

*Janusz Prusiński*

*Akademia Techniczno-Rolnicza w Bydgoszczy*

# Kondycjonowanie nasion roślin strączkowych — teoria i praktyka

**Słowa kluczowe:** rośliny strączkowe, stres chłodnowodny, metody kondycjonowania

## Wstęp

W wielu doświadczeniach polowych z zastosowaniem zróżnicowanych terminów siewu stwierdzano znaczne rozbieżności pomiędzy planowaną a rzeczywistą obsadą roślin strączkowych po wschodach. Powszechnie uważa się [3, 6, 17, 35], że przyczyną tych rozbieżności jest wrażliwość roślin strączkowych na tzw. stres chłodnowodny, tj. łączne działanie na pęczniejące nasiona nadmiaru wody i temperatury od 0 do 10–15°C [18]. Zjawisko to występuje niezależnie od wymagań termicznych poszczególnych gatunków w okresie pęcznienia i kiełkowania. Jego skutkiem jest m.in. zwiększony wyciek substancji organicznych i nieorganicznych do podłoża kiełkowania, które stanowią pierwsze źródło składników odżywczych dla rozwijających się na powierzchni nasion i wokół nich mikroorganizmów. Ponadto następuje poprzeczne pęknięcie liścieni, powstają martwe miejsca na ich powierzchni, będące z reguły pierwotnym miejscem infekcji, korzonek i łodyżka zarodkowa zamierają w różnym stopniu, deformacjom morfologicznym ulegają hypokotyl i korzeń, kiełkowanie i wschody są opóźnione, a zdolność kiełkowania spada o kilka do 100% [35]. We własnych badaniach laboratoryjnych [38] do najbardziej wrażliwych na stres chłodnowodny należały groch siewny jadalny, bobik i fasola, do umiarkowanie odpornych — groch siewny pastewny, soja, wyki i łubin żółty, a do praktycznie odpornych łubin wąskolistny i biały. Górecki i in. [6] zaliczyli groch siewny jadalny, bobik i łubin wąskolistny do wrażliwych, a łubin żółty do odpornych. Z kolei Markowski [24] uważa, że fasola zwyczajna, groch siewny i soja należą do gatunków wrażliwych na stres chłodnowodny, a bobik i wyka jara do średnio wrażliwych. Niezależnie od odmiennych opinii co do niektórych gatunków (co — jak się zdaje — wynika z różnego natężenia stresu chłodnowodnego) wszystkie gatunki roślin strącz-

kowych mogą podlegać stresowi chłodnowodnemu w mniejszym lub większym stopniu.

O rozmiarze szkód spowodowanych stresem chłodnowodnym w największym stopniu decyduje początkowa zawartość wody w nasionach, uszkodzenia okrywy nasiennej (mechaniczne lub biologiczne, makro lub mikro wpływające na szybkość pęcznienia) oraz wilgotność i temperatura gleby w pierwszych godzinach po wysiewie. Największym uszkodzeniom podlegają nasiona nadmiernie przesuszone (zawierające w chwili wysiewu mniej niż 10% wody), o uszkodzonej okrywie nasiennej, pęczniące szybko w nadmiernej ilości chłodnej wody [3, 6, 35, 38, 39, 46, 47].

Celem pracy było przedstawienie teoretycznych i praktycznych podstaw ochrony nasion roślin strączkowych przed stresem chłodnowodnym. Dyskusji poddano także wyniki kondycjonowania nasion w warunkach polowych.

## Kondycjonowanie nasion — definicje i cele

---

Poprawnie przechowywane nasiona roślin strączkowych nie powinny zawierać więcej niż 14–15% wody (soi 12%) [21]. Tymczasem w celu uniknięcia niekorzystnych skutków stresu chłodnowodnego różni autorzy zalecają zwiększenie w nich zawartości wody bezpośrednio przed wysiewem do 16–20% [18] lub nawet 15–30% [23]. Proces powolnego podwyższenia zawartości wody w wysiewanych nasionach w języku polskim nosi nazwę kondycjonowania [23] lub kontrolowanego uwodnienia [18] i zaliczany jest do sposobów pobudzania [30] lub uszlachetniania materiału siewnego [7]. Zdaniem Bradforda [4] kondycjonowanie (*seed conditioning*) jest sposobem przedsięwziętego traktowania nasion, a Heydecker po raz pierwszy nazwał ten proces *seed priming* (w USA używa się terminu *seed osmoconditioning*) [10].

