeds						54,9	26,6
<i>P. padus</i> L. (czerecha zwy- czajna) European birdcherry	Kórnik mieszanka mixed	w butli, 3°C bottled 3°C	30. 11. 1963	2+30	30	50,0	14,5

Tablica 4 c.d.

1	2	3	4	5	6	7	8
<i>P. fruticosa</i> Ball. (wisienka stepowa) Ground cherry	Rejna pow. Inowrocław	w worku in sack	9. 12. 1960	2+27	27	64,4	15,5
<i>P. serotina</i> L. (czerecha amerykańska) Black cherry	Centrala Nasienictwa Ogrodniczego, mieszanka Hort. Seed. Company, mixed	w worku in sack	14. 1. 1960	2+27	27	92,9	74,6
	„	„	14. 1. 1960	2+27	27	92,6	61,6
	„	„	14. 1. 1960	2+27	27	85,5	62,2
	Śr. gen. zdolność kiełkowania nasion <i>P. serotina</i> Overall mean germinative capacity of black cherry seeds						90,3

2. USTĘPOWANIE SPOCZYNKU NASION PODCZAS STRATYFIKACJI CIEPŁO-CHŁODNEJ W ZALEŻNOŚCI OD POCZĄTKOWEJ ZAWARTOŚCI WODY

Z wcześniejszych badań autora (Suszka 1964a) wynika, że w wysokim stopniu uwodnione, zupełnie świeże nasiona dzikiej czereśni, zastratyfikowane w dniu wydobycia z owoców, kiełkują podczas stratyfikacji ciepło-chłodnej w bardzo wysokim procencie. Natomiast nasiona podsuszone i przechowywane w zamkniętych szczelnie butlach w obniżonej temperaturze (3°C) i pobierane do stratyfikacji w kolejno po sobie następujących terminach, charakteryzowały się dużą zmiennością zdolności kiełkowania. Stabilizacja tej zmienności następowała dopiero u nasion przechowywanych nie krócej niż 10 tygodni. Wahania zdolności kiełkowania były całkowicie niezależne od wilgotności początkowej nasion, która była stale niska. Nie były one również w żaden sposób związane z żywotnością nasion, która nie spada nigdy (w ciągu 24 tygodni przechowywania) poniżej 88%.

Okres posprzętnego podsuszania charakteryzuje szybki spadek zawartości wody w skorupkach pestek i w zawartych w nich nasionach. Dla zbadania reakcji nasion o malejącej z każdym dniem podsuszania początkowej zawartości wody, założono specjalne doświadczenie. Przez okres 2 tygodni suszenia, od dnia pozyskania nasion z owoców począwszy, stratyfikowania codziennie oddzielną partię pestek w standartowym ciepło-chłodnym układzie temperatur. Równocześnie umieszczano codziennie podobne partie pestek w butlach, w których po natychmiastowym szczelnym zamknięciu przechowywano je do końca listopada w temperaturze 3°C. Wtedy to wyjmowano codziennie po jednej partii pestek z butli i stratyfikowano je tak samo jak pestki nie przechowywane. Zachowywano przy tym tę samą kolejność, według której przerywano u nasion świeżych proces ich podsuszania.

Tablica 5

Zdolność kiełkowania nasion uprawnych odmian brzoskwiń, śliw, wiśni i czereśni podczas stratyfikacji ciepło-chłodnej (2 tyg. 20°C, potem 3°C) i chłodnej (3°C lub 5°C)

Germinative capacity of seeds from the cultivated varieties of peaches, plums, sour cherries, and cherries during warm-followed-by-cold (2 weeks 20°C and then 3°C) and cold (3°C or 5°C) stratification

Gatunek Species	Odmiana Variety	Pochodzenie nasion Seed origin	Przechowy- wanie nasion Seed storage	Początek stratyfikacji Onset of stra- tification	Czas trwania stratyfikacji Duration of stratification		Zdolność kiełkowania Germinative capacity	
					ciepło- -chłodna warm- followed-by- -cold	chłodna cold	stratyfika- cja ciepło- -chłodna warm- followed-by- -cold stratification	stratyfika- cja chłodna cold stratifica- tion
					tyg. weeks	tyg. weeks	%	%
1	2 common name	3 locality	4 method	5 date date	6	7	8	9
Brz- kwinia Peach	mieszanka odmian mixture of varieties	Gniezno	w worku in sack	10. 12. 1960	2+27	27	67,0	52,0
	Elberta	Węgry Hungary	w butli, 1°C bottled, 1°C	30. 11. 1964	2+34 (5°C)	34 (5°C)	40,0	16,0
	Ford	"	"	30. 11. 1964	2+34 (5°C)	34 (5°C)	7,3	2,6
	Champion	"	"	30. 11. 1964	2+34 (5°C)	34 (5°C)	48,6	36,6
Śr. gen. zdolność kiełkowania nasion brzoskwiń Overall mean germinative capacity of peach seeds							40,7	26,8
Śliwa Plum	Prune Pêche	Kórnik	w worku in sack	13. 12. 1960	2+27	27	31,5	8,5
	Tragedy	"	"	13. 12. 1960	2+27	27	19,0	2,5
	Mirabelle von Flotov	"	"	13. 12. 1960	2+27	27	67,0	38,0
	The Czar	"	"	13. 12. 1960	2+27	27	30,5	22,0
	Burbank	"	"	13. 12. 1960	2+27	27	10,1	0,7
	Althanova Renkloda	"	"	13. 12. 1960	2+27	27	88,0	74,5
	Reine Claude Dorée	"	"	13. 12. 1960	2+27	27	56,5	15,0
	Kirke's Plum	"	"	13. 12. 1960	2+27	27	47,0	20,0
	Grosse Zu- ckerzweitsche	"	"	13. 12. 1960	2+27	27	63,0	39,5
	Victoria	"	"	13. 12. 1960	2+27	27	78,0	53,5
	Węgierka zwykła	"	"	13. 12. 1960	2+27	27	35,5	14,0
	Śr. gen. zdolność kiełkowania nasion śliw z roku 1960 Overall mean germinative capacity of plum seeds collected 1960							47,8

Tablica 5 c. d.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Śliwa Plum	Stanley	Kórnik	w butli, 1°C bottled, 1°C	18. 12. 1963	2+30	nie straty- fikowano	71,0	nie straty- fikowano
	Grosse Zuc- kerzwetsche	„	„	18. 12. 1963	2+30	not stratified	61,5	not stratified
	Victoria	„	„	18. 12. 1963	2+30	„	78,5	„
	Reine Claude d'Oullins	„	„	19. 12. 1963	2+30	„	49,0	„
	Mirabelle von Flotov	„	„	19. 12. 1963	2+30	„	66,0	„
	The Czar	„	„	19. 12. 1963	2+30	„	81,5	„
	Prune Pêche	„	„	19. 12. 1963	2+30	„	81,5	„
	Kirke's Plum	„	„	20. 12. 1963	2+30	„	28,5	„
	Tragedy	„	„	20. 12. 1963	2+30	„	29,5	„
	Althanova Renkloda	„	„	21. 12. 1963	2+30	„	80,5	„
	Węgierka Zwykła	„	„	21. 12. 1963	2+30	„	43,5	„
	Reine Claude Dorée	„	„	21. 12. 1963	2+30	„	45,5	„
Śr. gen. zdolność kielkowania nasion śliwek z roku 1963 Overall mean germinative capacity of plum seeds collected 1963							59,7	—
Wiśnia Sour cherry	Cerise de Prince	Kórnik	w worku in sack	8. 12. 1960	2+27	27	4,0	0
	Montmorency	„	„	8. 12. 1960	2+27	27	0,5	0
	Olivet	„	„	8. 12. 1960	2+27	27	16,5	0
	Władymir- skaja	„	„	8. 12. 1960	2+27	27	0	0
	Minister von Podbielski	„	„	9. 12. 1960	2+27	27	22,5	0
	Ostheimer Weichsel	„	„	9. 12. 1960	2+27	27	39,5	0
	Wołyńska	„	„	13. 12. 1960	2+27	27	52,5	6,0
	Hiszpanka	„	„	13. 12. 1960	2+27	27	35,5	4,5
	Późna Lubskaja	„	„	13. 12. 1960	2+27	27	7,5	1,0
Śr. gen. zdolność kielkowania nasion wiśni Overall mean germinative capacity of sour cherry seeds							19,8	1,2
Czereś- nia Cherry	Ochsenherz- kirsche	Kórnik	w worku in sack	8. 12. 1960	2+27	27	11,5	0
	Baltawańska	„	„	8. 12. 1960	2+27	27	23,5	0
	Biggareau	„	„	8. 12. 1960	2+27	27	18,0	0
	Dorille	„	„	9. 12. 1960	2+27	27	28,0	2,5
	Krupińska Dudecka	„	„	9. 12. 1960	2+27	27	22,5	0
	Grosse Ger- mersdorfer Knorpelkir- sche	„	„	9. 12. 1960	2+27	27	75,0	1,0
	Stark Gold	„	„	9. 12. 1960	2+27	27	75,0	1,0
Śr. gen. zdolność kielkowania nasion czereśni Overall mean germinative capacity of cherry seeds							29,8	0,6

Tablica 6

Zdolność kiełkowania i odsetek zepsutych nasion dzikiej czereśni (*Prunus avium* L.) podczas stratyfikacji ciepło-chłodnej (2 tyg. 20°C, 28 tyg. 3°C) oraz początkowa zawartość wody w nasionach w pierwszym dniu stratyfikacji względnie przechowywania. Nasiona przechowywane przez 4¹/₂ miesiąca w zamkniętych butlach w 3°C stratyfikowano tym samym sposobem. Zawartość wody odnosi się do świeżej masy całych pestek względnie nasion

Germinative capacity and the percentage of decayed seeds of mazzard (*Prunus avium* L.) during warm-followed-by-cold (2 weeks 20°C, 28 weeks 3°C) stratification and the initial moisture content of these seeds in the first day of stratification or storage. Seeds stored for 4¹/₂ months in sealed bottles at 3°C have been stratified in the same way. Moisture content is expressed as a percentage of the whole stones, or seeds

Podsuszanie pestek Drying of seeds	Początkowa zawartość wody w pierwszym dniu stratyfikacji względnie przechowywania		Nasiona stratyfikowane natychmiast po pozyskaniu z owoców względnie w kolejnych dniach poduszania		Nasiona stratyfikowane po 4 ¹ / ₂ miesiącach przechowywania w 3°C przy danej zawartości wody	
	Initial moisture content in the first day of stratification or storage		Seeds stratified immediately after collection of seeds or following the drying period		Seeds stratified after 4 ¹ / ₂ months of storage at 3°C at the given moisture content	
	całe pestki whole stones	nasiona seeds	zdolność kiełkowania germinative capacity	nasiona zepsute decayed seeds	zdolność kiełkowania germinative capacity	nasiona zepsute decayed seeds
Ilość dni Number of days	%	%	%	%	%	%
0	29,0	44,4	93,0	4,5	66,0	29,5
1	20,0	37,3	89,5	3,5	85,0	11,0
2	18,2	15,5	75,0	3,5	90,0	5,5
3	13,9	13,5	39,5	1,5	46,0	3,0
4	13,3	9,4	65,0	4,0	78,0	5,5
5	12,0	8,2	43,0	3,0	78,5	4,0
6	12,1	8,3	62,0	4,5	74,5	4,5
7	11,2	8,1	63,5	4,0	73,0	3,0
8	11,4	7,9	66,0	7,0	77,5	14,0
9	11,1	7,9	69,0	10,5	78,5	16,5
10	11,1	7,8	65,5	8,0	74,0	21,0
11	11,2	7,9	60,0	10,0	78,0	15,5
12	11,2	7,7	71,5	6,0	85,0	3,0
13	11,1	7,7	78,5	12,0	67,5	13,0
14	11,1	7,5	78,0	5,5	80,0	17,5
Średnia gen. zdolność kiełkowania Overall mean germinative capacity			65,9		75,4	
Średnia gen. śmiertelność nasion podczas stratyfikacji Overall mean seed mortality during stratification				5,8		11,1

Krótką charakterystyka doświadczenia

Cel: poznanie reakcji nasion świeżych i nasion przechowywanych o różnej początkowej zawartości wody na działanie stratyfikacji ciepło-chłodnej.

Materiał: *P. avium* L. dzika czereśnia drzewo nr 5, Kórnik koło Poznania, zbiór 4 VII 1964 r., żywotność 95,5%.

Terminy początku stratyfikacji: nasiona świeże — od 4 VII 1964 r. codziennie przez 14 dni; nasiona przechowywane — od 21 XI 1964 r. codziennie przez 14 dni. Oznaczanie zawartości wody w nasionach: od 4 VII 1964 r. codziennie przez 14 dni.

Przechowywanie nasion: butelki zamknięte korkami i zalakowane, 3°C.

Stratyfikacja: 2 tygodnie 20°C + 28 tygodni 3°C.

Elementy badane: pęknięcie pestek, kiełkowanie nasion, zdrowotność nasion.

Powtórzenia: 4 (4×50 nasion).

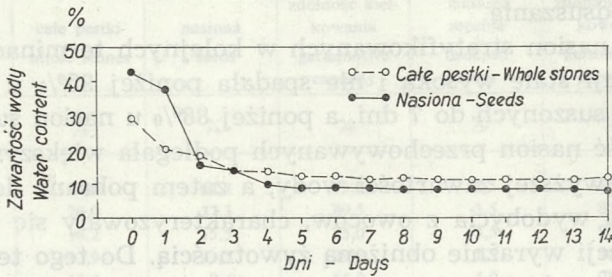
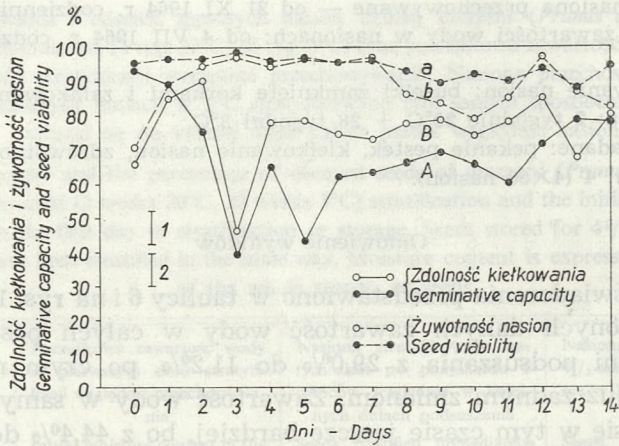
Omówienie wyników

Wyniki doświadczenia przedstawiono w tablicy 6 i na rys. 1. Jak wynika z przedstawionych danych zawartość wody w całych pestkach spadła w ciągu 7 dni podsuszania z 29,0% do 11,2%, po czym nie podlegała praktycznie już żadnym zmianom. Zawartość wody w samych nasionach zmniejszyła się w tym czasie jeszcze bardziej, bo z 44,4% do 8,1% wody w świeżej masie. Najbardziej gwałtowny spadek zawartości wody w całych pestkach, jak i w samych nasionach notowano w ciągu pierwszych trzech dni podsuszania.

Żywołność nasion stratyfikowanych w kolejnych terminach była także po stratyfikacji stale wysoka i nie spadała poniżej 95% u nasion świeżych i nasion suszonych do 7 dni, a poniżej 88% u nasion suszonych dłużej. Żywołność nasion przechowywanych podlegała większym wahaniom. Nasiona o najwyższej zawartości wody, a zatem pobrane do przechowywania w dniu wydobycia z owoców, charakteryzowały się po zakończeniu stratyfikacji wyraźnie obniżoną żywołnością. Do tego terminu uległo zepsuciu 29,5% takich nasion. Już jeden dzień podsuszania wystarczył do wyraźnego wzrostu żywołności, po 2 dniach suszenia nasiona te wcale nie różniły się pod względem żywołności od nasion stratyfikowanych natychmiast po osiągnięciu takiego samego poziomu zawartości wody. Dopiero żywołność nasion suszonych przed przechowywaniem dłużej niż tydzień podlegała większym wahaniom i była przeważnie niższa niż u odpowiadających im partii nasion nie przechowywanych (od 79% do 97%).

Zdolność kiełkowania nasion stratyfikowanych w miarę ich podsuszania podlegała charakterystycznym wahaniom. Nasiona stratyfikowane w dniu pozyskania z owoców kiełkowały w najwyższym dla całego doświadczenia procencie (93,0%). Terminom stratyfikacji przypadającym na 1, 2 i 3 dobę suszenia towarzyszył raptowny spadek zdolności kiełkowania do 39,5%), dla następnych 3 dni suszenia notowano duże zmiany zdolności kiełkowania (od 39,5% do 65,0%). U nasion podsuszanych dłużej niż 6 dni obserwowano względną stabilizację zdolności kiełkowania na poziomie około 65%, z tendencją do wzrostu w miarę przedłużania okresu podsuszania (do 78,5%).

Nasiona przechowywane przy różnych poziomach zawartości wody kiełkowały po czterech i pół miesiącach przechowywania znacznie lepiej niż nasiona natychmiast stratyfikowane. Jedyłą obniżką zdolności kiełkowa-



Rys. 1. Zmiany zdolności kiełkowania nasion czereśni dzikiej (*Prunus avium* L.) podczas stratyfikacji ciepło-chłodnej (2 tyg. 20°C, 28 tyg. 3°C) w związku ze zmianami zawartości wody (w stosunku do świeżej masy) w pestkach i w nasionach podczas ich podszuszania. Stratyfikację rozpoczynano natychmiast po zbiorze względnie po 1—14 dniach podszuszania świeżych pestek (A) albo też po przechowaniu pestek (świeżych lub podszuszonych przez 1—14 dni) w zamkniętych butlach w 3°C przez 4 i 1/2 miesiąca (B). Żywność nasion po stratyfikacji rozpoczynanej w poszczególnych terminach serii lub B oznaczono odpowiednio a lub b. Najmniejszą różnicę uodwodnioną (przy $\alpha=0,05$) dla porównania wartości zdolności kiełkowania nasion z serii A i B podszuszanych przez takie same okresy czasu oznaczono liczbą 1, a dla porównania wartości zdolności kiełkowania nasion w obrębie serii A lub B liczbą 2

Fig. 1. The changes in germinative capacity of mazzard (*Prunus avium* L.) seeds during warm-followed-by-cold stratification (2 weeks 20°C, 28 weeks 3°C) associated with the decline in water content (as percentage of fresh weight) caused by drying. Stratification was begun immediately after collection and daily during the drying of freshly collected stones for 14 days (A), or else after storage of the stones, following the various drying periods, for 4 1/2 months in bottles at 3°C (B). The viability of seeds following stratification of the series A and B was marked a and b respectively. The least significant difference at the 5% level of significance is indicated showing the differences in germinative capacity of seeds dried for the same periods in the two series A and B (1), or for the various periods within the series A or B (2).

nia, przekraczającą znacznie najmniejszą różnicę udowodnioną między nasionami stratyfikowanymi natychmiast po pozyskaniu a nasionami stratyfikowanymi po przechowywaniu, zanotowano dla nasion przechowywanych bez podsuszania. Nasiona te kiełkowały w 66,0%. Po jednej i dwóch dobach suszenia następowała u tych nasion wyraźna podwyżka zdolności kiełkowania (do 90,0%), po 3 dniach następował jednak przejściowy i poważny spadek tej zdolności (do 46,0%). Począwszy od 4 dnia suszenia stwierdzano i tu stabilizację zdolności kiełkowania na wysokim poziomie (około 75%).

Wynik doświadczenia jest zaskakujący. Okazało się, że zmiany zawartości wody w nasionach wpływają na zdolność kiełkowania najbardziej w okresie szybkiego podsuszania. Na żywotność nasion nie wywierają one żadnego wpływu. Po ustaleniu się zawartości wody w nasionach na poziomie równowagi, odpowiadającemu temperaturze i wilgotności powietrza w okresie suszenia, żywotność ich podlega pewnym wahaniom na poziomie zbliżonym do żywotności pełnej.

Nasiona świeże, umieszczane w butlach przed ich krótkoterminowym przechowywaniem w temperaturze obniżonej, charakteryzuje przy maksymalnej zawartości wody wysoka wrażliwość na warunki przechowywania. Natomiast u nasion umieszczanych w butlach w miarę spadku zawartości wody wrażliwość ta maleje szybko. Zdolność kiełkowania takich nasion stabilizuje się po krótkim okresie znacznych wahań na poziomie stałym, wyższym w porównaniu z tak samo suszonymi nasionami, stratyfikowanymi natychmiast po podsuszeniu. Żywotność tych nasion wykazuje począwszy od drugiego tygodnia suszenia znacznie większy brak stałości niż żywotność nasion stratyfikowanych bez przechowywania.