W szerszym znaczeniu kondycjonowanie oznacza także wszelkie zabiegi mające na celu zwiększenie wigoru nasion w celu uzyskania pełnych wschodów polowych, zwłaszcza w mniej korzystnych warunkach cieplno-wilgotnościowych. Zabieg ten wykorzystywany jest np. dla przełamania wywołanego wysoką temperaturą (*thermoinhibition*) spoczynku wysianych nasion, w celu lepszego ich kiełkowania w niskiej temperaturze i nadmiernym zasoleniu, wreszcie dla przyspieszenia i synchronizacji kiełkowania i wschodów polowych wielu roślin uprawnych [4, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 30, 35, 49].

W kondycjonowanych nasionach zachodzą zmiany biochemiczne związane — najogólniej biorąc — z przemianami i wcześniejszym uruchomieniem materiałów zapasowych oraz spadkiem zawartości inhibitorów kiełkowania [12]. Najczęściej w wodach nastoinowych nasion kondycjonowanych obserwowano mniej elektrolitów [6, 18, 19, 38, 41], cukrów i aminokwasów [29], a synteza białka w zarodkach soi kondycjonowanych w atmosferze nasyconej parą wodną i w glikolu polietylenowym wynosiła odpowiednio 148 i 219% w stosunku do nasion kontrolnych [19]. Według

Khana i in. [13], kondycjonowanie nasion wpływa też istotnie na potencjał wzrostowy nasion, ograniczony np. stresem osmotycznym, fizykochemicznymi właściwościami okrywy nasiennej, a także na wzrost całkowitej zawartości w nasionach RNA, białka oraz aktywności kwaśnej fosfatazy i esterazy [16].

Dla pełnego wyjaśnienia istoty stresu chłodnowodnego i zabiegu kondycjonowania w nasiennictwie niezbędna jest znajomość stosunków wodnych panujących w nasionach, a także przebiegu ich pęcznienia i wpływu warunków zewnętrznych decydujących o całym procesie kiełkowania.

## Status wody w nasionach

Powietrznie suche nasiona roślin strączkowych zawierają od 4 do 16% wody w zależności od wilgotności względnej powietrza i temperatury przechowywania [21]. Verttuci i Leopold [47] wyróżniają 3 graniczne poziomy zawartości wody w nasionach soi: do 8%, 8–24% i powyżej 24%. W nasionach nadmiernie przesuszonych molekuly wody są bardzo silnie związane z grupami karboksylowymi i aminowymi białek i innych związków — szybkie pęcznienie takich nasion powoduje największe uszkodzenia imbibicyjne. W nasionach zawierających 8–24% wody pojawiają się wiązania wodorowe z grupami hydroksylowymi skrobi i białek, natomiast w nasionach o wilgotności powyżej 24% woda utrzymywana jest tylko siłami kapilarnymi i osmotycznymi. Uszkodzenia podczas imbibicji przy tych poziomach zawartości wody są małe lub nie występują wcale. Zdaniem niektórych autorów [46] podstawowym i pierwotnym czynnikiem decydującym o szybkim wejściu wody do nasion jest napięcie powierzchniowe wody — dodanie substancji zmniejszających to napięcie było bezpośrednią przyczyną zwiększenia szybkości pęcznienia i uszkodzeń imbibicyjnych nasion soi.

Prezentowane w niniejszej pracy zabiegi mające na celu zapobieżenie lub złagodzenie niekorzystnych skutków stresu chłodnowodnego polegają — najogólniej biorąc — na zmianie potencjału wodnego nasion i zmniejszeniu gradientu potencjałów roztworu glebowego (lub podłoża kiełkowania) i nasienia. Potencjał wodny wyraża energetyczny status wody w nasieniu. Czysta woda ma najwyższy potencjał, oznaczany wartością 0. Potencjał wodny komórki w nasieniu można przedstawić za pomocą następującego równania [3]:

$$-\Psi_{\text{komórki}} = -\Psi_{\pi} - \Psi_c - \Psi_p$$

gdzie:  $\Psi_{\pi}$  — potencjał osmotyczny, wynika z koncentracji substancji rozpuszczonych w komórce; im większa ich koncentracja, tym niższy potencjał, co wpływa na zwiększenie jego gradientu z otaczającym nasiono środowiskiem; ma znak ujemny;

$\Psi_c$  — potencjał matrycowy, wynika ze zdolności matrix, czyli ścian komór-



kowych, skrobi i ciał białkowych do uwodnienia i związania wody; ma znak ujemny;

$\Psi_p$  — potencjał ciśnieniowy, pojawia się, gdy woda w nasieniu powoduje rozciąganie ścian komórkowych, napęcznianie nasienia i zwiększenie jego objętości; ma znak dodatni.

Suma 3 potencjałów ma wartość ujemną, z wyjątkiem komórek o pełnym turgorze, kiedy zbliża się do 0. Potencjał wodny wyraża się w MPa lub barach (1 MPa = 10 barów) [3, 9, 45].

Potencjał wodny  $\Psi$  dojrzałych i suchych nasion jest znacznie niższy od otaczającego go środowiska i może przekraczać  $-100$  MPa [9].

W optymalnych warunkach wilgotnościowych pobieranie wody przez nasiona ma przebieg sigmoidalny [3, 45]. Faza I — szybkiego pobierania wody, zwana imbibicją lub pęcznieniem — jest konsekwencją sił matrycowych i zachodzi zarówno w nasionach żywych, jak i w martwych. W II fazie, tzw. lag (plateau), następuje względne zahamowanie pobierania wody, a potencjał nasienia jest w dużym stopniu zrównoważony między potencjałem osmotycznym a ciśnieniowym. Do najważniejszych zjawisk zachodzących w tej fazie należą przemiany metaboliczne, przygotowujące nasienie do kiełkowania właściwego, czyli wyłonienia korzenia zarodkowego. W tej fazie wartość potencjału wodnego  $\Psi$  wielu nasion nie przekracza wartości od  $-1$  do  $-1,5$  MPa. Zmiany w komórkach korzenia, które ulegają rozciągnięciu, oraz zmniejszający się potencjał wodny, wynikający z produkcji związków osmotycznie czynnych o niskiej masie cząsteczkowej na skutek hydrolizy substancji zapasowych, to cechy charakterystyczne dla III fazy imbibicji. Powoduje to zwiększone zapotrzebowanie nasion na wodę.

Kiełkowanie właściwe u większości gatunków roślin strączkowych następuje, gdy zawartość wody w nasionach wynosi około 60% [28], a potencjał  $\Psi$  około  $-1$  MPa [10]. Nasiona kiełkujące hypogeicznie (groch, bobik, wyka) nie powiększają swojej objętości podczas pęcznienia tak, jak kiełkujące epigeicznie (łubin, soja, fasola zwyczajna) i nie osiągają fazy zwiększonego pobierania wody. Jej zawartość w liścieniach nasion kiełkujących hypogeicznie szybko ulega zmniejszaniu wraz z postępującym ich obumieraniem w glebie [3].

## Metody kondycjonowania nasion

Ponieważ stresowi chłodnowodnemu podlegają w największym stopniu nasiona przesuszone, opracowano wiele metod zwiększenia ich wilgotności ponad wartość oznaczającą bezpieczne przechowywanie. Wzrost zawartości wody w nasionach musi nastąpić tuż przed wysiewem, gdyż przechowywanie nasion przy zawartości wody przekraczającej 15–16% dość szybko prowadzi do ich starzenia, spadku zdolności kiełkowania i obniżenia wigoru [21]. Pierwsze współczesne próby kondycjonowania, polegające na kilkakrotnym moczeniu i suszeniu nasion, były szeroko propagowane