3. KIEŁKOWANIE NASION

Termin „kiełkowanie” stosowany w niniejszej pracy oznacza wyłącznie kiełkowanie tzw. widoczne. Rozpoczyna się ono w tym rozumieniu w momencie przebicia okryw nasiennych przez rosnący już korzeń zarodkowy. Kiełkowanie poprzedza, w przypadku nasion wszystkich gatunków z rodzaju *Prunus* L., pęknięcie pestki wzdłuż szwu brzuszego. Fakt ten świadczy o osiągnięciu przez nasienie pierwszej fazy stanu gotowości do kiełkowania, chociaż w warunkach nie sprzyjających, kiełkowanie takich nasion może nie nastąpić.

W pracach nad kiełkowaniem nasion w różnych warunkach termicznych zastosowano w odróżnieniu od wszystkich pozostałych badań metodę wysiewania pestek do podłoża zastępującego glebę. Obserwacjom podlegała zatem nie tyle pierwsza faza kiełkowania polegająca na przebicciu okryw nasiennych przez rosnący korzeń zarodkowy, co pojawianie się liścieni ponad warstwą nakrywającego pestki piasku 1-centymetrowej grubości. Dla zaznaczenia, że chodzi w tym przypadku o końcową fazę kieł-

kowania, w której bierze już udział również i hypokotyl zarodka, używany będzie tu termin „wschodzenie nasion”. Dopiero po zakończeniu tak pomyślanych prób kiełkowania można było, po wydobyciu wszystkich pozostałych jeszcze w podłożu nasion, stwierdzić ich ewentualną przynależność do kategorii nasion kiełkujących.

Z rozważań przeprowadzonych przez Vegisa (1963) wynika, że nasiona zapadające w stan rzeczywistego, głębokiego spoczynku mogą po jego ustąpieniu kiełkować w miarę upływu czasu w coraz to szerszym zakresie temperatur. Do tej pory nie wiadomo jednak, jak kształtują się te stosunki w przypadku nasion przeważającej większości gatunków z rodzaju *Prunus L.*

W roku 1962 wybrano z większej ilości stratyfikowanych przez zimę nasion dzikiej czereśni nasiona w pestkach pękniętych i niepękniętych i wysiano je do gruntu. Od chwili wysiewu mierzono codziennie 3-krotnie temperaturę gleby na głębokości rozmieszczenia pestek w glebie. Wkrótce po wysiewie (20—26 kwietnia) nastął okres z niezwykle wysoką, jak na warunki klimatyczne Kórniką temperaturą, która w glebie na poziomie nasion wahała się przez 6 dni w ciągu doby między 10° a 28°C . W efekcie, mimo utrzymywania wilgotności gleby w odpowiednim stanie, nasiona obydwu kategorii powstrzymały się całkowicie od kiełkowania i częściowo zapadły w stan spoczynku wtórnego, a częściowo uległy zepsuciu. Przypuszczenie, że czynnikiem uniemożliwiającym skielkowanie nasion była zbyt wysoka temperatura, było bezpośrednim impulsem do podjęcia badań nad temperaturą kiełkowania.

W każdej populacji nasion, nawet w pochodzącej z pojedynczego drzewa, pestki nie pękają podczas stratyfikacji i nie kiełkują jednocześnie. W każdej partii stratyfikowanych nasion można w okresie kiełkowania znaleźć oprócz wyraźnie kiełkujących również nasiona jeszcze nie kiełkujące w pestkach już pękniętych, jak również nasiona spoczywające jeszcze w całych, nie naruszonych pestkach. Część nasion ostatnich obydwu typów może, jak to wynika z obserwacji autora, powstrzymać się od kiełkowania nawet w korzystnych warunkach. Z tego też względu traktowano i obserwowano w naszych badaniach wszystkie trzy kategorie nasion oddzielnie.

Zasada ta obowiązywała w przedstawionych poniżej badaniach nad kiełkowaniem nasion czereśni dzikiej i czeremchy zwyczajnej w temperaturach stałych oraz nasion czereśni dzikiej w temperaturach cyklicznie zmiennych.

a) Kiełkowanie nasion w temperaturach stałych

Krótką charakterystyka doświadczeń

Cel: poznanie przebiegu i zakresu kiełkowania nasion czereśni dzikiej i czeremchy zwyczajnej w różnych temperaturach stałych w zależności od stopnia zaawansowania w procesie ustępowania spoczynku.

Materiał: *Prunus avium* L. Kórnik koło Poznania, zbiór 1963 r., zdrowotność 93,4%; *Prunus padus* L. mieszanina z 3 drzew z Kórnika koło Poznania, zbiór 1963 r., zdrowotność 97,0%.

Przechowywanie nasion: w zamkniętych butlach w 3°C od zbioru i podsuszenia do stratyfikacji, tj. do 3 XII 1963 r.

Stratyfikacja: *P. avium* — 2 tyg. 20°C, potem 18—18½ tyg. 3°C; *P. padus* — 2 tyg. 20°C, potem 21—22 tyg. 3°C.

Wysiewy: *P. avium* — 23—27 IV 1964 r., *P. padus* — 12—19 V 1964 r.

Wydzielone kategorie nasion: nasiona kiełkujące (korzeń 3—5 mm), nasiona nie kiełkujące w pestkach pękniętych, nasiona w pestkach niepękniętych.

U w a g a : nasiona czereśni w pestkach pękniętych były bardziej przygotowane do kiełkowania niż nasiona czerechmy tej samej kategorii.

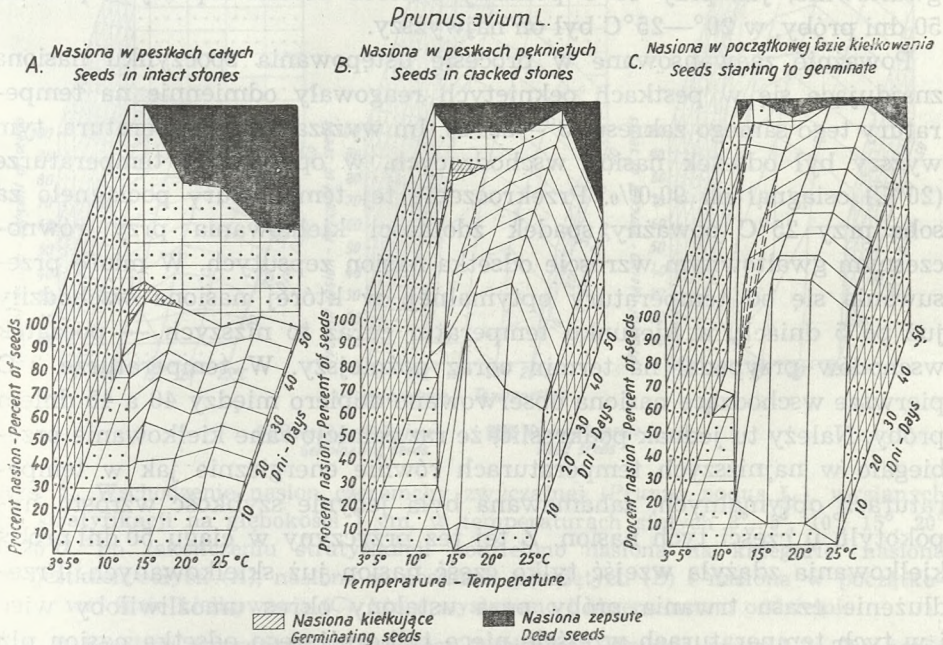
Temperatury kiełkowania: 3°, 5°, 10°, 15°, 20°, 25°C (± 0,5°).

Częstość kontroli: co 5 dni przez dni 50.

Głębokość wysiewu: 10 mm.

Elementy badane: podczas trwania próby kiełkowania — wchodzenie nasion, po zakończeniu próby — kiełkowanie nasion, które nie wzeszły, zdrowotność nasion.

Ilość powtórzeń: 2 (2×50 nasion).



Rys. 2. Wschodzenie nasion czereśni dzikiej (*Prunus avium* L.), wysianych po stratyfikacji na głębokości 1 cm, w temperaturach stałych 3°, 5°, 10°, 15°, 20° i 25°C. Po zakończeniu stratyfikacji podzielono nasiona na kategorie: nasiona w pestkach całych (A), nasiona w pestkach pękniętych (B) i nasiona w początkowej fazie kiełkowania (C), które wysiewano i obserwowano oddzielnie

Fig. 2. Seedling emergence of mazzard (*Prunus avium* L.). The seeds were sown after stratification to a depth of 1 cm at constant temperatures of 3°, 5°, 10°, 15°, 20° and 25°C. Following the completion of stratification seeds were divided into three categories, A — seeds in whole stones, B — seeds in cracked stones, and C — seeds that have begun to germinate, which were sown and observed separately.

Omówienie wyników

Rezultaty doświadczeń nad kiełkowaniem nasion czereśni dzikiej i czeremchy zwyczajnej przedstawiono graficznie w postaci wykresów przestrzennych (rys. 2 i 3). Ze względu na odmienną pod pewnymi względami reakcję nasion obydwu badanych gatunków, nasiona czereśni i czeremchy omawiane są oddzielnie.

Prunus avium L. (rys. 2)

Nasiona z pestek niepękniętych wschodziły we wszystkich temperaturach w nieznacznym procencie. Chociaż w temperaturze 3° i 5°C nasiona wschodziły najpóźniej, to jednak proces ten przebiegał w tych właśnie temperaturach najbardziej energicznie. W miarę wzrostu temperatury początek wschodzenia nasion przypadał na termin coraz wcześniejszy, w temperaturach zakresu 10°—20°C pojawienie się pierwszych widocznych liścieni notowano po 10—15 dniach próby. Równocześnie wzrastał gwałtownie, już przy 10°C pokaźny odsetek nasion zepsutych podczas 50 dni próby, w 20°—25°C był on najwyższy.

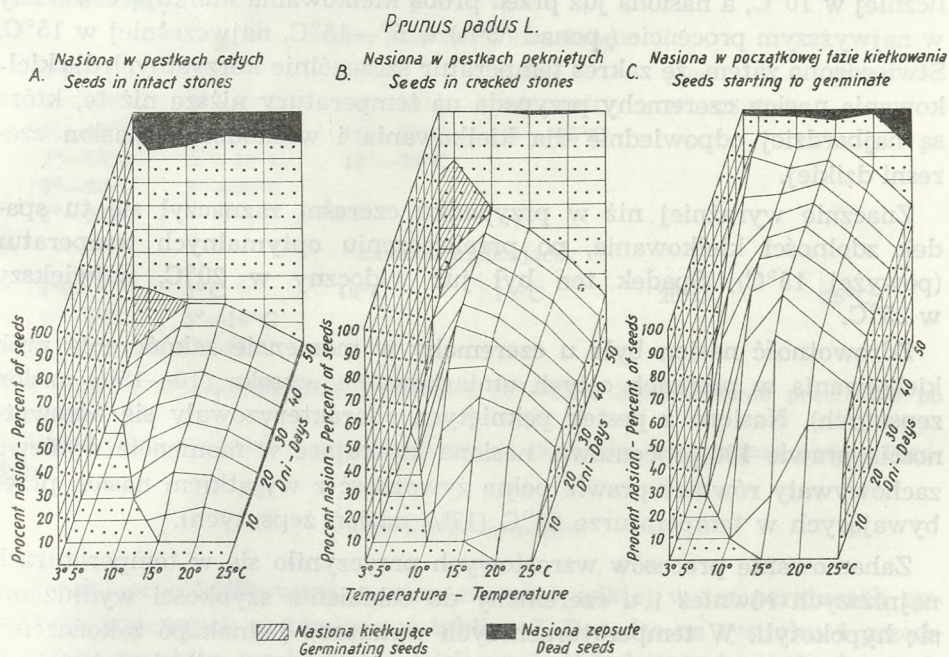
Poważnie zaawansowane w procesie ustępowania spoczynku nasiona znajdujące się w pestkach pękniętych reagowały odmiennie na temperatury tego samego zakresu (3°—25°C). Im wyższa była temperatura, tym wyższy był odsetek nasion wschodzących, w optymalnej temperaturze (20°C) osiągnął on 90,0%. Przekroczenie tej temperatury pociągnęło za sobą przy 25°C poważny spadek zdolności kiełkowania przy równoczesnym gwałtownym wzroście odsetka nasion zepsutych. W miarę przesuwania się od temperatury optymalnej, w której nasiona wschodziły już po 5 dniach, w kierunku temperatur coraz to niższych — początek wschodów przypadał na termin coraz późniejszy. W temperaturze 3°C pierwsze wschodzące nasiona obserwowano dopiero między 40 a 45 dniem próby. Należy tu jednak podkreślić, że raz zainicjowane kiełkowanie przebiegało w najniższych temperaturach równie energicznie jak w temperaturach optymalnych, zahamowana była jedynie szybkość wzrostu hypokotyli u części tych nasion. Z tej też przyczyny w ciągu 50 dni próby kiełkowania zdążyła wzejść tylko część nasion już skielkowanych. Przedłużenie czasu trwania próby poza ustalony okres umożliwiłoby więc i w tych temperaturach wzejście nieco tylko niższego odsetka nasion niż w 15°—20°C.

Nasiona, które wysiano z już widocznymi korzeniami (kategoria nasion kiełkujących) kontynuowały we wszystkich temperaturach raz rozpoczęty proces. I tu, w miarę zbliżania się od temperatur wyższych do 3°C, termin pojawienia się pierwszych liścieni podlegał znacznemu przesunięciu w czasie z 5—10 dni na 30—35 dzień próby. W temperaturze najwyższej (25°C) szybkość wzrostu hypokotyli zarodków była tak wielka, że pierwsze liścienie notowano już w ciągu pierwszych 5 dni próby wschodzenia. W temperaturze tej następował jednak równocześnie spadek zdolności

kiełkowania związany z obniżeniem zdrowotności nasion. W omawianej tu kategorii nasion maksymalna zdolność kiełkowania została osiągnięta, podobnie jak w kategorii poprzedniej, najwcześniej w temperaturach zakresu 15°—20°C. Zdrowotność nasion kiełkujących w chwili wysiewu była po 50 dniach próby we wszystkich temperaturach wysoka.

Prunus padus L. (rys. 3)

Nasiona czereśni różniły się od nasion dzikiej czereśni po podziale na poszczególne kategorie tym, że nasiona z pestek pękniętych nie były



Rys. 3. Wschodzenie nasion czereśni zwyczajnej (*Prunus padus* L.), wysianych po stratyfikacji na głębokości 1 cm, w temperaturach stałych 3°, 5°, 10°, 15°, 20° i 25°C. Po zakończeniu stratyfikacji podzielono nasiona na kategorie: nasiona w pestkach całych (A), nasiona w pestkach pękniętych (B) i nasiona w początkowej fazie kiełkowania (C), które wysiewano i obserwowano oddzielnie

Fig. 3. Seedling emergence of European birdcherry (*Prunus padus* L.). The seeds were sown after stratification to a depth of 1 cm at constant temperatures of 3°, 5°, 10°, 15°, 20 and 25°C. Following the completion of stratification the seeds were divided into three categories, A — seeds in whole stones, B — seeds in cracked stones, and C — seeds that have begun to germinate — which were sown and observed separately.

tak dalece zaawansowane w procesie ustępowania spoczynku jak to obserwowano u nasion czereśni. Charakterystyczne dla bliskiego już kiełkowania wydłużenie się przykorzeniowej części nasion nie było u nich jeszcze widoczne.

Zjawisko opóźniania się wschodów, od pierwszych dni próby w temperaturach optymalnych do terminów coraz późniejszych w miarę stosowania coraz to niższej temperatury kiełkowania, miało w przypadku czeremchy przebieg podobny jak u dzikiej czereśni. Najwcześniej wschodziły nasiona wszystkich trzech kategorii w temperaturach zakresu 15° — 25°C . Znacznie wyraźniej niż u czereśni uwidocznił się tu jednak optymalny wpływ określonej temperatury na zdolność kiełkowania. Nasiona z pestek całych wschodziły najliczniej, chociaż w niewysokim procencie, w temperaturach 10° — 15°C . Nasiona z pestek pękniętych wschodziły najliczniej w 10°C , a nasiona już przed próbą kiełkowania kiełkujące weszły w najwyższym procencie (ponad 85%) w 5° — 15°C , najwcześniej w 15°C . Stwierdzono zatem, że zakres temperatur szczególnie korzystnych dla kiełkowania nasion czeremchy przypada na temperatury niższe niż te, które są najbardziej odpowiednie dla kiełkowania i wschodzenia nasion czereśni dzikiej.

Znacznie wyraźniej niż w przypadku czereśni zaznaczył się tu spadek zdolności kiełkowania, po przekroczeniu optymalnych temperatur (powyżej 15°C). Spadek ten był już widoczny w 20°C , największy w 25°C .

Zdrowotność nasion była u czeremchy w momencie zakończenia prób kiełkowania w pestkach całych umiarkowanie wysoka (10—15% nasion zepsutych). Nasiona z pestek pękniętych charakteryzowały się zdrowotnością prawie 100-procentową, nasiona kiełkujące w momencie wysiewu zachowywały również prawie pełną żywotność z wyjątkiem nasion przebywających w temperaturze 25°C (17% nasion zepsutych).

Zahamowanie procesów wzrostowych przyczyniło się w temperaturach najniższych również i u czeremchy do osłabienia szybkości wydłużania się hypokotyli. W temperaturach tych wykazano jednak po zakończeniu prób kiełkowania obecność poważnego, u nasion w pestkach pękniętych nawet bardzo poważnego odsetka nasion kiełkujących, lecz jeszcze nie wzeszłych. Przedłużenie czasu trwania próby kiełkowania przyczyniłoby się prawdopodobnie i tu do powiększenia procentu nasion wschodzących w tych temperaturach.

Przy porównywaniu najwyższych wartości zdolności kiełkowania, osiągniętych przez nasiona poszczególnych kategorii, uwidoczniła się u obydwu badanych gatunków pewna prawidłowość. W miarę wzrostu stopnia zaawansowania w procesie ustępowania spoczynku wzrastała bowiem zdolność kiełkowania nasion w temperaturach optymalnych. Nasiona z pestek niepękniętych kiełkowały i wschodziły słabo, te z pestek pękniętych zajmowały stanowisko pośrednie, natomiast nasiona wysiewane z pierwszymi oznakami kiełkowania charakteryzowały się w temperaturach optymalnych najwyższym, zwykle bardzo wysokim procentem nasion prawidłowo wschodzących.

b) Kiełkowanie nasion w temperaturach cyklicznie zmiennych

Krótka charakterystyka doświadczeń

Cel: porównanie kiełkowania nasion dzikiej czereśni w temperaturach cyklicznie zmiennych z kiełkowaniem w temperaturach stałych.

Materiał: *P. avium* L. z Kórnika koło Poznania, żywotność 93,4%. Materiał nasienny czereśni ten sam co w doświadczeniu poprzednim, wszystkie dane dotyczące przechowywania, stratyfikacji, wysiewów, kategorii nasion, badanych elementów i ilości powtórzeń te same.

Temperatury:

pestki pęknięte i niepęknięte

3°C	5°C	10°C	15°C	20°C	25°C
3°—5°C	5°—10°C	10°—15°C	15°—20°C	20°—25°C	
3°—10°C	5°—15°C	10°—20°C	15°—25°C		
3°—15°C	5°—20°C	10°—25°C			
3°—20°C	5°—25°C				
3°—25°C					

nasiona kiełkujące

3°C	5°C	10°C	15°C	20°C	25°C
3°—5°C	5°—10°C				
	5°—15°C				

U w a g a : w kombinacjach 3°—15°C i 10°—15°C doświadczenie przerwano po 5 dniach.

Układ cyklu cieplnego: temperatura niższa 16 godzin, temperatura wyższa 8 godzin.

Omówienie wyników

Wyniki prób kiełkowania nasion czereśni dzikiej w temperaturach cyklicznie zmiennych zestawiono w tablicy 7. Ponadto na rysunku 4 przedstawiono przebieg wschodzenia nasion w cyklach termicznych opartych o 5°C jako o niższą temperaturę cyklu. Należy tu zaznaczyć, że ze względu na brak nasion, ilość wariantów termicznych prób kiełkowania nasion wysiewanych w początkowej fazie kiełkowania jest niepełna.

Nasiona, które w momencie wysiewu spoczywały w pestkach całych, wschodziły w porównaniu z pozostałymi kategoriami w niewielkim lub wprost nikłym procencie. Najwyższa osiągnięta wartość zdolności kiełkowania wynosiła tu 22,0%. Przemawiałoby to za tym, że mimo wystarczająco długiego okresu stratyfikacji większość nasion tej kategorii pozostała w stanie głębokiego spoczynku.