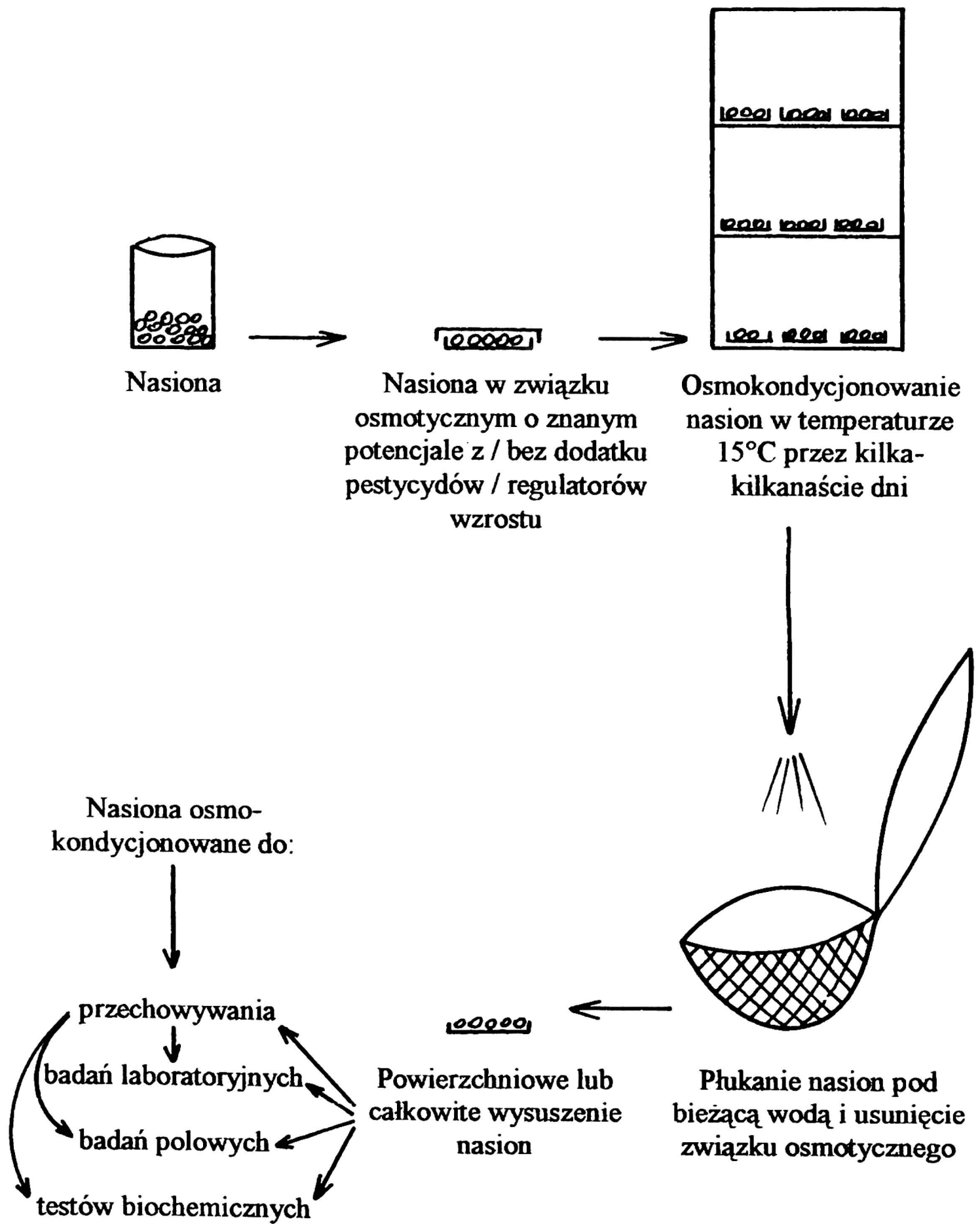
przez Henkla dla hartowania (*hardening*) ziarna zbóż [3, 9]. W przypadku roślin strączkowych nie jest to jednak możliwe, gdyż duże, mięsiste nasiona bardzo szybko chłoną wodę, podlegając uszkodzeniom imbibicyjnym, nawet jeśli woda ma temperaturę pokojową [35, 39].

Do najczęściej stosowanych sposobów unikania niekorzystnych skutków stresu chłodnowodnego nasion roślin strączkowych należą następujące typy kondycjonowania:

- hydratacyjne w atmosferze nasyconej parą wodną,
- osmotyczne,
- matrycowe.

Hydratacyjne kondycjonowanie nasion — hydrokondycjonowanie — polega na rozłożeniu nasion cienką warstwą na siatce w atmosferze nasyconej parą wodną. Wykorzystuje się tutaj zjawisko wilgotności równoważnej [9, 21], do której dążą nasiona znajdujące się nad lustrem czystej wody [17, 18, 23] lub związków chemicznych, takich jak  $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CaH}_4(\text{ZPO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$  [48]. Prężność pary wodnej nad nasyconymi roztworami tych związków przekracza 99% w temperaturze 15°C. W Akademii Rolniczej w Krakowie powstał swego czasu prototyp urządzenia pozwalającego na kondycjonowanie większej partii nasion roślin strączkowych jednocześnie nad lustrem czystej wody [23]. Po okresie kilku — kilkudziesięciu godzin, zależnie od gatunku i hydratury wyjściowej, nasiona osiągają pożądaną poziom zawartości wody. Ekspozycja nasion w atmosferze o wysokiej prężności pary wodnej — nawet przedłużona do 10 dni — nie jest szkodliwa [18].