Na przykładzie przebiegu kiełkowania nasion w temperaturze stałej 5°C i w cyklach cieplnych o tę temperaturę opartych (rys. 4) wykazano, że w miarę upływu czasu trwania próby kiełkowania optimum termiczne obejmowało coraz większy zakres amplitudy wahań temperatury. W 25 dniu przypadało ono na cykle 5°—20°C i 5°—25°C. W 35 dniu optimum to poszerzyło się jeszcze o wariant 5°—15°C, a po 50 dniach zbliżone

Tablica 7

Wschodzenie nasion czereśni dzikiej (*Prunus avium* L.) wysianych po stratyfikacji ciepło-chłodnej (2 tyg. 20°C, 21–22 tyg. 3°C) na głębokości 1 cm. Temperatury kiełkowania stałe lub cyklicznie zmienne (temperatura niższa – 16 godz., temperatura wyższa – 8 godzin). Przed stratyfikacją pestki przechowywano w zamkniętych butlach w temperaturze 3°C przez 4½ miesiąca w stanie podsuszonym. Zdrowotność początkowa nasion 93,4%. Przed wysiewem podzielono nasiona na

3 kategorie (A, B, C) które wysiewano oddzielnie

Seedling emergence after sowing of mazzard (*Prunus avium* L.) seeds given a warm-followed-by-cold stratification (2 weeks 20°C, 21–22 weeks 3°C) to a depth of 1 cm. Germination temperature was constant or cyclically variable (16 hrs. lower temp. and 8 hrs. higher temp.). Before stratification the stones were stored in a partially dried state in sealed bottles at a temperature of 3°C for a period of 4½ months. Initial seed viability was 93,4%. Prior to sowing the seeds were divided into

3 categories (A, B, C) which were sown separately

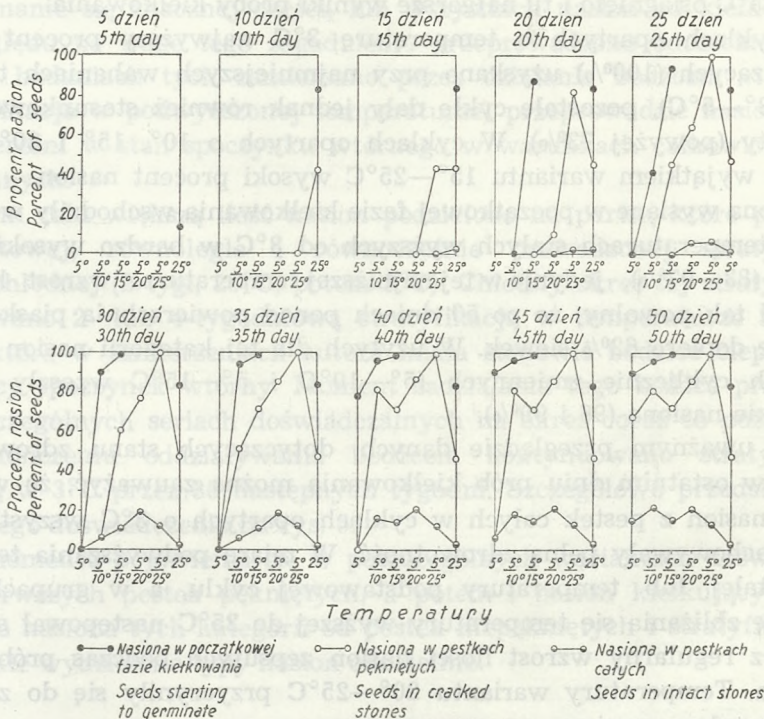
Temperatura Temperature °C	A Nasiona z pestek niepękniętych Seeds from uncracked stones			B Nasiona z pestek pękniętych Seeds from cracked stones			C Nasiona w początkowej fazie kiełkowania Seeds in the initial stage of germination			Nasiona zepsute po 50 dniach próby kiełko- wania Seeds decayed after 50 days of the germina- tion test		
	dzień próby kiełko- wania day when germination scored			dzień próby kiełko- wania day when germination scored			dzień próby kiełko- wania day when germination scored			A	B	C
	20	25	50	20	25	50	20	25	50	%	%	%
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
3°	0	0	5,0	0	0	42,2	0	0	62,0	0	4,5	10,0
3°–5°	0	0	8,0	0	0	100,0	0	0	0	0	0	0
3°–10°	0	0	17,0	0	23,3	86,6	0	0	0	0	9,0	0
3°–15°	0	—	—	15,6	—	—	0	0	0	—	—	—
3°–20°	0	10,0	21,0	52,2	73,3	74,4	0	0	0	0	11,0	0
3°–25°	8,0	11,0	14,0	61,0	73,2	73,2	0	0	0	0	11,1	0
5°	0	0	15,0	0	0	67,7	0	0	90,0	0	13,3	0
5°–10°	0	0	22,0	0	0	81,0	0	41,0	96,0	20,0	3,3	4,0
5°–15°	0	0	15,0	0	45,6	72,3	87,0	94,0	99,0	18,0	2,2	1,0
5°–20°	0	6,0	21,0	10,0	64,4	86,6	0	0	0	34,0	5,5	0
5°–25°	2,0	7,0	13,0	82,1	99,9	99,9	0	0	0	32,0	0	0
10°	2,0	10,0	12,0	47,8	71,0	73,3	87,0	87,0	87,0	34,0	12,2	10,0
10°–15°	7,0	—	—	76,6	—	—	0	0	0	—	—	—
10°–20°	14,0	17,0	18,0	72,1	75,4	75,4	0	0	0	30,0	12,2	0
10°–25°	15,0	17,0	18,0	87,9	89,0	89,0	0	0	0	29,0	10,0	0
15°	3,0	3,0	4,0	82,1	83,2	83,2	97,0	97,0	97,0	36,0	18,3	3,0
15°–20°	14,0	17,0	18,0	85,5	85,5	85,5	0	0	0	47,0	7,8	0
15°–25°	16,0	16,0	18,0	52,1	53,2	54,3	0	0	0	27,0	36,5	0
20°	8,0	8,0	8,0	88,7	89,8	90,9	97,0	97,0	97,0	53,0	3,3	3,0
20°–25°	7,0	7,0	7,0	80,9	83,1	83,1	0	0	0	64,0	8,8	0
25°	2,0	2,0	3,0	45,5	47,7	47,7	83,0	83,0	83,0	55,0	50,0	15,0

wartości zdolności kiełkowania uzyskano tak w temperaturze stałej 5°C, jak w cyklach 5°–10°C, 5°–15°C, 5°–20°C i 5°–25°C. Temperatura stała 25°C była dla kiełkowania nasion dzikiej czereśni w stanie głębokiego spoczynku prawie zupełnie nieefektywna. W cyklach termicznych opartych o temperatury 3°, 10° i 15°C wahania temperatur odbijały się

również korzystnie na kiełkowaniu nasion należących do omawianej powyżej kategorii.

Znacznie wyższą wagę posiadają wyniki prób kiełkowania nasion wysiewanych w pestkach już pękniętych. W warunkach praktycznych bowiem, wysiewy nasion gatunków pestkowych powinny być wykonywane wtedy, kiedy w stratyfikowanych partiach pojawiają się pierwsze nasiona kiełkujące. Nasiona w pestkach pękniętych stanowią wtedy zazwyczaj najliczniej reprezentowaną kategorię.

Wschodzenie nasion z pestek już w chwili wysiewu pękniętych prze-



Rys. 4. Wschodzenie nasion czereśni dzikiej (*Prunus avium* L.), wysianych po stratyfikacji na głębokości 1 cm, w temperaturach stałych 5° i 25°C oraz cyklicznie zmiennych 5°—10°C, 5°—15°C, 5°—20°C i 5°—25°C (temperatura niższa 16 godzin, temperatura wyższa 8 godzin). Po zakończeniu stratyfikacji podzielono nasiona na kategorie: nasiona w pestkach całych, nasiona w pestkach pękniętych i nasiona w początkowej fazie kiełkowania, które wysiewano i obserwowano oddzielnie. Terminy obserwacji: 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 i 50-ty dzień próby kiełkowania

Fig. 4. Seedling emergence of mazzard (*Prunus avium* L.). The seeds were sown after stratification to a depth of 1 cm at constant temperatures of 5°, and 25°C and at regularly changing temperatures 5°—10°C, 5°—15°C, 5°—20°C and 5°—25°C (lower temperature 16 hours, higher temperature 8 hours). Following the completion of stratification the seeds were divided into three categories, seeds in whole stones, seeds in cracked stones and seeds that have begun to germinate, which were sown and observed separately. Observation times were: 5-th, 10th, 10th, 20th, 25th, 30th, 35th, 40th, 45th and 50th day of the germination test.

biegało nieco inaczej chociażby dlatego, że kiełkowały one w wysokim procencie. Na przykładzie kiełkowania w cyklach termicznych opartych o 5°C (rys. 4) można wykazać, że w początkowym okresie próby optymalny był układ wahań cieplnych, charakteryzujący się największą rozpiętością temperatur (5° — 25°C). Mimo, że zakres cykli korzystnych dla kiełkowania uległ w miarę upływu czasu znacznemu rozszerzeniu — ten właśnie wariant zachował aż do końca próby przodującą pozycję. W końcowym okresie próby, tj. po 50 dniach, optymalny zakres obejmował już oprócz temperatury stałej 5°C również cykle 5° — 10°C , 5° — 15°C , 5° — 20°C i 5° — 25°C z wydatną przewagą tego ostatniego. W temperaturze stałej 25°C osiągnięto i tu najgorsze wyniki próby kiełkowania.

W cyklach opartych o temperaturę 3°C najwyższy procent nasion wschodzących (100%) uzyskano przy najmniejszych wahaniami termicznych (3° — 5°C), pozostałe cykle dały jednak również stosunkowo dobre rezultaty (powyżej 73%). W cyklach opartych o 10° , 15° i 20°C wszedł z wyjątkiem wariantu 15° — 25°C wysoki procent nasion.

Nasiona wysiane w początkowej fazie kiełkowania wschodziły we wszystkich temperaturach stałych wyższych od 3°C w bardzo wysokim procencie (83—97%), jedynie w tej najniższej temperaturze wzrost hypokotyli był tak powolny, że po 50 dniach ponad powierzchnią piasku pojawiło się dopiero 62% siewek. W użytych dla tej kategorii nasion temperaturach cyklicznie zmiennych (5° — 10°C i 5° — 15°C) wzeszły prawie wszystkie nasiona (96 i 99%).

Przy uważnym przeglądzie danych, dotyczących stanu zdrowotności nasion w ostatnim dniu prób kiełkowania można zauważyć, że w przypadku nasion z pestek całych w cyklach opartych o 3°C wszystkie nasiona zachowywały pełną zdrowotność. W miarę podwyższania temperatury stałej lub temperatury podstawowej cyklu, a w grupach cykli w miarę zbliżania się temperatury wyższej do 25°C następował stopniowy, lecz regularny wzrost ilości nasion zepsutych podczas próby kiełkowania. Temperatury wariantu 20° — 25°C przyczyniły się do zepsucia przeszło połowy nasion.

W kategorii nasion z pestek pękniętych wrażliwość nasion na uszkodzenia spowodowane przez zbyt wysoką temperaturę wyraźnie malała. Najwyższe straty spowodowane zostały i tu jednak przez temperatury najwyższe (20° i 25°C), działające już tylko jako temperatury stałe (35,6% i 50% nasion zepsutych).

Żywotność nasion wysiewanych z pierwszymi oznakami kiełkowania, okazała się cechą mało zależną od temperatury kiełkowania, jedynie temperatura stała 25°C przyczyniła się do zamarcia 15% nasion.

Okazało się zatem, że wrażliwość stratyfikowanych nasion dzikiej czerśni na działanie szkodliwych dla ich żywotności podwyższonych (do 25°C) temperatur maleje ze wzrostem stopnia ich zaawansowania w procesie ustępowania spoczynku.

4. SPOCZYNEK WTÓRNY

Na przykładzie nasion czerechy zwyczajnej wykazano, że przekroczenie termicznego optimum kiełkowania przyczynia się do zapadania nasion z pestek już pękniętych w stan spoczynku wtórnego. Użyte do badań nasiona czereśni były natomiast w procesie ustępowania spoczynku na tyle zaawansowane, że temperatury podwyższone przyczyniały się bądź do skiełkowania, bądź też do utraty żywotności i zepsucia (rys. 2 i 3).

Zapadnięcie nasion w stan spoczynku wtórnego może w warunkach praktyki szkółkarskiej lub w warunkach naturalnych spowodować powstrzymanie się znacznej części, lub wszystkich nasion od kiełkowania. Ze względu na wagę tego zagadnienia przeprowadzono oddzielne badania. W badaniach tych zamierzano przez działanie bodźcem cieplnym (stratyfikacja w podwyższonej temperaturze) przeprowadzić nasiona dzikiej czereśni w stan spoczynku wtórnego w warunkach całkowicie kontrolowanych.

W tym celu większą ilość nasion podzielono na partie, które poddano standartowej, równoległej i równocześnie prowadzonej stratyfikacji ciepło-chłodnej (2 tyg., 20°C, potem 3°C). Chłodny okres tej stratyfikacji przerywano 2- lub 4-tygodniową stratyfikacją w temperaturze 20° lub 25°C, która w zamierzeniach autora miała stanowić bodziec cieplny indukujący spoczynek wtórny. Moment zadziałania tego bodźca przypadał w poszczególnych seriach doświadczalnych na okres coraz to późniejszy. Po zakończeniu oddziaływania bodźcem kontynuowano stratyfikację chłodną w 3°C przez 30 następnych tygodni. Szczegółowo przedstawiono układ tego doświadczenia na rys. 5.

Od momentu pojawienia się w poszczególnych wariantach doświadczenia pierwszych pestek pękniętych, a potem i nasion kiełkujących, oddzielano nasiona tych kategorii od pestek niepękniętych i stratyfikowano wszystkie wydzielone typy nasion oddzielnie.

Krótka charakterystyka doświadczeń

Cel: poznanie skutków działania bodźca cieplnego, zastosowanego w chłodnym okresie ciepło-chłodnej stratyfikacji nasion dzikiej czereśni.

Materiał: *Prunus avium* L. drzewo nr 8 z Kórnika koło Poznania, żywotność 92,6% w chwili rozpoczynania stratyfikacji.

Przechowywanie pestek: po zbiorze i podsuszeniu od 15 VII 1964 r. do 5 II 1965 r. w zamkniętych szczelnie butelkach w temperaturze 1°C.

Początek stratyfikacji: 5 II 1965 r.

Koniec doświadczenia: 18 II 1966 r.

Stratyfikacja: 2 tyg. 20°C, potem do momentu zadziałania bodźcem cieplnym stratyfikacja w temperaturze 3°C, po czym ponowna stratyfikacja w temperaturze 3°C przez 30 tygodni.

Układ doświadczenia: patrz rys. 5.

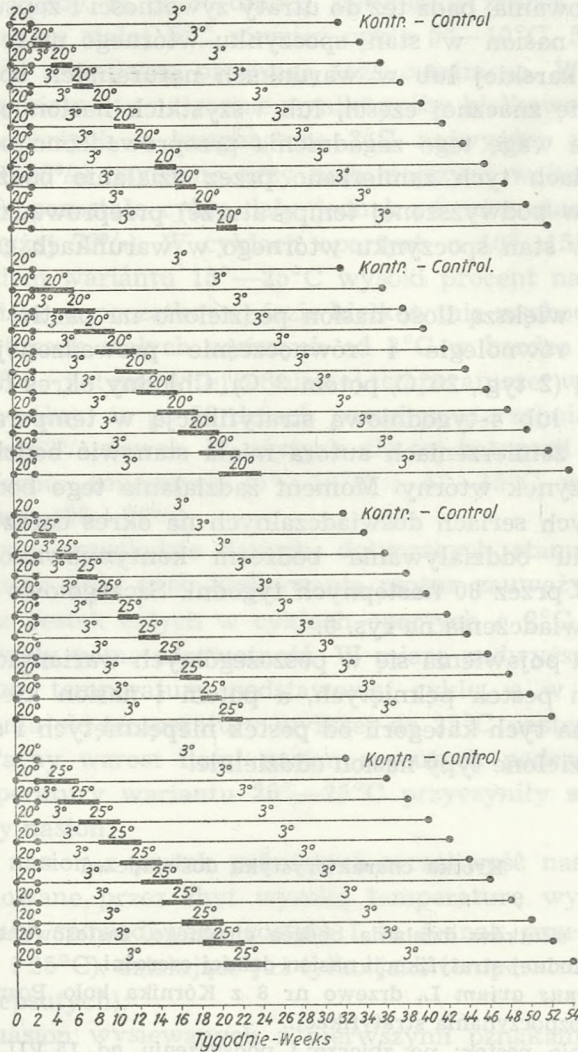
Bodźce cieplne: 20°C — 2 tyg., 20°C — 4 tyg., 25°C — 2 tyg., 25°C — 4 tyg.

Kontrola: co 2 tyg. podczas stratyfikacji chłodnej, podczas stratyfikacji w 20° lub 25°C co tydzień.

Elementy badane: pęknięcie pestek, kiełkowanie nasion, widoczne psucie się nasion, zdrowotność końcowa nasion.

Ilość powtórzeń: 3 (3×100 nasion).

Opracowanie statystyczne: analizą wariancyjną objęto zdolność kiełkowania



Rys. 5. Układ doświadczeń nad indukcją spoczynku wtórnego w stratyfikowanych nasionach dzięki czereśni (*Prunus avium* L.), przez okresowe podwyższenie temperatury stratyfikacji do 20°C (2 lub 4 tygodnie) lub 25°C (2 lub 4 tygodnie)

Fig. 5. Arrangement of the experiments on the induction of secondary dormancy in already stratified seeds of mazzard (*Prunus avium* L.) through the periodic elevation of the stratification temperature to 20°C (for 2 or 4 weeks) or 25°C (for 2 or 4 weeks).

(łącznie dla wszystkich kategorii nasion danego wariantu) oraz średni czas kiełkowania (dla poszczególnych kategorii każdego wariantu).

Łączna ilość nasion w doświadczeniu: 14 400 sztuk.

Omówienie wyników

Wyniki doświadczenia nad wpływem działania bodźców cieplnych na przebieg ustępowania spoczynku i kiełkowania nasion dzikiej czereśni przedstawiono na rysunkach 6—13. Dla właściwego zinterpretowania tych wyników potraktowano uzyskane dane dwoma sposobami. Pierwszy polega na sumarycznym przedstawieniu uzyskanych wartości zdolności kiełkowania i zdrowotności końcowej bez wyróżniania poszczególnych kategorii nasion, drugi oparty jest o analizę wyników w obrębie poszczególnych kategorii.

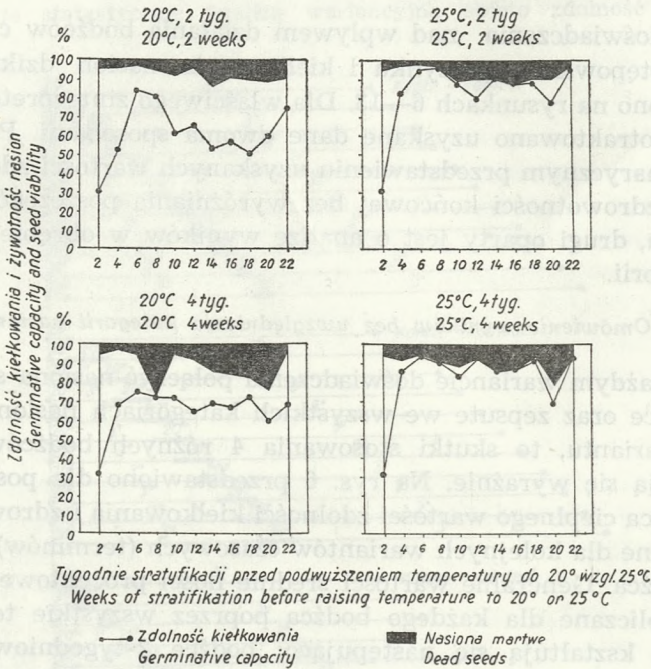
Omówienie wyników bez uwzględnienia kategorii nasion

Jeśli w każdym wariacie doświadczenia połączyć nasiona skiełkowane, niekiełkujące oraz zepsute we wszystkich kategoriach nasion należących do tego wariantu, to skutki stosowania 4 różnych bodźców cieplnych uwidaczniają się wyraźnie. Na rys. 6 przedstawiono dla poszczególnych typów bodźca cieplnego wartości zdolności kiełkowania i zdrowotności nasion uzyskane dla kolejnych wariantów czasowych (terminów) zadziałania danego bodźca. Generalne wartości średnie ilości procentowej nasion zepsutych, obliczane dla każdego bodźca poprzez wszystkie terminy jego stosowania, kształtują się następująco: bodźce 2-tygodniowe — 8,2% (20°C) i 7,2% (25°C), bodźce 4-tygodniowe — 11,8% (20°C) i 9,5% (25°C). Również na podstawie wykresów (rys. 6) można stwierdzić, że krócej działający bodziec cieplny powodował nieco mniejsze straty nasion, niż bodziec działający dłużej. Wahania zdrowotności nasion zależne od poszczególnych terminów zadziałania bodźca były przy bodźcach 2-tygodniowych mniejsze niż przy 4-tygodniowych.

Ilość nasion zdrowych powstrzymujących się od kiełkowania była zależna przede wszystkim od wysokości temperatury bodźca, a nie od czasu jego działania. Dla bodźców 20°C (2 i 4 tyg.) stwierdzono duże ilości nasion (generalnie średnio 31,4% i 23,6%), pozostających do końca doświadczenia w stanie głębokiego spoczynku. Bodźce 25°C (2 i 4 tyg.) przyczyniły się natomiast do skiełkowania prawie wszystkich nasion zdrowych. Średnie generalne ilości nasion niekiełkujących wynosiły tu 10,0% (2 tyg.) i 8,8% (4 tyg.). Wariant kontrolny bez bodźca cieplnego (normalna stratyfikacja ciepło-chłodna) odbiegał wyraźnie od wszystkich wariantów z bodźcem i to bez względu na temperaturę i czas działania bodźców. Ilość nasion zdrowych niekiełkujących w chwili zakończenia stratyfikacji wynosiła tu 63,3%.

Niezwykle silny okazał się wpływ bodźców cieplnych na łączną zdol-

ność kiełkowania nasion, tj. na sumaryczną zdolność kiełkowania nasion z pestek całych i pękniętych wraz z ewentualnie skiełkowanymi przed zadziałaniem bodźca. Bodźce 25°C przyczyniły się do skiełkowania wysokiego procentu nasion, odpowiadającego prawie całkowitej ilości nasion zdrowych. Średnie generalne wartości zdolności kiełkowania wynosiły tu

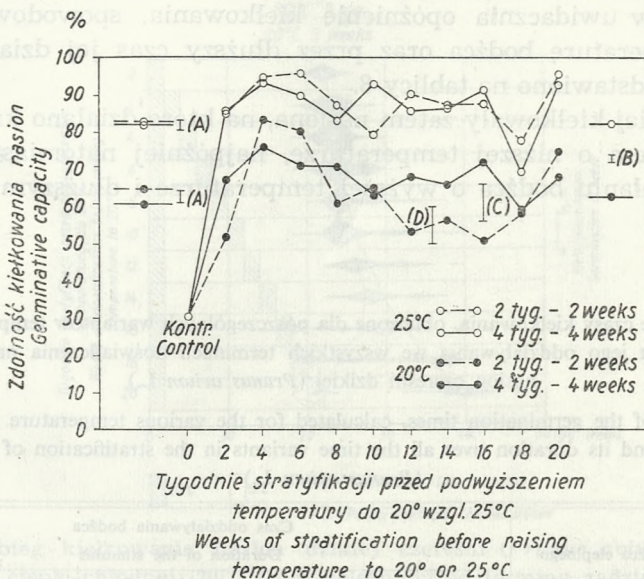


Rys. 6. Zdolność kiełkowania nasion czereśni dzikiej (*Prunus avium* L.) podczas stratyfikacji ciepło- chłodnej (20°/3°C), przerywanej bodźcem cieplnym indukującym spoczynek wtórny, w zależności od wysokości temperatury (20° lub 25°C), czasu oddziaływania tego bodźca (2 lub 4 tygodnie) i terminu jego zadziałania. Żywność nasion oznaczono po zakończeniu stratyfikacji

Fig. 6. Germinative capacity of mazzard (*Prunus avium* L.) seeds during warm-followed-by-cold-stratification (20°/3°C), interrupted by a warm stimulus inducing a secondary dormency as affected by the temperature of the stimulus (20°C or 25°C), its duration (2 weeks of 4 weeks) or the time of application. Seed viability was estimated on completion of the stratification.

82,8⁰% (2 tyg.) i 81,7⁰% (4 tyg.), przy najmniejszej różnicy udowodnionej 3,0⁰%, nie różniły się one zatem praktycznie wcale (rys. 7). Bodźce 20°C nie przyczyniły się do skiełkowania tak wielkich ilości nasion. I tutaj nie stwierdzono statystycznie udowodnionej różnicy pomiędzy średnimi generalnymi zdolnościami kiełkowania, wynosiły one bowiem 60,4⁰% (2 tyg.) i 64,4⁰% (4 tyg.). Różnica średnich generalnych wyliczonych dla wszystkich wariantów danej temperatury bodźca bez względu na czas jego działania jest istotna i wynosi (przy najmniejszej różnicy udowodnionej 2,12⁰%) 19,8⁰% na korzyść bodźca cieplejszego.

Przeanalizowanie indywidualnych wartości średnich zdolności kiełkowania, uzyskanych dla każdego z bodźców w poszczególnych terminach jego zadziałania, pozwala na wyciągnięcie dodatkowych wniosków. O ile zdolność kiełkowania uzyskana przy pomocy zwykłej stratyfikacji ciepło-chłodnej (na rys. 6 i 7 termin 0) jest niewysoka (30,6%), to wszystkie bez



Rys. 7. Zdolność kiełkowania nasion czereśni dzikiej (*Prunus avium* L.) podczas stratyfikacji ciepło-chłodnej (20°/3°C), przerywanej bodźcem ciepłym indukującym spoczynek wtórny, w zależności od wysokości temperatury (20° lub 25°C), czasu oddziaływania tego bodźca (2 lub 4 tygodnie) i terminu jego zadziałania. Na rysunku naniesiono najmniejsze różnice udowodnione (przy $\alpha=0,05$) średnich generalnych dla czasu oddziaływania bodźca w obrębie każdej z temperatur (A), średnich generalnych dla temperatur (B), wartości zdolności kiełkowania w poszczególnych terminach (C) między terminami (D)

Fig. 7. Germinative capacity of mazzard (*Prunus avium* L.) seeds during warm-followed-by-cold (20°/3°C) stratification, interrupted by a warm stimulus inducing a secondary dormancy as affected by the temperature of the stimulus (20° or 25°C) its duration (2 or 4 weeks) or the time of application. On the drawing the least significant differences are marked (5% level of significance) between the overall means for the duration of the stimulus within each temperature variant (A), between the overall means for the temperatures (B) between the germinative capacities within time variants (C) and between them (D).

wyjątku warianty z bodźcem przyczyniły się do poważnego wzrostu łącznej zdolności kiełkowania. Zastosowanie któregośkolwiek bodźca już po 4 tygodniach stratyfikacji ciepło-chłodnej, czyli po 2 tygodniach w 20°C i dalszych 2 tygodniach w 3°C, umożliwiło skiełkowanie najwyższej w każdej serii ilości nasion. Mielibyśmy tu zatem do czynienia z maksymalnym efektem fizjologicznym, uzyskanym w najkrótszym czasie. Dla uwypuklenia tego ważnego wyniku zestawiono wartości zdolności kieł-

kowania z rys. 6 na zbiorczym rysunku 7, co umożliwia porównanie tak średnich indywidualnych, jak i generalnych, wyliczonych dla poszczególnych bodźców. W tym celu uwidoczono na rys. 7 najmniejsze różnice udowodnione, obliczone na przyjętym poziomie wiarygodności ($\alpha=0,05$).

Wyliczenie generalnych średnich czasów kiełkowania dla poszczególnych bodźców uwidacznia opóźnienie kiełkowania, spowodowane przez wyższą temperaturę bodźca oraz przez dłuższy czas jej działania. Stosunki te przedstawiono na tablicy 8.

Najwcześniej kiełkowały zatem nasiona, na które działano krócej trwającym bodźcem o niższej temperaturze, najpóźniej natomiast te, które poddano działaniu bodźca o wyższej temperaturze i dłuższym czasie oddziaływania.

Tablica 8

Średnie generalne czasy kiełkowania, obliczone dla poszczególnych wariantów temperatury bodźca ciepłego i czasu jego oddziaływania we wszystkich terminach doświadczenia nad stratyfikacją nasion czereśni dzikiej (*Prunus avium* L.)

General means of the germination times, calculated for the various temperature variants of the warm stimulus and its duration over all the time variants in the stratification of mazzard seeds (*Prunus avium* L.)

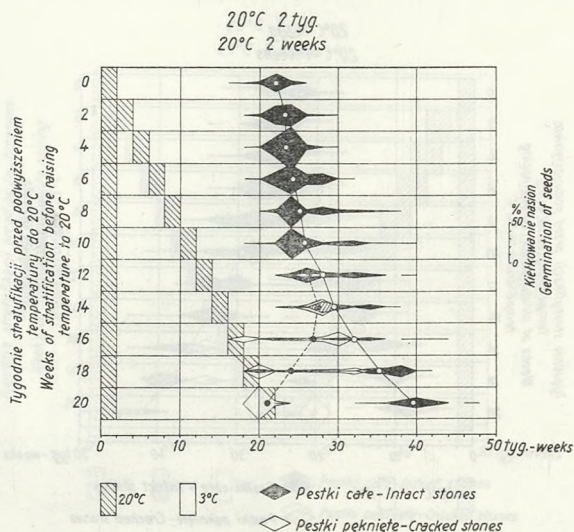
Temperatura bodźca ciepłego Temperature of the warm stimulus	Czas oddziaływania bodźca Duration of the stimulus	
	2 tygodnie 2 weeks	4 tygodnie 4 weeks
20°C	25,9 tyg. (weeks)	28,7 tyg. (weeks)
25°C	28,4 tyg. (weeks)	30,5 tyg. (weeks)

Uwzględnienie kategorii nasion przy analizie wyników

Łączne traktowanie nasion bez uwzględnienia fizjologicznych różnic zachodzących między nimi może w przypadku referowanych tu badań prowadzić do mylnych wniosków. Szczegółowe rozpatrzenie całokształtu zjawisk, zachodzących w poszczególnych wariantach doświadczenia uwidacznia natomiast nowe ciekawe fakty.

Jak to wynika z układu doświadczenia (rys. 5), każdy z czterech typów bodźca stosowano wielokrotnie w stopniowo opóźnianych terminach. Dzięki temu stało się możliwe, że przy odpowiednim opóźnieniu momentu zadziałania podwyższoną temperaturą, nasiona przechodziły coraz to dłużej trwającą stratyfikację ciepło-chłodną. Gdy czas trwania okresu chłodnego tej stratyfikacji osiągnął 10 tygodni, notowano już przed podwyższeniem temperatury pewną ilość nasion w pestkach pękniętych. Ilość ta wzrastała w miarę opóźniania momentu zadziałania bodźca ciepłego. W wariantach, w których bodziec działał najpóźniej, bo po 18 tygodniach

okresu chłodnego, stwierdzano już nie tylko pestki pęknięte, ale i pierwsze nasiona kiełkujące. Wariant ten odpowiadał zatem do chwili podwyższenia temperatury wariantowi kontrolnemu bez bodźca i wywoływał podobne skutki. Tak więc począwszy od 10 tygodni stratyfikacji chłodnej,

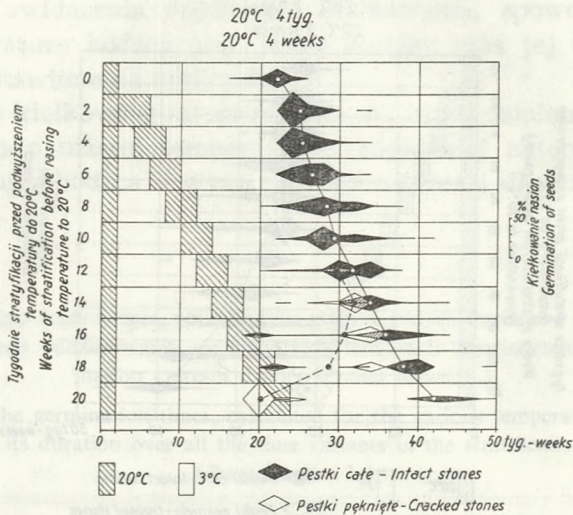


Rys. 8. Przebieg kiełkowania nasion dzikiej czereśni (*Prunus avium* L.) podczas stratyfikacji ciepło-chłodnej (20°/3°C) w zależności od terminu zadziałania bodźcem ciepłym, indukującym spoczynek wtórny. Wysokość temperatury bodźca 20°C, czas oddziaływania 2 tygodnie. Oddzielnie przedstawiono kiełkowanie nasion z pestek całych i pestek pękniętych. Linia ciągłą połączono wartości średniego czasu kiełkowania nasion z pestek całych, linią przerywaną te same wartości obliczone dla nasion z pestek pękniętych

Fig. 8. Course of germination of mazzard (*Prunus avium* L.) seeds during warm-followed-by-cold stratification (20°/3°C) depending on the time when the warm stimulus was applied inducing a secondary dormancy. Temperature of the stimulus was 20°C and its duration was 2 weeks. Germination of seeds from whole and cracked stones is presented separately. A continuous line joins the means of the germinating time for seeds from whole stones and broken line joins the means for seeds from cracked stones.

podwyższona temperatura oddziaływała na kategorie nasion wyraźnie zróżnicowane pod względem swego stanu fizjologicznego. Fakt ten został uwzględniony w naszych badaniach — nasiona rozdzielono natychmiast po stwierdzeniu tego zróżnicowania i aż do zakończenia doświadczenia traktowano i obserwowano oddzielnie. Okazało się przy tym, że przebieg kiełkowania nasion z pestek pękniętych i całych był odmienny. Na rysunkach 8-11 przedstawiono zaobserwowane zjawiska w sposób szczegółowy dla każdego z czterech typów bodźca oddzielnie, ograniczając się jednak dla większej jasności wyłącznie do ukazania przebiegu kiełkowania fizjologicznie zróżnicowanych nasion. Przebiegu pęknięcia pestek i zamierania nasion na rysunkach 8-11 nie przedstawiono.

Jak się okazuje, kiełkowanie nasion z pestek całych podlega pod wpływem podwyższonej temperatury bodźców opóźnieniu odpowiadającemu opóźnieniu momentu zadziałania tych bodźców. Przebieg krzywych średniego czasu kiełkowania, wyliczonych dla tych tylko nasion uwidacznia



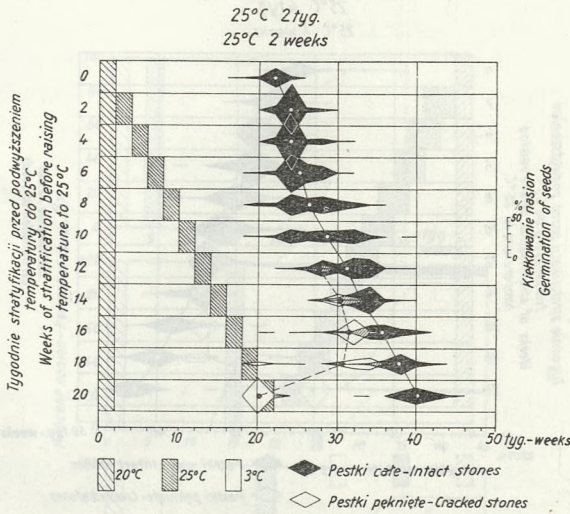
Rys. 9. Przebieg kiełkowania nasion dzikiej czereśni (*Prunus avium* L.) podczas stratyfikacji ciepło-chłodnej (20°/3°C) w zależności od terminu zadziałania bodźcem ciepłym, indukującym spoczynek wtórny. Wysokość temperatury bodźca 20°C, czas oddziaływania 4 tygodnie. Oddzielnie przedstawiono kiełkowanie nasion z pestek całych i z pestek pękniętych. Linią ciągłą połączono wartości średniego czasu kiełkowania nasion z pestek całych, linią przerywaną te same wartości obliczone dla nasion z pestek pękniętych

Fig. 9. Course of germination of mazzard (*Prunus avium* L.) seeds during warm-followed-by-cold stratification (20°/3°) depending on the time when the warm stimulus inducing a secondary dormancy was applied. Temperature of the stimulus was 20°C and its duration 4 weeks. Germination of seeds from whole and cracked stones is presented separately. A continuous line joins the means of the germinating time for seeds from whole stones and broken line joins the means for the seeds from cracked stones.

wyraźnie to przesuwanie się okresu kiełkowania. Bodziec ciepły 25°C działający przez 2 tygodnie, np. po 18 tygodniach chłodnego okresu stratyfikacji ciepło-chłodnej, przesuwa średni czas kiełkowania nasion omawianej tu kategorii na 40 tydzień stratyfikacji. Nasiona te wymagają zatem po zadziałaniu bodźca prawie tak samo długiego okresu stratyfikacji chłodnej dla skiełkowania jak nasiona stratyfikowane normalnie, bo około 20 tygodni (wartość ta dotyczy średniego czasu kiełkowania).

To charakterystyczne przesuwanie się okresu kiełkowania w ślad za opóźnianym coraz bardziej działaniem bodźca, jest w zasadzie niezależne od czasu jego trwania i temperatury w objętych naszymi doświadczeniami granicach (20°—25°C, 2—4 tyg.). Zadziałanie bodźca ciepłego oka-

zało się zatem dla interesującej nas kategorii nasion (pestki całe w chwili zadziałania bodźcem) równoznaczne z przedłużeniem okresu ich spoczynku, umożliwiło jednak z drugiej strony ich skiełkowanie po odpowiednim okresie stratyfikacji chłodnej.



Rys. 10. Przebieg kiełkowania nasion dzikiej czereśni (*Prunus avium* L.) podczas stratyfikacji ciepło-chłodnej ($20^{\circ}/3^{\circ}\text{C}$) w zależności od terminu zadziałania bodźcem ciepłym, indukującym spoczynek wtórny. Wysokość temperatury bodźca 25°C , czas oddziaływania 2 tygodnie. Oddzielnie przedstawiono kiełkowanie nasion z pestek całych i z pestek pękniętych. Linią ciągłą połączono wartości średniego czasu kiełkowania nasion z pestek całych, linią przerywaną te same wartości obliczone dla nasion z pestek pękniętych

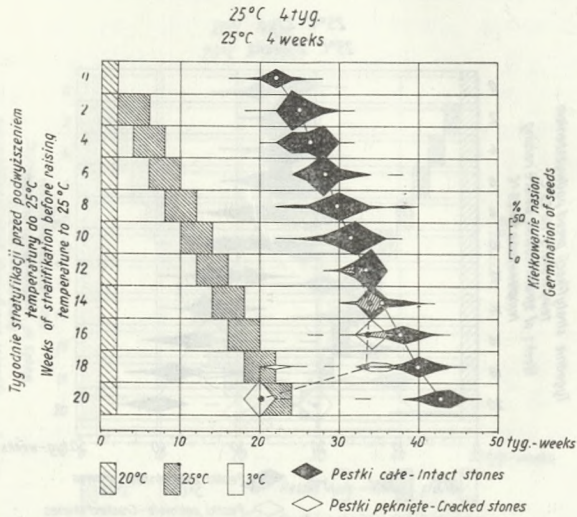
Fig. 10. Course of germination of mazzard (*Prunus avium* L.) seeds during warm-followed-by-cold stratification ($20^{\circ}/3^{\circ}$) depending on the time when the warm stimulus inducing a secondary dormancy was applied. Temperature of the stimulus was 25°C and its duration 2 weeks. Germination of seeds from whole and cracked stones is presented separately. A continuous line joins the means of the germinating time for seeds from whole stones and broken line joins the means for the seeds from cracked stones.

Całkiem inaczej reagują w tychże samych warunkach termicznych nasiona, których stan fizjologiczny (rozsadzenie pestki) przed zadziałaniem bodźca ciepłego wskazuje na wyższy stopień zaawansowania w procesie ustępowania spoczynku. Kiełkowanie tych nasion podlega wprawdzie też przesunięciu w czasie, opóźnienie to maleje jednak w miarę coraz większego zbliżania się nasion do stanu gotowości do kiełkowania. Przykładowo ukazano ten proces dla kilku wybranych wariantów bodźca 25°C , działającego przez 2 tygodnie (rys. 12).

Mogłoby się wydawać, że zadziałanie podwyższoną temperaturą na nasiona z pestek pękniętych powinno przyczynić się do natychmiastowego skiełkowania, czego jednak nie stwierdzono. Zastosowane bodźce (20°

i 25°C) działały zbyt krótko, aby umożliwić kiełkowanie niedostatecznie jeszcze do tego przygotowanych nasion.