Osmotyczne kondycjonowanie — osmokondycjonowanie — polega na umieszczeniu nasion w związkach osmotycznie czynnych, o potencjale osmotycznym pozwalającym na wzrost zawartości wody do pożądanego poziomu, nie pozwalającym jednak na wyłanianie korzenia zarodkowego [3, 9, 10, 15, 16]. W tym świetle mało precyzyjne wydaje się stwierdzenie Hołubowicza [11], że chodzi tu o „podkielkowanie w okrywach”. Kolejne etapy tego zabiegu, który można wykonać np. na szalkach Petriego wyścielonych bibułą, przedstawiono na rysunku 1 [16]. Zabieg osmokondycjonowania powinien przebiegać w substancjach o potencjale osmotycznym od -0,5 do -2 MPa, w temperaturze 15–20°C, przez 4–35 dni, a nasiona należy zabezpieczyć przed atakiem mikroflory i dostarczyć im tlenu [1, 3, 9, 12, 15, 16]. Heydecker był jednym z pierwszych, który wykorzystał potencjał osmotyczny glikolu polietylenowego do kondycjonowania nasion roślin warzywnych [10]. Do obliczenia niezbędnej ilości glikolu w celu uzyskania pożądanego potencjału osmotycznego można posłużyć się wzorem sformułowanym przez Michela i Kaufmana [26]. Częsteczki glikolu, najlepiej o masie 8000 (dawniej 6000), nie wnikają przez pory okrywy nasiennej w odróżnieniu od niektórych soli nieorganicznych, jak siarczan magnezu, azotan czy fosforan potasu, które — dostając się do nasion — mogą wpływać niekorzystnie (w większych stężeniach) na ich zdolność kiełkowania i wigor [22]. W takim przypadku trudno przypisywać uzyskane efekty tylko kontrolowanemu pobieraniu wody. Glikol polietylenowy z powodu słabej w nim rozpuszczalności tlenu i



Rysunek 1. Osmotyczne kondycjonowanie nasion [16]

stosunkowo dużej lepkości [25] też może niekorzystnie wpływać na wigor nasion kondycjonowanych przez dłuższy czas. Pewnym sposobem uniknięcia niedoboru tlenu podczas osmokondycjonowania jest zastosowanie systemu napowietrzanych kolumn [1]. System taki składa się z akwarium o kontrolowanej temperaturze wody, w której jest umieszczonych kilka do kilkunastu kolumn z podawanym od dołu powietrzem, warunkującym dostęp tlenu dla pęczniejących nasion. W kolumnach może być glikol, sole nieorganiczne, mannitol, glicerol itp. Dla praktycznego kondycjonowania nasion roślin strączkowych jest to jednak sposób kłopotliwy ze względu na dużą normę ich wysiewu. Znacznie łatwiej można go użyć do osmokondycjonowania drobnych nasion roślin warzywnych [12].