W tej kategorii nasion (nasiona w pestkach pękniętych w chwili zadzia-
łania bodźcem) stwierdzono, że i one zapadają pod wpływem podwyższo-



Rys. 11. Przebieg kiełkowania nasion dzikiej czereśni (*Prunus avium* L.) podczas stratyfikacji ciepło-chłodnej (20°/3°C) w zależności od terminu zadzia-
łania bodźcem ciepłym, indukującym spoczynek wtórny. Wysokość temperatury bodźca 25°C, czas oddziaływania 4 tygodnie. Oddzielnie przedstawiono kiełkowanie nasion z pe-
stek całych i z pestek pękniętych. Linia ciągłą połączono wartości średniego czasu
kiełkowania nasion z pestek całych, linią przerywaną te same wartości obliczone
dla nasion z pestek pękniętych

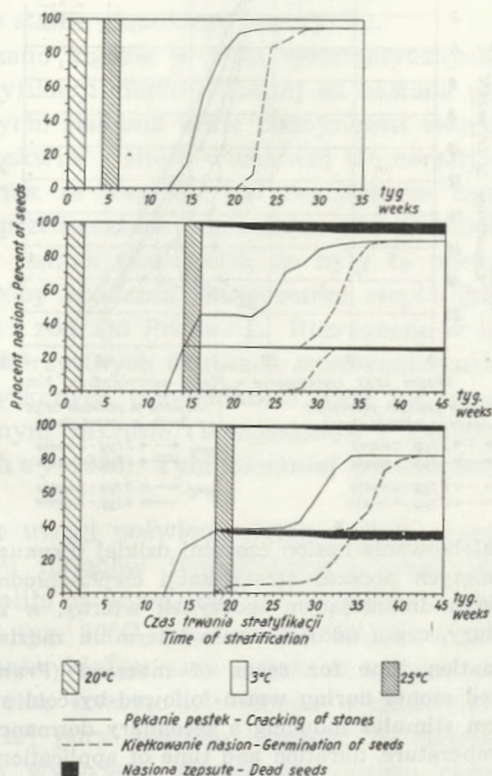
Fig. 11. Course of germination of mazzard (*Prunus avium* L.) seeds during warm-
followed-by-cold stratification (20°/3°C) depending on the time when the stimulus
inducing a secondary dormancy was applied. Temperature of the stimulus was 25°C
and its duration 4 weeks. Germination of seeds from whole and cracked stones is
presented separately. A continuous line joins the means of the germinating time
for seeds from whole stones and broken line joins the means for the seeds from
cracked stones.

nej temperatury w stan spoczynku wtórnego. Głębokość tego spoczynku okazała się zależna od stanu fizjologicznego nasion w momencie zadzia-
łania bodźcem ciepłym.

Stosunki zachodzące między średnimi czasami kiełkowania obydwu omówionych powyżej kategorii nasion a działającymi na nie typami bodź-
ca termicznego przedstawiono na zbiorczym rysunku 13.

Z praktycznego punktu widzenia mogłoby się wydawać, że zastosowa-
nie bodźców ciepłych wywołało skutek niepożądany i niekorzystny —
przyczyniło się ono bowiem do opóźnienia czasu kiełkowania. W poprzed-
nim rozdziale wykazano jednak, że łączna suma nasion kiełkujących jest
dzięki okresowemu podwyższeniu temperatury wyższa, i to znacznie,

w porównaniu ze zwykłą stratyfikacją ciepło-chłodną. Maksymalne podwyższenie zdolności kiełkowania wykazano przy bodźcach działających już po 2 tygodniach od rozpoczęcia fazy chłodnej stratyfikacji ciepło-chłodnej. Ten maksymalny efekt uzyskano przy minimalnym opóźnieniu kiełkowania. Najbardziej korzystny z tego punktu widzenia okazał się

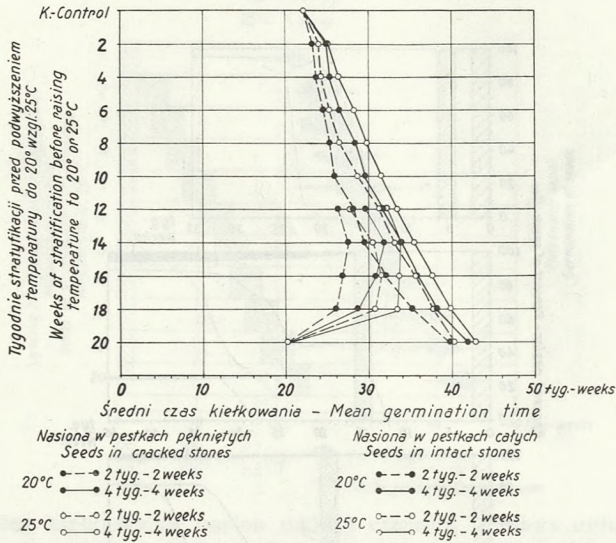


Rys. 12. Przebieg pęknięcia pestek i kiełkowania nasion czereśni dzikiej (*Prunus avium* L.) podczas stratyfikacji ciepło-chłodnej (20°/3°C) przerywanej 2-tygodniową stratyfikacją ciepłą w 25°C. Bodźcem ciepłym zadziałało po 2, 12 i 16 tygodniach okresu chłodnego. Na wykresach przedstawiono oddzielnie pęknięcie pestek i kiełkowanie nasion znajdujących się w momencie podwyższenia temperatury w pestkach całych (górna część wykresów) oraz kiełkowanie nasion znajdujących się w tym momencie już w pestkach pękniętych (dolna część wykresów). W obydwu kategoriach nasion przedstawiono proces zamierania nasion

Fig. 12. Course of stone cracking and seed germination of mazzard (*Prunus avium* L.) during warm-followed-by-cold stratification (20°/3°C) interrupted by a period of 2 weeks with stratification at 25°C. The warm stimulus was applied after 2, 12 and 16 weeks of the cold period. On the graph the cracking of stones and germination of seeds that at the time of raising temperature were in whole stones (upper part of the graphs) is presented separately from the germination of seeds which at the time of the warm stimulus were already in cracked stones (lower part of the graphs). In both the categories the course of seed dying is also presented.

bodziec krócej działający o temperaturze wyższej (2 tyg. 25°C), a to ze względu na bardziej energiczne kiełkowanie nasion.

Sformułowane powyżej stwierdzenie może stanowić istotny krok naprzód w badaniach nad wpływem czynnika cieplnego na ustępowanie spoczynku nasion pestkowych. Jest ono nieprzewidywanym, lecz jak się



Rys. 13. Średni czas kiełkowania nasion czereśni dzikiej (*Prunus avium* L.) z pestek pękniętych i niepękniętych podczas stratyfikacji ciepło-chłodnej (20°/3°C), przerwanej bodźcem cieplnym indukującym spoczynek wtórny, w zależności od wysokości temperatury, czasu oddziaływania i terminu zadziałania bodźca

Fig. 13. Mean germination time for seeds of mazzard (*Prunus avium* L.) from cracked and uncracked stones during warm-followed-by-cold stratification (20°/3°) interrupted by a warm stimulus inducing a secondary dormancy, depending on its temperature, duration and time of application.

wydaje, bardzo istotnym wynikiem przedstawionych powyżej badań. Szczegółowe badania, prowadzone na szerszym materiale nasiennym, będą miały na celu sprawdzenie, czy stwierdzenie to może mieć znaczenie tak samo szerokie jak przedstawiona w niniejszej pracy możliwość stosowania stratyfikacji ciepło-chłodnej w obrębie rodzaju *Prunus* L.

IV. DYSKUSJA

Badania nad ciepło-chłodną stratyfikacją nasion różnych gatunków z rodzaju *Prunus* L. (*sensu lato*) dowiodły, że tylko nasiona jednego spośród 10 badanych (*P. armeniaca* L.) kiełkowały w wysokim procencie podczas stratyfikacji wyłącznie chłodnej. U wszystkich pozostałych ga-

tunków (*P. avium*, *P. cerasifera* var. *divaricata*, *P. fruticosa*, *P. padus*, *P. mahaleb*, *P. serotina*, odmiany uprawne brzoskwini, wiśni, śliwy i czereśni) wpływ stratyfikacji cieplej (20°C, 2 tyg.), poprzedzającej stratyfikację chłodną okazał się zawsze wysoce skuteczny. Stratyfikacja chłodna pociągała za sobą u tych gatunków znaczne obniżenie liczby nasion kiełkujących, a poważny ich odsetek ulegał bądź to zepsuciu, bądź też pozostawał nadal w stanie głębokiego spoczynku.

Dotąd nie wykazano nigdzie w toku systematycznych badań korzystnego wpływu stratyfikacji ciepło-chłodnej na nasiona podanych powyżej gatunków pestkowych. Badania takie podejmował swego czasu na przykładzie nasion brzoskwini i śliwy wiśniowej (*P. cerasifera* Ehrh.) Hildebrandt (1959), jednak ze względu na niewłaściwie zaplanowany układ doświadczeń i ich przedwczesne przerwanie nie przyniosły one żadnych rezultatów. Należy jednak podkreślić, że były to oprócz badań autora jedyne planowe próby zbadania skuteczności ciepło-chłodnych układów stratyfikacji nasion z rodzaju *Prunus* L. Rozrzucone w literaturze przedmiotu wzmianki o korzystnych skutkach stosowania takich układów, dotyczą wyników uzyskanych przypadkowo bądź też uzyskanych podczas badań o ograniczonym zakresie (Wenjaminow i Dołmatowa 1959, Passecker 1955, Z á c h e y 1958). Tym niemniej potwierdzają one rezultaty badań autora.

Szczególnie wiele uwagi poświęcił autor dzikiej czereśni. Metodyczne przebadanie szeregu układów temperatury i czasu jej oddziaływania (Suszka 1962) pozwoliło na wyodrębnienie optymalnie skutecznego układu ciepło-chłodnego (2 tyg. 20°C, potem 3°C). Efekt, w postaci poważnego podwyższenia zdolności kiełkowania uzyskano w tym układzie temperatur przy bardzo krótko trwającym okresie oddziaływania temperatury podwyższonej. Do tej pory sądzono bowiem, że ciepło-chłodne układy stratyfikacji nasion wymagają stosowania okresu ciepłego trwającego przez jeden do kilku miesięcy (Woody-Plant Seed Manual 1948).

W toku dalszych badań okazało się, że efektywność wyróżnionego układu jest jeszcze dodatkowo zależna od sposobu i okresu przechowywania pestek przed stratyfikacją. Najlepiej, i to w wysokim procencie, kiełkują nasiona zupełnie świeże, stratyfikowane natychmiast po pozyskaniu z owoców. Natomiast nasiona podsuszone, przechowywane w zamkniętych zbiornikach w obniżonej temperaturze, osiągały wysokie wartości zdolności kiełkowania po okresie przechowywania dłuższym od 8 tygodni (Suszka 1964a). W badaniach tych przechowywano nasiona najdłużej przez 24 tygodnie. W przypadku przechowywania nasion luzem, w zmienionych warunkach wilgotności powietrza i temperatury, wyniki uzyskane przy pomocy zaleconego przez autora sposobu stratyfikacji były gorsze.

Na przykładzie nasion dzikiej czereśni badano skuteczność ciepło-chłodnej stratyfikacji z innych jeszcze punktów widzenia. Wiadomo bowiem, że istnieją różnice zdolności kiełkowania między partiami nasion z drzew

indywidualnych (K ü p p e r s i H i l k e n b ä u m e r 1949). Różnice te zostały stwierdzone również przez autora (Suszka 1962), ale niezależnie od nich, przez ciepło-chłodną stratyfikację nasion z pojedynczych drzew uzyskano zawsze wyniki lepsze niż przez stratyfikację wyłącznie chłodną. Jak dotąd nie przeprowadzono nigdzie badań nad stałością tej cechy u drzew pojedynczych na przestrzeni szeregu lat. Nieomal identyczne wyniki uzyskano w niniejszej pracy podczas ciepło-chłodnej stratyfikacji nasion różnych odmian uprawnych (klonów) śliw w dwu różnych sezonach. Nie jest zatem wykluczone, że zdolność nasion drzew pojedynczych do bardziej czy mniej intensywnego kiełkowania jest cechą stałą. Można zatem postawić postulat dobierania do plantacji nasiennych dzikiej czereśni, a niewątpliwie i innych gatunków pestkowych, wyłącznie drzew obradzających nasiona o wysokiej zdolności kiełkowania.

• Dodatkowe potwierdzenie uzyskał autor podczas badań nad ciepło-chłodną i chłodną stratyfikacją nasion dzikiej czereśni różnych proveniencji. Korzystano tu z nasion z drzew pojedynczych, jak również z mieszanych populacji nasiennych pochodzących z wielu drzew, zebranych w Polsce (Małopolska, Wielkopolska), Niemczech (Harc, Turyngia, Brandenburgia), Czechosłowacji (Słowacja) i Bułgarii. We wszystkich przypadkach przez stratyfikację ciepło-chłodną osiągnięto wyższą zdolność kiełkowania niż przez stratyfikację wyłącznie chłodną.

• Użycie do badań nasion licznych uprawnych odmian wiśni, śliw, czereśni (Suszka 1964b, 1966a) i brzoskwiń o różnej porze dojrzewania pozwoliło na uzyskanie identycznych rezultatów jak w przypadku nasion dziko występujących gatunków. We wszystkich przypadkach, i to nawet w tych, w których podczas chłodnej stratyfikacji nasiona pewnych odmian nie kiełkowały w ogóle (większość odmian wiśni i czereśni), uzyskano podczas stratyfikacji ciepło-chłodnej lepsze, niekiedy nawet doskonałe wyniki. Wyjątek, i to jedyny, stanowiły nasiona 2 odmian wiśni (Montmorency i Władymirskaja), których nie udało się przy ich niezmiennie wysokiej żywotności pobudzić do skiełkowania ani przez stratyfikację chłodną, ani przez ciepło-chłodną (Suszka 1964b). Zalecana tu metoda jest zatem przydatna nie tylko dla zwykłej produkcji siewek, ale też dla hodowli nowych odmian na drodze krzyżowania i wysiewu nasion mieszańcowych.

• Na przykładzie nasion licznych odmian śliw (odmiany tzw. europejskie i jedna amerykańska) udowodniono, że w przeciwieństwie do decydującego wpływu ciepłego etapu stratyfikacji, wysokość temperatury okresu chłodnego w granicach 1°—5°C jest dla tego materiału nasiennego obojętna. Dopiero podniesienie temperatury tego okresu do 10°C przyczyniło się do statystycznie udowodnionego spadku zdolności kiełkowania (Suszka 1966a). Podobnie wykazano na przykładzie nasion czereśni dzikiej i kilku innych gatunków pestkowych, że nieznaczne dobowe lub długookresowe wahania temperatury chłodnego okresu stratyfikacji są pozba-

wione znaczenia i nie oddziałują ujemnie na zdolność kiełkowania (Suszka 1962).

W przypadku dzikiej moreli, jedyne gatunku, którego nasiona kiełkowały jednakowo w bardzo wysokim procencie podczas stratyfikacji ciepło-chłodnej i chłodnej, nie wykazano jakiegokolwiek szkodliwego dla kiełkowania wpływu interesującej nas metody stratyfikacji.

Na podstawie uzyskanych dotąd wyników można postawić następującą, wymagającą udowodnienia na szerokim materiale hipotezę roboczą: nasiona wszystkich gatunków z rodzaju *Prunus* L. ze strefy klimatu umiarkowanego kiełkują w warunkach ciepło-chłodnej stratyfikacji z krótkotrwałym okresem ciepłym znacznie liczniej niż podczas stratyfikacji wyłącznie chłodnej. Przyczynę takiej właśnie, a nie innej, reakcji stratyfikowanych nasion wyjaśnić można zgodnością warunków termicznych tego zabiegu z naturalnymi warunkami cieplnymi, panującymi w glebie po okresie opadania owoców gatunków z rodzaju *Prunus* L. (Suszka 1962).

Inny kierunek reprezentują badania nad związkiem, zachodzącym między zawartością wody w nasionach a zdolnością ich kiełkowania. Dotąd było jedynie wiadomo na podstawie nielicznych danych dotyczących kilku gatunków pestkowych (G i e r s b a c h 1932, Wenjaminow i Dołmatowa 1959, Suszka 1964a), że zdolność kiełkowania świeżo pozyskanych nasion jest wysoka. Natychmiastowa stratyfikacja nasion po wczesnym letnim ich zbiorze nie jest jednak celowa. Przeszkodę stanowi tu okres kiełkowania takich nasion, który przypada na miesiące wczesno-zimowe.

Wydobyte z owoców nasiona dzikiej czereśni charakteryzują się wysoką zawartością wody, która może dla całych pestek wahać się między 26 a 32% wody w świeżej masie, a dla zawartych w nich nasion nawet między 38 a 55% (Suszka 1962). Aby uchronić się przed przedwczesnym kiełkowaniem nasion, trzeba początek stratyfikacji przesunąć do okresu późnojesiennego, z tego zaś wynika konieczność ich przechowywania do tego momentu bez obniżenia ich żywotności. Jednym z podstawowych postulatów przechowalnictwa nasion przeważającej większości gatunków jest konieczność obniżenia poziomu zawartości wody w celu umożliwienia przechowywania w zamkniętych zbiornikach w niskiej temperaturze (Tyszkiewicz 1949). Łączny skutek obniżenia zawartości wody w nasionach i temperatury przechowywania polega na obniżeniu do minimum procesów oddechowych i zabezpieczeniu tym sposobem nasion przed przejściem na zabójczy dla nich tzw. beztlenowy sposób oddychania. Na przykładzie nasion dzikiej czereśni oraz odmian śliw, wiśni i czereśni wykazano, że podsuszone nasiona tych gatunków można bez szkody dla ich zdrowotności przechowywać w zamkniętych zbiornikach w temperaturach 1° lub 3°C (Suszka 1964a, 1966a), co jest potwierdzeniem wyników uzyskanych przez innych autorów (Woody-Plant Seed Manual 1948) dla nasion *P. pennsylvanica* L. i *P. serotina* Ehrh.

Na przykładzie nasion kasztanowca białego (*Aesculus hippocastanum*

L.) wykazał jednak autor (Suszka 1966 b), niezależnie od podobnych rezultatów uzyskanych przez Maya (1963), że przechowywanie nie poduszonych nasion tego gatunku w obniżonej temperaturze w warunkach uniemożliwiających utratę wody stwarza warunki dla całkowitego ustąpienia spoczynku. Zamiar zastosowania takiej metody dla likwidacji spoczynku nasion gatunku pestkowego przez samo ich przechowywanie w odpowiednich warunkach termicznych leżał m.in. u podstaw referowanych obecnie doświadczeń.

Szeroką skalę poziomów zawartości wody uzyskano tak w przypadku nasion stratyfikowanych po pozyskaniu, jak i po przechowywaniu, przez pobieranie próbek w miarę podsychnania nasion. Okazało się, że z wyjątkiem nasion zupełnie świeżych, charakteryzujących się podczas pierwszych dni gwałtownego spadku zawartości wody skokową zmiennością zdolności kiełkowania, nasiona przechowywane kiełkowały podczas stratyfikacji ciepło-chłodnej w wysokim procencie. Ciekawy jest fakt, że przy nieco niższej żywotności nasiona przechowywane, stratyfikowane dopiero w listopadzie, kiełkowały na wiosnę w wyższym procencie niż nasiona stratyfikowane natychmiast po zbiorze lub krótkotrwałym suszeniu. Jedyny wyjątek stanowiły tu nasiona zupełnie świeże, nie podsuszone, które stratyfikowane natychmiast kiełkowały w bardzo wysokim, a po przechowywaniu przy tak wysokiej zawartości wody, w znacznie niższym procencie.

Ze względu na wahania zdolności kiełkowania nasion, pobieranych do stratyfikacji czy do przechowywania w okresie szybkiego poduszania, za bezpieczną zawartość wody, poniżej której nie należy obawiać się nieprzewidywanych skoków żywotności i zdolności kiełkowania, można uznać 13% wody w świeżej masie całych pestek, a 9% wody w samych nasionach. W naszych warunkach taki poziom zawartości wody uzyskano już po 4 dniach poduszania pestek.

Zastąpienie stratyfikacji przez przechowywanie wilgotnych nasion w warunkach termicznych, skądinąd sprzyjających ustępowaniu spoczynku, nie okazało się możliwe przy całkowitym uniemożliwieniu wymiany gazowej nasion z atmosferą otaczającą zbiorniki. Uzyskano natomiast wyniki, które pozwalają na określenie podstaw krótkoterminowego przechowywania nasion gatunków pestkowych. Na podstawie tych wyników można założyć, że najwyższy z możliwych dla danej populacji procent nasion kiełkujących zapewni ciepło-chłodna stratyfikacja nie poduszonych, świeżych pestek natychmiast po ich wydobyciu z owoców i oczyszczeniu. Nasiona mające kiełkować w okresie wiosny, a zatem wymagające krótkoterminowego przechowywania, należy podsuszyć do około 13% wody w świeżej masie pestek wraz z nasionami, a około 9% wody w samych nasionach i przechowywać w zamkniętych zbiornikach w temperaturze 1° lub 3°C. Jest wysoce prawdopodobne, że w przypadku nasion innych gatunków pestkowych należy postępować podobnie.

Badania nad kiełkowaniem nasion w temperaturach stałych prowadzono dla celów porównawczych na stratyfikowanych uprzednio nasionach czereśni dzikiej i czeremchy zwyczajnej. W badaniach tych przeprowadzono po raz pierwszy podział nasion na kategorie zaawansowania w procesie ustępowania spoczynku. Badania nad temperaturą kiełkowania nasion tych gatunków nie były dotąd nigdzie prowadzone.