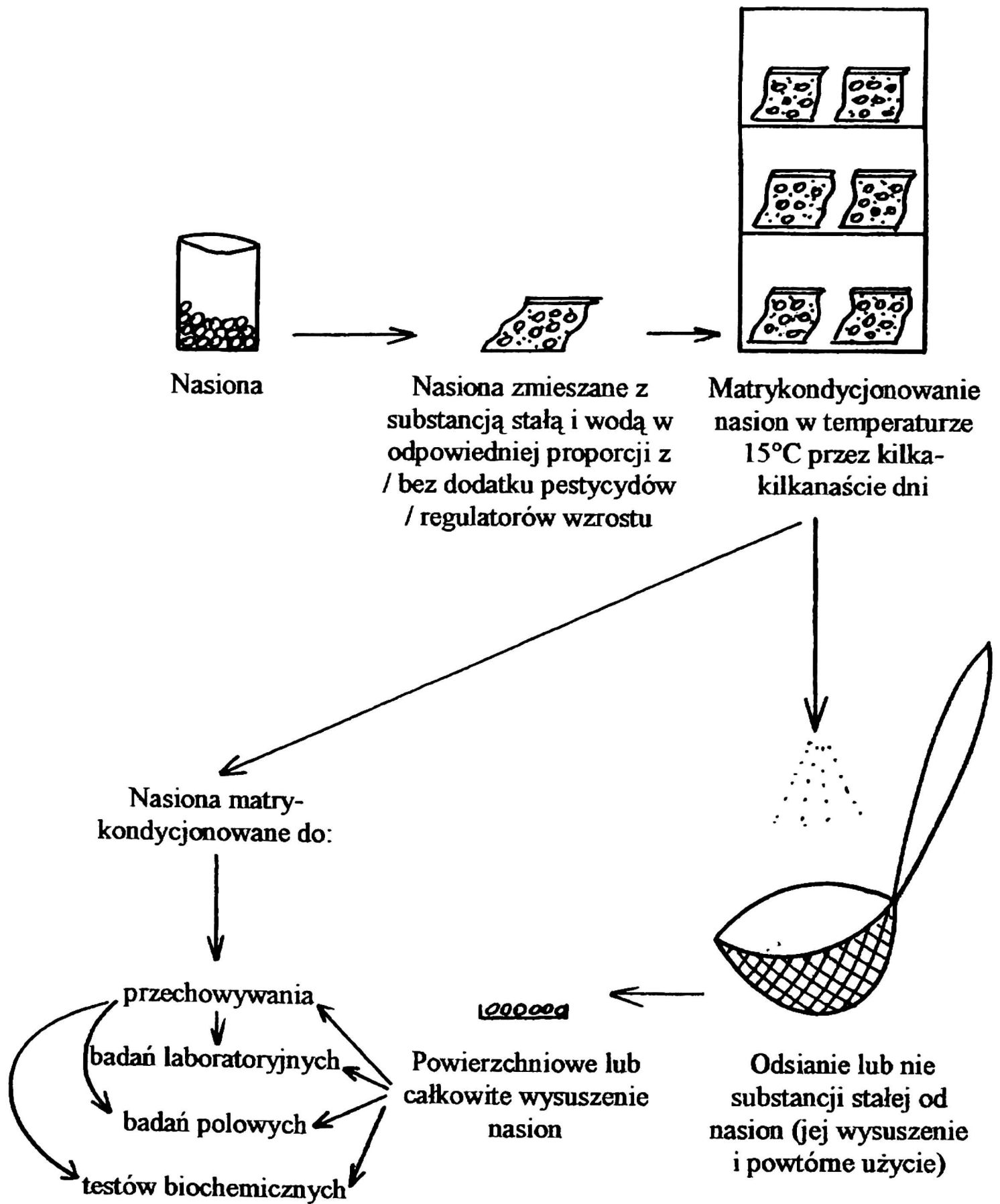
Pozostałość glikolu po kondycjonowaniu powinna być usunięta np. przez płukanie nasion w bieżącej wodzie. Wsuszenie nasion do początkowej zawartości wody nie powodowało z reguły zaniku korzystnych efektów tego zabiegu [20].

Uwzględniając stosunki wodne w nasieniu podczas osmokondycjonowania,  $\Psi_0$  zewnętrznego roztworu osmotycznego równać się będzie  $\Psi$  komórki nasienia składającego się z  $\Psi_\pi$  i  $\Psi_p$ . Umożliwi to osiągnięcie przez nasiona lag fazy i wzrost zawartości wody w nasionach do żądanego poziomu, a jednocześnie nie pozwoli na wyłonienie korzenia zarodkowego, czyli na III fazę imbibicji, cechującą się zwiększonym ponownie zapotrzebowaniem na wodę [3, 45].

Długi czas osmokondycjonowania, łatwość zakażeń mikrobiologicznych, konieczność suszenia nasion po zabiegu, a także niska jego wydajność to podstawowe wady tej metody kondycjonowania nasion.

Matrycowe kondycjonowanie — matrykondycjonowanie — polega na umieszczeniu nasion w substancjach stałych, o znanym potencjale matrycowym, tak dobranym, aby pozwolił nasionom jedynie na napęcznienie, a uniemożliwił wyłonienie korzenia zarodkowego [13, 14, 36]. Do matrykondycjonowania wykorzystuje się substancje stałe, charakteryzujące się następującymi cechami: wysokim potencjałem matrycowym  $\Psi_c$  i niskim osmotycznym  $\Psi_\pi$ , słabą rozpuszczalnością w wodzie, brakiem toksyczności dla nasion i człowieka, wysoką pojemnością wodną, zróżnicowaną wielkością i strukturą oraz dużą porowatością cząstek, dużą powierzchnią całkowitą, niską masą i wysoką zdolnością do przylegania do nasion oraz łatwo się z nich odsiewającą po zabiegu [14, 36]. Takimi cechami charakteryzują się np. Micro-cel E — syntetyczny krzemian wapnia, Celite 400 (rodzaj krzemionki) czy też wermikulit (krzemian magnezowo-glinowy). Wszystkie te produkty pochodzą z USA, a ich bliższą charakterystykę i efekty zastosowania można znaleźć w pracach Khana i in. [13, 14]. Kolejne etapy matrykondycjonowania, które zależnie od gatunku trwa od kilkunastu godzin do kilku–kilkunastu dni, przedstawiono na rysunku 2. W odróżnieniu od osmotycznego kondycjonowania, nasiona po zabiegu mogą być wysiewane bez usunięcia substancji stałej, chyba że planujemy jej powtórne wykorzystanie po wysuszeniu. Nie istnieje także problem napowietrzania, gdyż wystarczająca ilość tlenu znajduje się w przestrzeniach między cząsteczkami substancji stałych.