W badaniach swych uwzględnia autor proces pęknięcia pestek, traktując go jako pierwszą widoczną fazę przygotowywania się nasion do kiełkowania (Suszka 1962, 1964b, 1966a). Jak to wynika z badań Busurina (1959) i Maciejewskiej (1961), do rozsadzenia skorupy pestki dochodzi na skutek wzrostu objętości tkanek liścieni i bielma i nacisku wywieranego przez nie na obie połówki pestki.

W pracy niniejszej dzielono nasiona na następujące kategorie: nasiona w pestkach całych, nasiona w pestkach pękniętych i nasiona w początkowej fazie widocznego kiełkowania. Po dokonaniu podziału traktowano i obserwowano takie nasiona oddzielnie. W nasionach wysiewanych w początkowej fazie kiełkowania wzrost korzenia i hypokotyłu kontynuowany był we wszystkich temperaturach stałych (3° — 25°C). Zaobserwowane różnice dotyczyły jedynie szybkości tego wzrostu i w efekcie pojawienia się liścieni ponad powierzchnią piasku czyli wschodzenia nasion. Wynik najlepszy, tj. najszybsze wzejście największego odsetka nasion stwierdzono u czereśni dzikiej po 10 dniach w 15° i 20°C , u czeremchy po 15 dniach w 15°C . Dalsze podwyższenie temperatury przyczyniało się w przypadku czeremchy do obniżenia żywotności i zdolności kiełkowania nasion.

Nasiona z pestek niepękniętych reagowały na działanie tych samych temperatur całkiem odmiennie. Okazało się, że znajdowały się one w stanie głębokiego spoczynku mimo przebywania podczas stratyfikacji w warunkach, które sprzyjają likwidacji stanu spoczynku. W badaniach naszych wykazano, że nasiona takie skiełkowały w temperaturach doświadczenia (3° — 25°C) w niewielkim procencie. W temperaturach najniższych (3° i 5°C) próba kiełkowania stanowiła prostą kontynuację chłodnego okresu stratyfikacji. W dniu zakończenia próby stwierdzono, że łączny odsetek nasion, które zdołały wzejść i nasion znajdujących się jeszcze w ziemi, lecz kiełkujących był w tych temperaturach najwyższy. Równocześnie w tych właśnie temperaturach nasiona wschodziły najpóźniej.

Żywotność nasion czereśni z pestek całych była w przeciwieństwie do czeremchy zwyczajnej w wysokim stopniu zależna od temperatury. Procent nasion zepsutych podczas 50-dniowej próby kiełkowania podlegał zwiększeniu ze wzrostem temperatury (od 10° do 25°C), w 25°C przeszło połowa nasion czereśni dzikiej uległa zepsuciu.

W toku wcześniejszych badań (Suszka 1962) wykazano, że nasiona pozostające pomimo stratyfikacji nadal w stanie głębokiego spoczynku różnią się od nasion przechodzących wszystkie przemiany zmierzające do

kiełkowania. Wilgotność tych nasion pozostaje na poziomie, który osiągają wszystkie nasiona po napełnieniu w pierwszych dniach stratyfikacji i nie wzrasta w miarę zbliżania się pozostałych nasion do kiełkowania. Również i inne właściwości, jak stosunek suchej masy okryw nasiennych do suchej masy zarodków, aktywność katalizy oraz poziom elektrolitów po egzoosmozie z okryw nasiennych i zarodków, nie podlegają u nasion przelegujących żadnym istotnym zmianom od chwili ich napełnienia. W nasionach, których spoczynek ustępuje prawidłowo, właściwości te podlegają dynamicznym zmianom w okresie poprzedzającym ich skiełkowanie.

Nasiona pozostające pomimo stratyfikacji nadal w stanie spoczynku, czyli tzw. nasiona przelegujące, są w nieznacznym tylko procencie zdolne do skiełkowania w tych temperaturach, które sprzyjają ustępowaniu spoczynku. W temperaturach wyższych nie kiełkują one prawie wcale, a równocześnie wzrasta w miarę podwyższania temperatury odsetek nasion martwych.

Specjalnie ważną kategorię stanowią nasiona w pestkach pękniętych. W doświadczeniach naszych dysponowaliśmy w przypadku czeremchy zwyczajnej nasionami, które nie były jeszcze tak dalece zaawansowane w procesie ustępowania spoczynku jak podobnie traktowane nasiona czereśni dzikiej. Nasiona czereśni były już bliskie kiełkowania, ponieważ skorupy pestek były maksymalnie rozwarłe lub pęknięte na dwie połowy, a przykorzeniowe strefy nasion wielu nasion wykazywały oznaki wydłużania się. Pestki czeremchy natomiast były nieznacznie pęknięte, a nasiona nie wykazywały jeszcze oznak zbliżającego się kiełkowania.

W związku z powyższym stwierdzono też różnice w kiełkowaniu nasion obydwu gatunków w takich samych warunkach termicznych (rys. 2 i 3), inaczej też zmieniała się ich zdrowotność pod wpływem różnych temperatur. Nasiona czeremchy pozostawały we wszystkich temperaturach zakresu 3° — 25°C w pełni żywotne, nasiona czereśni natomiast ginęły w wysokim procencie pod wpływem najwyższej z zastosowanych w doświadczeniu temperatur kiełkowania (25°C).

Podczas kiełkowania nasion w pestkach pękniętych stwierdzono istnienie wyraźnego optimum termicznego, przypadającego u nasion czereśni dzikiej na 15° — 20°C . U nasion czeremchy natomiast optimum termiczne kiełkowania przesunęło się w miarę upływu czasu trwania próby kiełkowania z 20° na 10°C . Po 20 dniach nastąpiła już wyraźna stabilizacja, temperaturą optymalną była odtąd temperatura 10°C . I w przypadku nasion czeremchy stwierdzono, że w temperaturach wyższych od optimum termicznego następował ze wzrostem temperatury coraz to silniejszy spadek zdolności kiełkowania, przy niezmiennie wysokiej żywotności tych nasion. W tych więc warunkach nasiona przechodziły do grupy nasion przelegujących. Wysoka temperatura, w której znalazły się nasiona w pestkach pękniętych po wystarczająco długiej stratyfikacji, uniemożli-

wiła ich kiełkowanie. Nasiona te zapadły w stan spoczynku wtórnego.

W temperaturach niższych od termicznego optimum kiełkowania obserwowano, podobnie jak i w innych kategoriach nasion, opóźnienie wschodów. Jak już wiadomo, nie jest to równoznaczne z powstrzymywaniem się nasion od kiełkowania. Wprost przeciwnie, i tu w temperaturach najniższych stwierdzono (zwłaszcza u czeremchy) wielką ilość nasion już kiełkujących, lecz do chwili zakończenia próby jeszcze nie wzeszłych. Przy przedłużeniu czasu trwania próby poza 50 dni, właśnie w najniższych temperaturach (3° i 5°C) wschodziłyby największe ilości nasion. Przyczyną tego zjawiska jest niewątpliwie zahamowanie szybkości wzrostu osiowych części zarodków spowodowane przez zbyt niską temperaturę. W temperaturach optymalnych pierwsze nasiona wschodziły już po 10—15 dniach, natomiast w 3° i 5°C nie prędzej jak po 35—40 dniach.

W odniesieniu do nasion czereśni dzikiej i czeremchy zwyczajnej w pękniętych już pestkach można zatem stwierdzić, że podczas kiełkowania nasion tej kategorii zaznacza się wyraźniej niż w kategoriach pozostałych istnienie optimum termicznego. W temperaturach niższych od tego optimum następuje wraz ze spadkiem temperatury zahamowanie szybkości wzrostu hypokotyli i korzeni zarodków i w efekcie — wschodzenia nasion. W temperaturach wyższych natomiast od tego optimum ulega zmniejszeniu ilość nasion kiełkujących, a w przypadku nasion bliskich kiełkowania wzrasta śmiertelność zarodków.

W warunkach naturalnych kiełkowanie nasion przebiega częściej w warunkach temperatury cyklicznie zmiennej niż w temperaturach w przybliżeniu stałych. Stosunkowo nieznacznym zmianom podlega temperatura górnych warstw gleby, pokrytej ściółką lub ściółką i śniegiem, natomiast na miejscach odsłoniętych, zwłaszcza przy dostępie światła słonecznego, dobowe wahania temperatury mogą być znaczne. Z tej też przyczyny badania nad warunkami termicznymi kiełkowania nasion czereśni dzikiej przeprowadzono również w temperaturach cyklicznie zmiennych.

Przeprowadzenie tych badań zostało umożliwione przez uruchomienie w Zakładzie Dendrologii Polskiej Akademii Nauk w Kórniku wielokomorowego fitotronu. Fitotrony wykorzystywane są zazwyczaj do badań nad wzrostem i rozwojem roślin, głównie zielnych, w kontrolowanych warunkach foto- i termoperiodycznych (Went 1957). W naszych badaniach wykorzystano fitotron również do badań nad kiełkowaniem nasion roślin drzewiastych.

W stworzonych w naszych doświadczeniach warunkach ciepłych temperatura niższa (podstawowa) oddziaływała przez 2/3, a wyższa przez 1/3 doby. Skuteczność oddziaływania temperatur cyklicznie zmiennych zależała od czasu, który upłynął od momentu wysiewu nasion, od stosunku wysokości temperatury składników cyklu do temperatury stałej optymalnej, wreszcie również od stanu fizjologicznego samych nasion. Stwierdzenie wpływu tego ostatniego czynnika stało się możliwe przez oddzielne

traktowanie nasion w pestkach niepękniętych, nasion w pestkach pękniętych i nasion znajdujących się w chwili wysiewu w początkowej fazie widocznego kiełkowania.

Najliczniej wschodziły w temperaturach cyklicznie zmiennych nasiona już kiełkujące w chwili wysiewu, nieco mniej licznie nasiona z pestek pękniętych. Nasiona w pestkach całych wschodziły w nieznacznym procencie. W każdej z tych grup zaznaczała się pewna wyraźna prawidłowość. Jeśli bowiem temperatura cieplejszego składnika cyklu była wyższa od optymalnej temperatury stałej dla danej kategorii nasion, to nasiona wschodziły lepiej w układzie cyklicznym niż w którejkolwiek z temperatur składających się na ten cykl, a działających jako temperatury stałe. Jeśli natomiast temperatura cieplejszego składnika cyklu była równa stałej temperaturze optymalnej dla danej kategorii nasion lub od niej niższa, to wschodzenie nasion przebiegało w układzie cyklicznym gorzej niż w stałej temperaturze cieplejszego składnika cyklu, a lepiej niż w stałej temperaturze składnika chłodniejszego.

Przykłady:

a) nasiona z pestek pękniętych — optymalna temperatura stała 20°C, cykl 3°—15°C, 15°C < temp. opt.; wschodzenie nasion w cyklu 3°—15°C lepsze niż w 3°C, gorsze niż w 15°C.

b) nasiona z pestek pękniętych — optymalna temperatura stała 20°C, cykl 3°—25°C, 25°C > temp. opt.; wschodzenie nasion w cyklu 3°—25°C lepsze niż w 25°C, lepsze niż w 3°C.

Tezę powyżej przedstawioną traktuje autor jako hipotezę roboczą, wymagającą jeszcze dalszego eksperymentalnego sprawdzenia.

Śmiertelność zarodków z pestek całych wzrastała w temperaturach cyklicznie zmiennych wraz ze zbliżaniem się temperatury składnika cieplejszego do temperatur wyższych od optymalnej temperatury stałej dla tej kategorii nasion. Nasiona z pestek pękniętych zachowywały stosunkowo wysoką żywotność w prawie wszystkich układach cyklicznych. Nasiona kiełkujące już w chwili wysiewu zachowywały we wszystkich układach cyklicznych bardzo wysoki poziom żywotności. Wpływu temperatur zmiennych na żywotność nasion nie można pomijać przy rozpatrywaniu zalet i wad cyklicznych układów cieplnych.

Zróznicowanie nasion stratyfikowanych na kategorie fizjologiczne uwzględniono również w badaniach nad sztucznym wywoływaniem spoczynku wtórnego u nasion dzikiej czereśni.

Podstawowym czynnikiem przyczyniającym się do zapadania stratyfikowanych nasion w stan spoczynku wtórnego jest temperatura. W rodzinie *Rosaceae* notowano powstawanie spoczynku wtórnego pod wpływem podwyższonej temperatury u nasion *Rhodotypos kerrioides* S. et Z. (Flemion 1933), *Sorbus aucuparia* (Flemion 1931), u nasion różnych gatunków z rodzaju *Prunus* L. (Piskariew 1938) oraz u nasion *P. per-*

sica (Flemion i de Silva 1960). Gruntowne badania nad spoczynkiem wtórnym i jego wywoływaniem w nasionach roślin drzewiastych przeprowadziła Nikołajewa (Nikołajewa i inni 1960, Nikołajewa 1963, 1964a, 1964b) na przykładzie gatunków *Acer tataricum* L. i *Evonymus europaea* L. Temperatura wywołująca spoczynek wtórny jest według Nikołajewej wyższa od temperatury stratyfikacji sprzyjającej procesowi ustępowania spoczynku i od temperatury punktu kompensacji, przy której następuje zawieszenie tego procesu, a spoczynek wtórny jeszcze się nie pojawia. U badanych przez nią gatunków punkt ten znajduje się w temperaturze 10°C, natomiast temperatury w zakresie 15°—28°C wywołują w stratyfikowanych uprzednio nasionach spoczynek wtórny, identyczny z pierwotnym spoczynkiem głębokim (Nikołajewa 1964a). Likwidacja takiego spoczynku jest możliwa przez ponowną stratyfikację chłodną, trwającą przez tak samo długi okres czasu, jaki jest konieczny dla ustąpienia spoczynku pierwotnego (Flemion 1931, 1933, Nikołajewa 1960).

W badaniach własnych zastosowano w ślad za Nikołajewą temperaturę indukcji 20° i 25°C, działając nią na stratyfikowane nasiona czereśni dzikiej przez 2 lub 4 tygodnie. Okazało się, że wszystkie 4 zastosowane bodźce cieplne (20°C — 2 lub 4 tygodnie, 25°C — 2 lub 4 tygodnie) były wystarczająco skuteczne i wywoływały zamierzone następstwa. Działanie ich pociągało za sobą opóźnienie kiełkowania, stwierdzone dla wszystkich terminów indukcji. Opóźnienie to odpowiadało w zasadzie długości okresu stratyfikacji, który upłynął od chwili zadziałania bodźcem termicznym. Stwierdzono, podobnie jak to miało miejsce w badaniach Flemion i Nikołajewej, że bodziec termiczny likwiduje całkowicie wpływ poprzedzającej go stratyfikacji chłodnej i stwarza potrzebę nowej stratyfikacji dla likwidacji zaindukowanego spoczynku wtórnego. Czas trwania ponownej stratyfikacji nie ulega przy tym żadnemu skróceniu.

Na specjalne podkreślenie zasługuje fakt, stwierdzony po raz pierwszy w przedstawionych w tej pracy badaniach, dzięki podziałowi nasion (przed zadziałaniem bodźcem cieplnym) na kategorie zaawansowania w procesie ustępowania spoczynku. Chodzi o to, że sformułowana powyżej prawidłowość odnosi się wyłącznie do nasion czereśni w pestkach niepękniętych, a zatem trwających mimo stratyfikacji w stanie głębokiego spoczynku. Nasiona z pestek pękniętych kiełkowały natomiast podczas ponownej stratyfikacji chłodnej wcześniej, a opóźnienie kiełkowania było u nich tym mniejsze, im dłuższą stratyfikację chłodną przeszły te nasiona przed zadziałaniem bodźca cieplnego. Stosunki te przedstawiono na rys. 8, 9, 10 i 11.

Między nasionami obydwu kategorii zachodzi zatem zasadnicza różnica, wskazuje na to ich odmienna reakcja na działanie takich samych układów termicznych. Pomijanie stanu fizjologicznego nasion może się zatem przyczynić do zatarcia jasności uzyskanych wyników.

Badania nad wzrostem siewek brzoskwini, wyhodowanych z zarodków

po różnie długich okresach stratyfikacji chłodnej oraz po stratyfikacji chłodnej z dodatkowym bodźcem cieplnym prowadziły Flemion i de Silva (1960). Okazało się, że w miarę przedłużania okresu stratyfikacji chłodnej coraz lepiej przewycięzana była karłowatość wzrostu siewek. Zastosowanie bodźca cieplnego indukującego spoczynek wtórny likwidowało całkowicie korzystne skutki chłodnej stratyfikacji — wzrost siewek był w tym przypadku znów karłowaty. Wydaje się, że i w tego typu badaniach konieczne będzie odtąd różnicowanie nasion według oznak zewnętrznych, odzwierciedlających ich wewnętrzną niejednorodność.

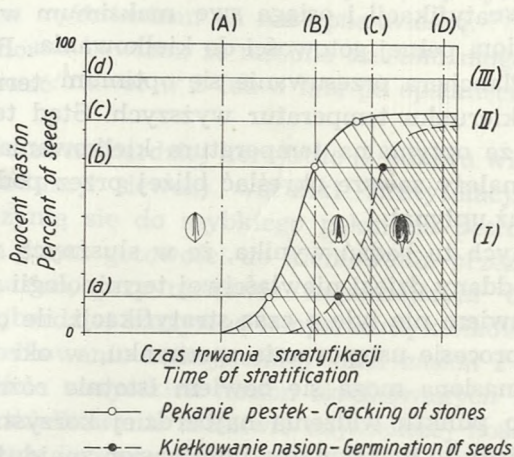
Przedstawione w tej pracy wyniki badań potwierdzają sformułowane już wcześniej (Suszka 1962), a wspomniane powyżej stwierdzenie, dotyczące fizjologicznego zróżnicowania nasion przebywających w tych samych warunkach stratyfikacyjnych. Zewnętrznym przejawem tego zróżnicowania jest osiągnięcie stanu gotowości do kiełkowania i kiełkowanie jednych nasion albo też powstrzymanie się od kiełkowania i przelegiwanie drugich.

Żadna partia nasion, nawet pochodząca z jednego drzewa, nie jest jednolita choćby dlatego, że już samo położenie w koronie pociąga za sobą znaczne różnice w oddziaływaniu takich czynników, jak nasłonecznienie, ocienienie, odżywianie itp. Ów brak jednolitości uwidacznia się również w każdej populacji nasion podczas stratyfikacji, bo terminy początku kiełkowania pojedynczych nasion danej populacji mogą w tych samych warunkach różnić się znacznie. Na podstawie uzyskanych wyników można pokusić się już o scharakteryzowanie nasion z punktu widzenia ich reakcji na warunki stwarzane przez stratyfikację. Charakterystyka ta może dotyczyć nasion dowolnego gatunku z rodzaju *Prunus* L.

Na podstawie wyników okresowych kontroli można wykreślić krzywe pęknięcia pestek oraz kiełkowania i zamierania nasion (rys. 14). Wraz z upływem czasu (*A*, *B*, *C* i *D* na rys. 14) w stratyfikowanej partii nasion ulega zmianie stosunek wzajemny poszczególnych kategorii nasion. Wpierw pojawiają się w jednolitej do tego momentu populacji pierwsze pestki pęknięte, ilość ich szybko wzrasta. W tej kategorii brak jakiegokolwiek stabilności, ponieważ zachodzą w niej dwa równoczesne procesy: jedne nasiona kiełkują w jakiś czas po rozsadzeniu skorup pestki, drugie natomiast dochodzą przez jakiś okres czasu do tej grupy z kategorii nasion w pestkach jeszcze całych, właśnie przez rozsadzenie skorup. Po jakimś czasie te dynamiczne procesy ulegają stabilizacji, która może zostać naruszona przez proces zamierania nasion każdej kategorii, z których składa się stratyfikowana populacja. Dla większej przejrzystości pominięto zjawisko zamierania nasion w wykresie przedstawionym na rysunku 14. Po zakończeniu kiełkowania przez ostatnie nasiona stwierdzić można, poza skiełkowanymi już nasionami (I), nasiona wprawdzie wolne już od skorup, lecz powstrzymane się od kiełkowania (II) oraz zdrowe nasiona spoczywające nadal

w całych, nie naruszonych pestkach (III). Te nasiona trwają nadal w stanie głębokiego spoczynku i różnią się wyraźnie od nasion pozostałych również pod względem wielu wewnętrznych właściwości.

Śledząc losy pojedynczych nasion (*a*, *b*, *c*, *d* na rys. 14) można spostrzec, że mogą one w wyniku stratyfikacji rozsadzić pestkę i skiełkować prę-



Rys. 14. Schematyczne przedstawienie przebiegu pęknięcia pestek i kiełkowania nasion gatunków z rodzaju *Prunus* L. podczas stratyfikacji. Małymi literami (*a*, *b*, *c* i *d*) oznaczono indywidualne nasiona, liczbami rzymskimi następujące kategorie nasion: nasiona skiełkowane (I), nasiona jeszcze nie kiełkujące w pestkach pękniętych (II) oraz nasiona w stanie spoczynku w pestkach niepękniętych (III). Dużymi literami oznaczono poszczególne fazy procesu ustępowania spoczynku (A, B, C i D)

Fig. 14. A schematic representation of the course of stone and seed germination for species from the genus *Prunus* L. during stratification. Individual seeds have been marked with small letters (*a*, *b*, *c* and *d*). Categories of seeds have been marked with Roman numerals; I — germinated seeds, II — ungerminated seeds in cracked seeds and III — completely dormant seeds in whole stones. With capital letters the various phases of eliminating dormancy are marked (A, B, C and D).

dziej (*a*) czy później (*b*), rozsadzić pestkę i nie skiełkować (*c*) albo też pozostać w grupie nasion przelegujących (*d*).

Reakcja nasion każdej z tych grup na działanie temperatur zależna jest jeszcze przed skiełkowaniem od stopnia ich zaawansowania w procesie ustępowania spoczynku. Dopóki proces kiełkowania coraz to nowych nasion nie jest jeszcze całkowicie zakończony i proporcje między poszczególnymi kategoriami nasion (I, II, III) nie uległy jeszcze stabilizacji, wiele nasion całych lub pękniętych pestek może przejść do kategorii następnych. Część nasion opierać się będzie jednak najbardziej nawet korzystnym dla pozostałych nasion warunkom termicznym stratyfikacji. Reakcja każdej z tych kategorii na bardzo różnorakie warunki termiczne (rys. 2, 3 i 4) została w pracy niniejszej zbadana w dwóch różnych przekrojach czasowych. W przypadku czeremchy różnicowano nasiona na kategorie

stosunkowo wcześniej, kiedy jeszcze niewiele nasion zaczęło kiełkować (B), w przypadku czereśni dzikiej uczyniono to później (C), kiedy już znacznie więcej nasion w pestkach pękniętych było bliskich kiełkowania.

Na marginesie tych rozważań warto sięgnąć do stwierdzeń Planchera (1963), dotyczących kiełkowania nasion jabłoni. Doszedł on do wniosku, że szybkość i intensywność kiełkowania wzrasta w miarę przedłużania okresu stratyfikacji i osiąga swe maksimum w momencie osiągnięcia przez nasiona pełnej gotowości do kiełkowania. Równocześnie następuje według Planchera przesuwanie się optimum termicznego kiełkowania nasion w kierunku temperatur wyższych. Stąd też doszedł autor ten do wniosku, że optymalna temperatura kiełkowania jest wielkością względną, którą należy zawsze określać bliżej przez podanie czasu stratyfikacji, który już upłynął.

Z przedstawionych tu badań wynika, że w słusznych wnioskach Planchera nie został oddany dzięki niewłaściwej terminologii rzeczywisty stan rzeczy. Chodzi bowiem nie tyle o czas stratyfikacji, ile o stan zaawansowania nasion w procesie ustępowania spoczynku, w określonym momencie stratyfikacji nasiona mogą się bowiem istotnie różnić między sobą.

Z praktycznego punktu widzenia najbardziej korzystny jest dla wysiewu moment, kiedy to maksymalna ilość nasion znajduje się w pestkach już pękniętych, a równocześnie pojawiają się pierwsze nasiona kiełkujące (faza B, rys. 14). Znając już reakcję nasion z poszczególnych kategorii na warunki termiczne można dokonać próby określenia dalszych losów nasion w zależności od wysokości temperatury.

Jeśli nasiona w fazie B (rys. 14) zostaną wysiane w temperaturze bliskiej dotychczasowej niskiej temperatury stratyfikacji, to nasiona już skiełkowane charakteryzować się będą powolnym wzrostem korzeni i hypokotyli, nasiona w pestkach pękniętych będą stopniowo kiełkować tak jak gdyby stratyfikacja chłodna nie uległa w ogóle przerwaniu, natomiast nasiona pozostające jeszcze w pestkach całych będą częściowo przechodziły do kategorii I i II (pękanie pestki i kiełkowanie) lub też pozostaną nadal w stanie głębokiego spoczynku.

Jeśli natomiast temperatura po wysiewie pestek w fazie B (rys. 14) będzie wysoka (np. około 20°C), to należy się spodziewać przyspieszenia szybkości wzrostu korzeni i hypokotyli u nasion już skiełkowanych i szybkiego ich wschodzenia. Nasiona z pestek pękniętych w zależności od stopnia gotowości do kiełkowania albo skiełkują szybko, albo przejdą na skutek zaindukowania spoczynku wtórnego do kategorii nasion przelegujących. Przeważająca większość nasion w stanie spoczynku pozostanie nadal w tym stanie.

W warunkach naturalnych nasiona napotkają nie na temperatury stałe, lecz cyklicznie zmienne o niestąlej amplitudzie i temperaturze średniej, wzrastającej w okresie wiosna — lato i malejącej w okresie lato — jesień. W krótkim okresie korzystnym dla kiełkowania (początek wiosny) zadzia-

łają prawidłowości stwierdzone podczas badań nad wpływem temperatur cyklicznie zmiennych. W przypadku nasion przelegujących, wysokie temperatury gleby działać będą w okresie letnim jako bodziec termiczny, likwidujący wpływ dotychczasowej naturalnej czy sztucznej stratyfikacji. Dopiero w okresie jesieni nastaną w glebie temperatury, umożliwiające ponowną stratyfikację chłodną pozostałych przy życiu nasion, które skiełkują z rocznym opóźnieniem na następną wiosnę. Proces taki może się powtarzać, wiadomo bowiem, że nasiona czereśni mogą w warunkach naturalnych kiełkować nawet w 2 lub 3 lata po opadnięciu z drzew (Záchej 1958).

Wynika z tego, że za najbardziej korzystne (z punktu widzenia szybkiej i maksymalnej produkcji siewek) warunki stratyfikacji należy uznać takie, które przyczynią się do szybkiego pęknięcia pestek i w ślad za tym do osiągnięcia stanu gotowości do kiełkowania przez możliwie największy odsetek nasion, przy możliwie najmniejszym odsetku nasion przelegujących. Najbardziej korzystną temperaturą kiełkowania będzie ta, która umożliwi skiełkowanie maksymalnej ilości nasion z pestek pękniętych, szybkie wzejście wszystkich nasion skiełkowanych i kiełkujących, pęknięcie pestek i skiełkowanie możliwie największej ilości nasion z pestek w chwili wysiewu jeszcze całych, przy minimalnej ilości nasion przelegujących.

W praktyce szkółkarskiej operuje się w zasadzie mieszanymi populacjami nasion, wywodzącymi się z wielu drzew. Selekcja drzew nasiennych, dokonana między innymi również pod względem stałości cechy wysokiej zdolności nasion do kiełkowania, może być czynnikiem wspomagającym działanie czynnika cieplnego, ograniczonego dzięki badaniom eksperymentalnym do swego najbardziej efektywnego zakresu. Selekcja taka musi zatem oprzeć się znowu o fizjologiczne, chociaż niewątpliwie genetycznie uwarunkowane, cechy drzew nasiennych, podlegające nieznacznym co najwyżej wahaniom w latach o niejednakowych warunkach klimatycznych. Uzyskane przez nas wyniki nad kiełkowaniem nasion różnych klonów (co jest odpowiednikiem drzew pojedynczych) śliw w dwóch różnych sezonach wegetacyjnych wskazują, jak się wydaje, na realność takiego założenia.

Badań przedstawionych w niniejszej pracy nie można uznać za zakończone. Wprost przeciwnie, uwidoczniły one konieczność prowadzenia dalszych prac eksperymentalnych, koniecznych dla pogłębienia znajomości procesów zachodzących w nasionach, interesującego nas rodzaju *Prunus* L. i opracowania jeszcze doskonalszych metod produkcji siewek, opartych o fizjologiczne podstawy.

Szczegółowego zbadania wymaga na przykład kategoria nasion przelegujących. Od jej liczebności w danej populacji nasion zależy bowiem liczebność nasion kategorii pozostałych, zdolnych do szybkiego skiełkowania w odpowiednich warunkach cieplnych.

Najpewniejszym sposobem przyspasabiającym nasiona gatunków pestkowych do kiełkowania jest, jak to wynika z badań autora, ciepło-chłodna stratyfikacja z krótkotrwałym okresem ciepłym. Stratyfikację tę należy rozpoczynać na tyle wcześnie, aby można było w okresie przedwiośnia wysiewać nasiona już całkowicie przygotowane w dopiero co rozmarzniętą glebę. W takich warunkach nastąpi w glebie dalsza kontynuacja stratyfikacji chłodnej. Jest ona konieczna dla tych nasion, które w chwili wysiewu nie były jeszcze całkowicie przysposobione do kiełkowania. Przy zbyt późnym rozpoczęciu stratyfikacji data wysiewu może przypaść przy podwyższonych już temperaturach glebowych, co może spowodować przejście nasion niedostatecznie przygotowanych do kiełkowania w stan spoczynku wtórnego lub ich zepsucie. Istnieją dane wskazujące na to, że zamrożenie stratyfikowanych uprzednio nasion gatunków z rodzajów *Malus* i *Prunus* w temperaturach nieco tylko niższych od 0°C nie przerywa procesów związanych z ustępowaniem spoczynku (de Haas i Schander 1952, de Haas 1955, Schander 1955, Wenjaminow i Jusubow 1959, Wenjaminow i Dołmatowa 1959). Kiełkowanie nasion nie jest możliwe w tak niskiej temperaturze, następuje ono dopiero po ich wysiewie w temperaturach wyższych od 0°C. Gruntowne zbadanie tego zagadnienia i ewentualne uzyskanie wyników, pozwalających na szerokie stosowanie metody mrożenia w końcowym etapie stratyfikacji pozwoliłoby na wyeliminowanie trudnego do określenia czynnika czasu trwania stratyfikacji.

Naturalna zmienność w obrębie populacji nasiennej dotyczy między innymi również czasokresu, po którym nasienie może skiełkować w warunkach chłodnej stratyfikacji. Okres ten można określić zawsze z pewnym przybliżeniem. Niezależnie od momentu pojawiania się pierwszych nasion kiełkujących w danej populacji nasion, różnice wynikające z naturalnej zmienności mogą dotyczyć również okresu zawartego między pojawieniem się pierwszych i ostatnich nasion (Hildebrandt 1960, Suszka 1962, 1964b). Z tej też przyczyny zaproponowano we wszystkich dotychczasowych pracach uznanie momentu pojawiania się pierwszych nasion kiełkujących podczas stratyfikacji za najbardziej korzystny termin dokonania ich wysiewu. Wtedy to właśnie ilość nasion w pestkach pękniętych jest zazwyczaj najwyższa, we właściwych warunkach cieplnych wszystkie te nasiona mają pełne szanse skiełkowania (tabl. 9). Równocześnie podkreślana jest stale przez autora potrzeba jak najwcześniejszego terminu wysiewu nasion osiagających stan gotowości do skiełkowania, chodzi tu o możliwość kontynuacji procesu ustępowania spoczynku w nasionach jeszcze niezupełnie przysposobionych przez stratyfikację (Suszka 1962, 1964a, 1964b).

Warunki termiczne gleby zależą od nie kontrolowanych przez nas i od nas niezależnych warunków pogody. Pewne przyspieszenie początku stratyfikacji ciepło-chłodnej przyspieszyłoby również termin pojawiania się

pierwszych oznak gotowości nasion do kiełkowania (pierwsze nasiona kiełkujące). Jak z danych przedstawionych w tablicy 9 wynika, następuje to w zależności od gatunku najwcześniej po około 90, a najpóźniej po 140 dniach stratyfikacji, wliczając w nią 14-dniowy okres stratyfika-

Tablica 9

Czas trwania stratyfikacji koniecznej dla kiełkowania pierwszych nasion różnych gatunków z rodzaju *Prunus* L.

Necessary time of stratification for the germination of the first seeds from species of the genus *Prunus* L.

Gatunek Species	Stratyfikacja ciepło-chłodna z 2-tygodniowym okresem ciepłym (20°/3°C) (Wyniki własne) Warm-followed-by-cold stratification with a 2 weeks warm period (20°/3°C) (Own results)	Stratyfikacja chłodna Cold stratification (Hildebrandt 1960)
<i>P. avium</i>	14 + 100–120 dni (days)	105–112 dni (days)
Czereśnie – odmiany uprawne Cherry varieties	14 + 105–126 dni (days)	112–126 dni (days)
Wiśnie – odmiany uprawne Sour cherry varieties	14 + 105–126 dni (days)	
Śliwy – odmiany uprawne Plum varieties	14 + 90–126 dni (days)	
Brzoskwinie – odmiany uprawne Peach varieties	14 + 84–98 dni (days)	98–111 dni (days)
<i>P. mahaleb</i>	14 + 77–98 dni (days)	70–84 dni (days)
<i>P. armeniaca</i>	14 + 77–98 dni (days)	
<i>P. serotina</i>	14 + 77–98 dni (days)	
<i>P. cerasifera</i> var. <i>divaricata</i>	14 + 77–98 dni (days)	

cji cieplej. Zatrzymanie procesu kiełkowania przez zamrożenie nasion w tym właśnie momencie pozwoliłoby na zakończenie procesu ustępowania spoczynku przez pozostałe nie kiełkujące jeszcze nasiona. Umożliwiłoby to swobodny wybór daty wysiewu bez obaw o szkodliwy wpływ temperatury. Jak wynika z rezultatów naszych badań, nasiona całkowicie przysposobione do kiełkowania mogą kiełkować w szerokim zakresie temperatur stałych i zmiennych, a prawdopodobieństwo zapadnięcia w stan spoczynku wtórnego jest przy panujących w glebie warunkach termicznych w okresie wiosennym znikome. Dalsze badania autora pójda w tym właśnie kierunku.

Na szczególną uwagę zasługuje fakt bardzo wydatnego wzrostu zdolności kiełkowania nasion, stwierdzonego po przejściowym podwyższeniu temperatury okresu chłodnego normalnej stratyfikacji ciepło-chłodnej (2 tyg. 20°C, potem 3°C), do 25°C na okres 2 tygodni. Bodziec ten zastosowano po 2 tygodniach chłodnej stratyfikacji, a zatem po 4 tygodniach stratyfikacji liczonej od samego jej początku, po czym kontynuowano stratyfikację chłodną w 3°C. Opóźnienie kiełkowania było przy takim

układzie temperatur prawie niezauważalne, efekt fizjologiczny natomiast w postaci zwiększenia liczby nasion kiełkujących w porównaniu ze zwykłą stratyfikacją ciepło-chłodną był bardzo wydatny. Sprawdzenie faktu, czy korzyści związane ze stosowaniem scharakteryzowanego tu układu temperatur mają charakter powszechny w obrębie gatunku *Prunus avium* L. i kilku innych gatunków z rodzaju *Prunus* L. jest również jednym z zadań, które stawia sobie autor na najbliższą przyszłość.

V. WNIOSKI

Przez szereg lat badano związki, zachodzące podczas stratyfikacji ciepło-chłodnej z krótkotrwałym okresem ciepłym między temperaturą a przebiegiem procesu ustępowania spoczynku nasion następujących gatunków z rodzaju *Prunus* L.: *Prunus avium* L., *P. armeniaca* L., *P. cerasifera* var. *divaricata* Bailey, *P. mahaleb* L., *P. padus* L., *P. fruticosa* Pall., *P. serotina* Ehrh. oraz uprawnych odmian brzoskwiń, śliw, wiśni i czereśni. Ponadto badano przebieg wschodzenia nasion gatunków *P. avium* L. i *P. padus* L. wysianych po stratyfikacji w różnych temperaturach stałych i zmiennych w cyklu dobowym. Nasion gatunku *P. avium* L. użyto również do badań nad wpływem zawartości wody w nasionach na zdolność ich kiełkowania podczas stratyfikacji oraz do badań nad indukowaniem w nasionach podczas stratyfikacji oraz do badań nad indukowaniem w nasionach uprzednio stratyfikowanych stanu spoczynku wtórnego przy pomocy bodźców termicznych. Z wyników tych badań wyciągnięto następujące wnioski:

1. Stratyfikacja ciepło-chłodna z 2-tygodniowym okresem ciepłym w 20°C, po którym następowała stratyfikacja chłodna w 3°C lub w temperaturach zbliżonych, zapewniła u wszystkich badanych gatunków (z wyjątkiem *P. armeniaca* L.) uzyskanie znacznie wyższej zdolności kiełkowania niż stratyfikacja wyłącznie chłodna.

Korzystny wpływ takiej stratyfikacji ciepło-chłodnej stwierdzono zarówno w mieszanych partiach nasion, pochodzących z wielu drzew, jak i w przypadku nasion zbieranych z drzew pojedynczych, rosnących w różnych rejonach obszaru naturalnego występowania gatunku *P. avium* L. w Polsce, w Czechosłowacji, w Niemczech i w Bułgarii.

Na przykładzie nasion gatunku *P. avium* L. i nasion licznych uprawnych odmian śliw wykazano, że podwyższenie zdolności kiełkowania przez stratyfikację ciepło-chłodną z krótkotrwałym okresem ciepłym można uzyskać niezależnie od roku zbioru nasion.

2. Nasiona *P. avium* L. kiełkowały w najwyższym procencie podczas stratyfikacji ciepło-chłodnej, rozpoczynanej przy maksymalnej początkowej zawartości wody tj. w dniu pozyskania z drzew. Nasiona stratyfikowane w okresie gwałtownego spadku zawartości wody w pierwszych

dniach podsuszania charakteryzowały się gwałtownymi zmianami zdolności kiełkowania. Po osiągnięciu najniższego stałego poziomu zawartości wody następowała stabilizacja zdolności kiełkowania nasion.

W przypadku nasion tego samego gatunku (*P. avium* L.) i tej samej proveniencji, przechowywanych przed stratyfikacją przy różnych poziomach zawartości wody przez okres 4½ miesięcy w temperaturze 3°C w zamkniętych szczelnie zbiornikach, stwierdzono również udowodnione różnice zdolności kiełkowania. Nasiona przechowywane przy najwyższej zawartości wody charakteryzowały się obniżoną zdolnością kiełkowania. Duże wahania zdolności kiełkowania stwierdzono w przypadku nasion pobieranych do przechowywania w dniach szybkiego spadku zawartości wody. Po ustaleniu się zawartości wody podsuszanych nasion na najniższym stałym poziomie, zdolność kiełkowania nasion pobieranych do przechowywania aż do końca drugiego tygodnia po zbiorze (okres badany) była wyższa niż w przypadku nasion stratyfikowanych po zbiorze podczas pierwszych dwu tygodni ich podsuszania.

3. Na przykładzie nasion gatunków *P. avium* L. i *P. padus* L., wysianych po stratyfikacji ciepło-chłodnej w okresie początku masowego pojawiania się nasion kiełkujących, stwierdzono po zastosowaniu różnych stałych temperatur w zakresie 3°—25°C istnienie wyraźnego optimum termicznego kiełkowania i wschodzenia nasion. W temperaturach niższych od tego optimum obserwowano wraz ze spadkiem temperatury opóźnienie wschodzenia, w temperaturach wyższych natomiast spadek ilości nasion kiełkujących.

Nasiona o różnym stopniu zaawansowania w procesie ustępowania spoczynku, znajdujące się w jednakowo długo stratyfikowanych partiach, reagowały odmiennie na warunki optimum termicznego kiełkowania i wschodzenia. Nasiona pozostające pomimo stratyfikacji nadal w stanie spoczynku głębokiego (pestki całe) wschodziły w najniższym procencie. Nasiona już częściowo przysposobione (pestki pęknięte) wschodziły w warunkach optymalnych znacznie liczniej, nasiona już kiełkujące w momencie wysiewu wschodziły najszybciej i w najwyższym procencie.

4. Podczas badań nad kiełkowaniem i wschodzeniem nasion gatunku *P. avium* L. w różnych układach temperatur zmiennych w cyklu dobowym (temperatura niższa 16 godz., temperatura wyższa 8 godz. na dobę) stwierdzono następującą prawidłowość: jeśli wyższa temperatura cyklu była wyższa od temperatury stałej, optymalnej dla wschodzenia nasion danej kategorii fizjologicznej (patrz pkt 3), to nasiona wschodziły lepiej w układzie cyklicznym, niż w którejkolwiek z obydwu temperatur składających się na ten cykl, działającej jako temperatura stała. Jeśli natomiast wyższa temperatura cyklu była niższa lub równa temperaturze stałej optymalnej dla wschodzenia nasion danej kategorii fizjologicznej, to nasiona wschodziły w układzie cyklicznym gorzej niż w wyższej, a lepiej niż w niższej temperaturze cyklu.