Rysunek 2. Matrycowe kondycjonowanie nasion

O ile łatwo obliczyć ilość substancji potrzebnych do wytworzenia pożądanego potencjału osmotycznego, to w przypadku matrykondycjonowania jest to trudniejsze. Najprostszą metodą jest próbne dobranie proporcji wagowych nasion, stałej substancji — nośnika wody — i wody, tak aby uzyskać równowagę pomiędzy wilgotnością nasion a zawartością dostępnej dla nich wody w nośniku [14]. Potencjał  $\Psi$  komórek nasienia będzie równy potencjałowi matrycowemu  $\Psi_c$  (głównie sił adsorpcyjnych) substancji stałej, z którą nasiona zmieszano. Można do tego celu wykorzystać dowolne pojemniki szklane, plastikowe, woreczki foliowe itp. zabezpieczone przed parowaniem wody.

Pewną odmianą matrykondycjonowania jest solid matrix priming — SMP [44]. Zabieg ten polega również na użyciu substancji stałych, ale o różnym udziale potencjału osmotycznego i matrycowego jednocześnie. Do substancji wykorzystywanych w ramach SMP należy np. Agro-Lig — rodzaj węgla brunatnego z Bowman Co., North Dakota, w którym potencjał matrycowy  $\Psi_c$  stanowi mniej niż 1,5% potencjału  $\Psi$ . Wysoki potencjał osmotyczny  $\Psi_\pi$  Agro-Ligu wynika z faktu, że w 1 jego gramie znajduje się  $10,2 \cdot 10^3 \mu\text{g Ca}$ ,  $184 \cdot 10^3 \mu\text{g Mg}$  oraz  $1,87 \cdot 10^3 \mu\text{g Na}$ . Stosunek Agro-Ligu do nasion i wody zależy od progowej zawartości wody w nasionach, która nie pozwala na wyłonienie korzenia zarodkowego, jego powinowactwa do wody i początkowej wilgotności nasion. Dalsze postępowanie jest identyczne jak w wypadku typowego matrykondycjonowania.