5. Przez przerwanie chłodnej fazy stratyfikacji ciepło-chłodnej nasion *P. avium* L. krótkotrwałą stratyfikacją ciepłą (20° lub 25°C przez 2 lub 4 tyg.) indukowano w nasionach spoczynek wtórny. Głębokość tego spoczynku była zależna od stanu fizjologicznego nasion w momencie zadziałania indukującym bodźcem cieplnym.

○ W przypadku nasion, znajdujących się w momencie podwyższenia temperatury stratyfikacji w stanie głębokiego spoczynku (peski całe), stwierdzono całkowitą likwidację wpływu dotychczasowej stratyfikacji chłodnej i powstanie potrzeby ponownej stratyfikacji o pełnym okresie trwania. W przypadku nasion znajdujących się w momencie podwyższenia temperatury stratyfikacji w pestkach pękniętych, a więc nasion już częściowo przysposobionych do kiełkowania, czas trwania ponownej stratyfikacji chłodnej ulegał skróceniu. Skrócenie to było tym wydatniejsze, im bliższe kiełkowania były te nasiona.

6. Łączna ilość nasion kiełkujących podczas stratyfikacji ciepło-chłodnej, przerwanej w fazie chłodnej krótkotrwałym (patrz wyżej) bodźcem cieplnym była znacznie wyższa niż podczas zwykłej stratyfikacji ciepło-chłodnej. Efekt optymalny tj. energiczne skielkowanie największego procentu nasion w najkrótszym średnim czasie kiełkowania stwierdzono w przypadku przerwania stratyfikacji ciepło-chłodnej (20°/3°C) na okres 2 tygodni stratyfikacją w 25°C po 2 tygodniach okresu chłodnego.

7. Jako wniosek ogólny nasuwa się stwierdzenie, że zjawisko przelegiwania nasion badanych gatunków zależy nie tylko od układu warunków cieplnych sprzyjających ustępowaniu spoczynku. Czynnikiem współdecydującym o kiełkowaniu jednych, a powstrzymaniu się drugich nasion od kiełkowania są stosunki cieplne okresu kiełkowania. Nasiona pozostające w tym okresie jeszcze w stanie spoczynku oraz nasiona częściowo tylko przysposobione do kiełkowania są szczególnie wrażliwe na działanie zbyt wysokiej temperatury środowiska, a znaczna ich część zapada w takiej temperaturze w stan spoczynku wtórnego.

LITERATURA

1. Bołotskij J. S. — 1954. O stratyfikacji siemian na ldu. Sad i Ogorod, (12) : 41—43.
2. Busurin M. J. — 1959. Praca na stopień kandydata nauk rolniczo-leśnych wykonana w Akademii Rolniczej im. Timiriazewa. Moskwa (streszczenie).
3. Flemion F. — 1931. After-ripening, germination, and vitality of seeds of *Sorbus aucuparia* L. Contr. Boyce Thompson Inst., 3 : 413—440.
4. Flemion F. — 1933. Physiological and chemical studies of after-ripening of *Rhodotypos kerrioides* seeds. Contr. Boyce Thompson Inst., 5 : 143—160.
5. Flemion F., de Silva S. — 1960. Bioassay and biochemical studies of extracts of peach seeds in various stages of dormancy. Contr. Boyce Thompson Inst., 20 : 365—379.
6. Flemion F., Waterbury E. — 1945. Further studies with dwarf seedlings of non-afterripened peach seeds. Contr. Boyce Thompson Inst., 13 : 415—422.

7. Giersbach J., Crocker W. — 1932. Germination and storage of wild plum seeds. Contr. Boyce Thompson Inst., 4 : 39—52.
8. de Haas P. H. — 1955. Neue Beiträge zur Sämlingsanzucht bei Kernobst. Rept. 14th Intern. Horst. Congr. Wageningen, 1185—1196.
9. de Haas P. H., Schander H. — 1952. Keimungsphysiologische Studien an Kernobst. I. Samen und Keimung. Zeitschr. f. Pflanzenzüchtung. 31 (4) : 457—512.
10. Hildebrandt W. — 1959. Keimungsphysiologische Studien an Steinobst. II: Über den Einfluss der Stratifikations-temperatur auf Nachreife und Keimung verschiedener Steinobstarten. Gartenbauwiss., 24 : 411—429.
11. Hildebrandt W. — 1960. Keimungsphysiologische Studien an Steinobst. IV. Untersuchungen zur Ermittlung der Mindeststratifikationsdauer bei verschiedenen Steinobstraten. Gartenbauwiss., 25 : 162—173.
12. Hilkenbäumer F. — 1936. Versuche zur Behebung des Keimverzugs bei Steinobstsamen und zur Klärung seiner Ursache. Landw. Jb., 82 : 883—924.
13. Küppers H., Hilkenbäumer F. — 1949. Selektion von Vogelkrischen als Kirschenunterlage. Züchter, 19 : 333—343.
14. Maciejewska A. — 1961. Niektóre dane o budowie anatomicznej i morfologicznej nasion ałyczy (*Prunus cerasifera* var. *divaricata* Bailey). Praca magisterska, wykonana przy Katedrze Sadownictwa Wyższej Szkoły Rolniczej w Poznaniu (nie opubl.).
15. May C. — 1963. Note on storage of buckeye and horsechestnut seed. Am. Hort. Mag., 42(4) : 231—232.
16. Nikołajewa M. G. — 1963. Die Physiologie der tiefen Samenruhe. Intern. Symposium Physiologie, Ökologie und Biochemie der Keimung. Greifswald 1963, A IV 7 : 1—7.
17. Nikołajewa M. G. — 1964a. O prirode wtoricznogo pokoja siemian drewnianych rastienij. Bot. Żurn., 49(12) : 1706—1724.
18. Nikołajewa M. G. — 1964b. Fizjologia głubokogo pokoja siemian i znaczenie temperatury i aeracji dla jego preodolenija. Inst. Fizjoł. Rast. im. K. A. Timiriazewa AN SSR. Mat. naucz. sessii sostojaszczejša 26—30 nojabria 1963 w Moskwie. Izd. „Nauka”. Moskwa, 126—131.
19. Nikołajewa M. G., Kozłowa L. M., Judin W. G. — 1960. Izuczenije wtoricznogo pokoja siemian. Eksp. Botanika. Trudy Bot. Inst. im. W. Ł. Komarowa AN SSSR. Seria IV, wyp. 14, 138—166.
20. Passecker F. — 1955. Keimungsphysiologische Untersuchungen an Kern- und Steinobst. Gartenbauwiss., 2(20) : 274—290.
21. Piskariew W. J. — 1938. Proraszcziwanije siemian nie proszedzich pierioda pokoja. Za Micz. Płodowodstwo, (5) : 39—48.
22. Plancher B. — 1963. Der Einfluss von Temperatur und Stratifikationsdauer auf die Keimung von Kernen und Embryonen der Apfelsorte Cox Orangen Renette. Mitt. d. Obstbauversuchsr. d. Alten Landes, 18(1) : 432—438.
23. Schander N. — 1955. Keimungsphysiologische Studien an Kernobst. III. Sortenvergleichende Untersuchungen über die Temperaturansprüche stratifizierten Staatgutes von Kernobst und über die Reversibilität der Stratifikationsvorgänge. Zeitschr. f. Pflanzenzüchtung, 35(1) : 89—97.
24. Suszka B. — 1962. Wpływ czynnika termicznego na ustępowanie spoczynku nasion czereśni dzikiej. Arboretum Kórnickie, 7 : 189—275.
25. Suszka B. — 1963. Die Warm-Kalt-Stratifikation der Prunoideensamen. Intern. Symposium Physiologie, Ökologie und Biochemie der Keimung. Greifswald 1963, D 10, 1—2.
26. Suszka B. — 1964a. Wpływ sposobu i długości okresu przechowywania pe-

- stdek na zdolność kiełkowania nasion czereśni dzikiej (*Prunus avium* L.). Arboretum Kórnickie, 9: 223—235.
27. Suszka B. — 1964b. Ciepło-chłodna stratyfikacja nasion uprawnych odmian śliw, wiśni i czereśni. Arboretum Kórnickie, 9: 237—261.
 28. Suszka B. — 1966a. Warunki ciepło-chłodnej stratyfikacji nasion uprawnych odmian śliw. Arboretum Kórnickie, 11: 241—258.
 29. Suszka B. — 1966b. Conditions for the breaking of dormancy and germination of the seeds of *Aesculus hippocastanum* L. Arboretum Kórnickie, 11: 203—220.
 30. Tyszkiewicz S. — 1949. Nasiennictwo Leśne. Inst. Bad. Leśn. Seria D, nr 2. Warszawa.
 31. Vegis A. — 1963. Climatic control of germination, bud break and dormancy. W: Environmental control of plant growth. Acad. Press. Inc. New York 265—287.
 32. Wenjaminow A. N., Dołmatowa L. A. — 1959. O stratyfikacji siemian. Sad i Ogorod, (11): 46—49.
 33. Wenjaminow A. N., Jusubow A. M. — 1959. Wliwanie usłowij podgotowki siemian abrikoza na razwicie siejancew. Agrobiologia, (1): 148—150.
 34. Went F. W. — 1957. The experimental control of plant growth. Chr. Bot. Vol. 17. Waltham Mass, USA.
 35. Woody-Plant Seed Manual — 1948. U. S. Dep. of Agric. Misc. Publ. No 654, Washington.
 36. Záchey S. — 1958. Skratenie doby preliehavosti siemien čerešnie (*Cerasus avium* Moench.) a jarabiny vtáčeji (*Sorbus aucuparia* L.). Lesn. Časopis. 4: 81—115.
 37. Zagaja S. W., Pieniążek S. A. — 1961. Studia nad przygotowaniem nasion ałyczy (*Prunus cerasifera* var. *divaricata* Bailey do wysiewu. Cz. I. Wpływ niektórych czynników zewnętrznych na dynamikę przebiegu dojrzewania posprzętnego nasion ałyczy. Prace Inst. Sadown., 5: 3—16.

BOLESŁAW SUSZKA

*Studies on dormancy and germination of seeds
from various species of the genus Prunus L.*

Summary

Over several years the relation was studied between temperature regime and various processes taking place in the seeds of species from the genus *Prunus* L., namely *P. avium* L., *P. armeniaca* L., *P. cerasifera* var. *divaricata* Bailey, *P. mahaleb* L., *P. padus* L., *P. fruticosa* Pall., *P. serotina* L. and in the seeds of cultivated varieties of peaches, plums, sour cherries and cherries.

Stones were stratified in a moist mixture of sand and peat. The same medium was used for the sowing of seeds while testing germinability of seeds following stratification. Control observations on the stratified seeds were made every week (for high temperatures) or every 2 or 3 weeks (for low temperatures). In all these studies at each control period all the germinating seeds (with radicle longer than 3 mm) and decayed seeds were removed. The emergence of sown seeds was controlled over 50 days at 5 day intervals. The studies were conducted in the phytotron of the Institute of Dendrology and Kórnik Arboretum of the Polish Academy of Science in Kórnik. The maximum temperature fluctuations did not exceed 0,5°C.

1. Warm-followed-by-cold stratification with a 2 week period of warm temperature at 20°C followed by cold temperature (3°C or near to it) guarantees in all the species studied a much higher germinative capacity than only cold stratification (table 1—5). This confirms the earlier results reported by this author.

Using the seeds of *P. avium* L. as an example it has been shown that the warm-followed-by-cold stratification has a favourable influence on the seeds from many mixed seed lots as well as on seeds from individual trees, growing in various parts of the species range in Poland, Czechoslovakia, Germany and Bulgaria (table 1—3).

Seeds from various plum varieties have germinated during warm-followed-by-cold stratification in a high percentage, regardless of the year of seed collection (table 5).

2. Seeds of *P. avium* L. germinate during warm-followed-by-cold stratification best when starting with the maximal initial water content, that is on the day of seed collection. The period of rapid moisture losses in the first days of partial drying is characterized by considerable fluctuations in germinative capacity. Having reached the lowest constant water content the seeds gain a stabilization of germination capacity at a relatively high level until the end of the second week after collection (the studied period) (table 6, fig. 1).

3. In seeds of *P. avium* L. stored before warm-followed-by-cold stratification at various levels of water content for a period of 4½ months at 3°C in sealed bottles significant differences in germinative capacity were observed. Seeds stored when sealed at the highest moisture level are characterized by a lowered germination capacity. Large fluctuations in the germinative capacity have been found in seeds taken into storage during the time of the most rapid moisture decline. When the water content has stabilized at the lowest constant level the germinative capacity of the seeds taken into storage at 2 weeks after collection of the seeds, was higher than when the seeds were not stored at all (table 6, fig. 1).

4. Using the seeds of *P. avium* L. and *P. padus* L. as examples it has been found that for the various constant temperatures in the range 3°C to 25°C there is a distinct thermic optimum for the germination and emergence of seedlings. At temperatures lower than this optimum there is a delay in the germination time parallel with a decline in temperature and at temperatures higher than the optimum there is a decline in the number of seeds that do germinate.

It has been found that seeds which have been stratified before and brought to various stages of dormancy breaking will germinate to a various percentage when given optimal germination temperatures. Seeds which in spite of the stratification are still in a state of deep dormancy (whole stones) have the lowest germination and emergence percentage. Seeds partially prepared for germination (cracked stones) germinate and emerge in the thermic optimum much more intensively and the seeds which were already germinating at the time of sowing have the highest emergence percentage (fig. 2 and 3).

5. During the studies on the germination and emergence of seedlings from seeds of *P. avium* L. under various temperature regimes, alternating in the diurnal cycle (lower temp. 16 hrs. higher temp. 8 hrs.), the following regularities have been observed: If the higher temperature of the cycle was higher than the constant temperature optimum for the particular physiological category (see para. 4 above) of seeds, then the seeds germinated better in the alternating conditions than in constant conditions at either of the temperatures represented in the particular cycle.

On the other hand when the higher temperature of the cycle was lower or equal to the constant temperature optimum for the given physiological category

then the seeds germinated worse in the alternating conditions than in the higher and better than in the lower of the two temperatures comprising the cycle (table 7, fig. 4).

6. A breaking of the cold period of the warm-followed-by-cold stratification of *P. avium* seeds by a warm stratification of short duration (20° or 25°C, for 2 or 4 weeks) induces a secondary dormancy. Depth of this reinduced dormancy is dependent on the physiological state of the seeds at the time the inductive warm phase is introduced.

When the seeds at the time of application of the warm stimulus are in a state of deep dormancy (whole stones) a complete liquidation of the effect of the cold stratification that has preceded the stimulus is observed making it necessary to give the full cold stratification period again in order to obtain germination. In the case of seeds that at time of application of the warm stimulus are in cracked stones and therefore in seeds partially prepared for germination, the necessary further period of cold stratification was reduced, the more so the nearer were the seeds to germination (table 8, figs. 5, 8—13).

7. The total number of *P. avium* seeds germinating during a warm-followed-by-cold stratification interrupted in the cold phase by a warm stimulus of short duration was much higher than in the case of the usual warm-followed-by-cold stratification. An optimal effect, that is the induction of the most energetic germination of the largest proportion of seeds in the shortest mean germination time, has been obtained when the warm-followed-by-cold stratification (20°/3°C) has been interrupted for a period of 2 weeks by a stratification at 25°C after 2 weeks of the cold period (figs. 6 and 7). This method could possibly be used in the nursery practice.

БОЛЕСЛАВ СУШКА

Изучение покоя и прорастания семян разных видов рода *Prunus* L.

Резюме

В течение нескольких лет изучались связи между температурой и рядом процессов, осуществляющихся в семенах следующих видов: *Prunus avium* L., *P. armeniaca* L., *P. cerasifera* var. *divaricata* Bailey, *P. mahaleb* L., *P. padus* L., *P. fruticosa* Pall., *P. serotina* L. и в семенах культивируемых форм персиков, слив, вишен и черешен.

Семена стратифицировались во влажной смеси песка с торфом; в такой же субстрат высевались семена при изучении их прорастания после стратификации. Контрольные наблюдения за стратифицированными семенами проводились еженедельно (при высоких температурах) или раз в две или три недели (при низших температурах); всхожесть высевных семян проверялась каждые пять дней в течение 50-дневного периода. Во всех опытах при каждой проверке удалялись как проросшие семена (длина корешков минимум 3 мм), так и испорченные. Исследования проводились в фитотроне Института дендрологии Польской Академии Наук в Курнике. Колебания температуры не превышали 0,5°C.

1. Тепло-холодная стратификация с 2-недельным тёплым периодом (20°), после которого следует холодная стратификация (3° или близкая температура),

обеспечивает у всех изученных видов гораздо более высокую способность к прорастанию, чем чисто холодная стратификация (табл. 1—5). Эти данные подтверждают результаты прежних опытов автора.

На примере семян *P. avium* L. показано положительное действие тепло-холодной стратификации как на семена, полученные с многих деревьев (смешанные партии), так и с единичных экземпляров, растущих в разных районах естественного ареала этого вида в Польше, Чехословакии, Германии и Болгарии (табл. 1—3).

При тепло-холодной стратификации проросстал большой процент семян многочисленных сортов слив, независимо от года их сбора (табл. 5).

2. Наибольший процент прорастания семян *P. avium* L. наблюдается в том случае, если тепло-холодная стратификация начиналась при максимальном содержании в них воды, т. е. в день сбора семян. Период резкого падения содержания воды (первые дни подсыхания семян) характеризуется существенными колебаниями способности к прорастанию. После того, как достигается самая низкая постоянная влажность семян, наступает стабилизация способности к прорастанию на сравнительно высоком уровне, и она сохраняется до конца второй недели после сбора (период изучения) (табл. 6, рис. 1).

3. У семян *P. avium* L. содержащихся до начала тепло-холодной стратификации в течение 4,5 месяцев в тщательно закупоренных сосудах при температуре 3° и при разных уровнях содержания воды, также установлены статистически достоверные различия в способности к прорастанию. Семена, хранившиеся при самом высоком содержании воды, характеризуются пониженной всхожестью. Большие колебания способности к прорастанию установлены у семян, собранных в дни быстрого уменьшения содержания воды. После же его стабилизации на низшем постоянном уровне всхожесть семян, собранных для хранения, до конца второй недели после сбора была выше, чем в случае использования свежесобранных семян (табл. 6, рис. 1).

4. На примере семян *P. avium* L. и *P. padus* L. при применении постоянных температур от 3° до 25° установлено наличие выраженного термического оптимума всхожести семян. При температурах ниже этого оптимума одновременно с понижением температуры наступает запаздывание прорастания, при температурах более высоких уменьшается процент прорастающих семян.

Установлено, что предварительно стратифицированные семена с разной степенью продвинутой, выхода из периода покоя, поразному реагируют на температурный оптимум. Семена, находящиеся несмотря на стратификацию в состоянии глубокого покоя (косточки целые), прорастают и всходят в наименьшем проценте. Семена, уже частично подготовленные (косточки растрескавшиеся), всходят в условиях температурного оптимума значительно интенсивнее, а семена, уже проросшие к моменту посева, всходят в наибольшем проценте (рис. 2 и 3).

5. Во время опытов по темпам прорастания и по всхожести семян *P. avium* L. при разном сочетании температур, меняющихся в течение суточного цикла (более низкая температура в течение 16 часов, более высокая — в течение 8 часов) установлена следующая закономерность: если более высокая температура была выше постоянной температуры, оптимальной для данной физиологической категории семян (см. § 4), то семена при таком сочетании температур всходили лучше, чем при любой из данных температур, взятой в отдельности.

Если же температура теплой части цикла была ниже постоянной, оптимальной или равна ей, то семена при данном сочетании температур всходили хуже, чем при более высокой температуре цикла, и лучше, чем при низкой (табл. 7, рис. 4).

6. Прерывая холодную фазу тепло-холодной стратификации семян *P. avium* L. кратковременной тёплой стратификацией (20° или 25° в течение двух или четырёх недель), у семян индуцируют вторичный покой. Глубина этого покоя зависит от физиологического состояния семян в момент теплого воздействия.

В том случае, если семена в момент повышения температуры находятся в состоянии глубокого покоя (косточки целые), установлена полная ликвидация влияния предшествующей холодной стратификации и возникновение потребности в повторной полной стратификации, без чего прорастание делается невозможным. В случае же, если семена в этот момент находятся в растрескавшихся косточках, т. е. они уже частично подготовлены к прорастанию, время повторной холодной стратификации становилось тем короче, чем ближе к прорастанию были эти семена (табл. 8, рис. 5 и 8—13).

7. Общее количество семян, проросших при тепло-холодной стратификации, прерванной в холодной фазе кратковременным тепловым воздействием, было значительно большим, чем при обычной тепло-холодной стратификации. Оптимальный эффект (энергичное прорастание наибольшего процента в кратчайший средний срок) установлен в случае перерыва тепло-холодной стратификации ($20^{\circ}/3^{\circ}$) после двух недель холодной фазы повышением температуры до 25° на две недели (рис. 6 и 7). Этот метод, вероятно, можно применять на практике в древесных питомниках.