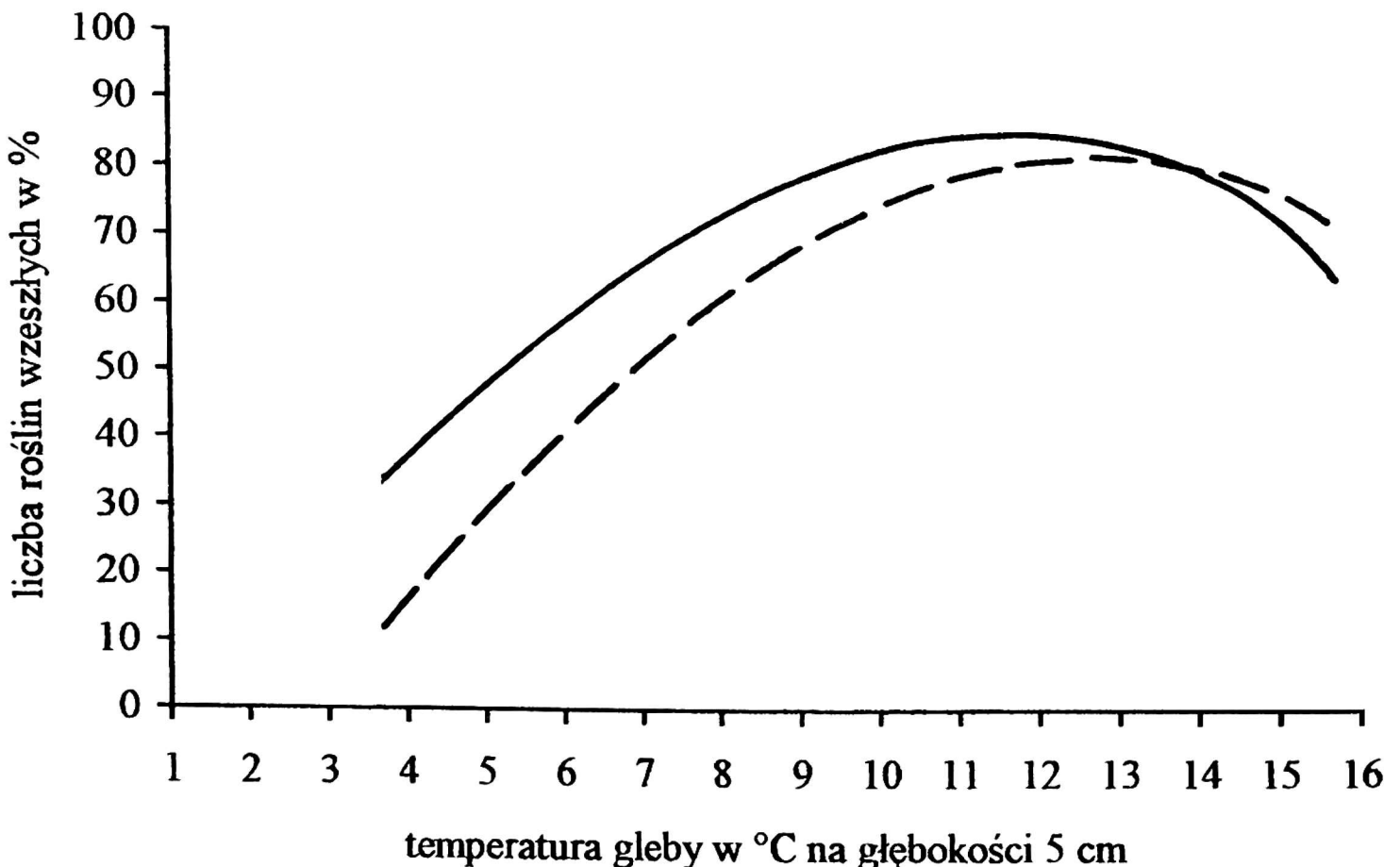
Harman i Taylor [8] oprócz Agro-Ligu do SMP wykorzystywali też węgiel bitumiczny, a nawet mech torfowiec razem z *Trichoderma harzianum* i *Enterobacter*. Zuo i in. [50] z kolei zastosowali hydrofilowy polimer SPP, rodzaj akrylowej żywicy, mogący zaabsorbować 500 razy więcej wody w stosunku do swojej własnej masy, a następnie stopniowo ją oddawać pęczniejącym nasionom. Niestety, autorzy nie podają, jakiej natury są siły utrzymujące w nim wodę. W badaniach własnych [37] do matrykondycjonowania nasion roślin warzywnych wykorzystywano z powodzeniem trociny sosnowe, a osmotyczno-matrycowy potencjał wykazywały bentonit, lignina pocelulozowa, torf ogrodniczy oraz węgiel drzewny i brunatny.

Dłuższe kondycjonowanie nasion, niezależnie od zastosowanej metody, związane jest z niebezpieczeństwem rozwoju saprofitycznej i patogenicznej mikoflory znajdującej się na powierzchni nasion. Pewnym sposobem jej ograniczenia jest obniżenie temperatury kondycjonowania do  $15^\circ\text{C}$ . Ponadto stosuje się roztwory wodne fungicydów chroniące kielki i nasiona przez okres kondycjonowania i po wysiewie [20]. Szczególnie przydatne do stosowania fungicydów jest matrykondycjonowanie [14]. Kondycjonowanie można też wykorzystać jako prostą metodę zastosowania regulatorów wzrostu do nasion [13, 15, 17].

Innym sposobem chroniącym nasiona roślin strączkowych przed stresem chłodnowodnym jest pokrycie okrywy nasiennej specjalnymi substancjami ograniczającymi szybkość pobierania wody, a nawet pozwalającymi na pęcznienie dopiero po uzyskaniu odpowiedniej temperatury. Należą do nich np. lanolina [31] czy też powłoki polimerowe [43].

## Wyniki kondycjonowania nasion w warunkach polowych

Wyniki doświadczeń polowych z wykorzystaniem nasion kondycjonowanych są bardzo różne. Bennet i Waters [2], wykorzystując wermikulit do matrykondycjonowania nasion fasoli, stwierdzili istotny wzrost nie tylko polowej zdolności wschodów w miarę zwiększania w nich zawartości wody z 8 do 40%, ale w jednej miejscowości obserwowali wzrost liczby strąków oraz całkowitej świeżej i suchej masy roślin wyrosłych z nasion kondycjonowanych. Roos i Manalo [42] uzyskali wyższe wschody polowe nasion fasoli zawierającej więcej niż 12% wody, szczególnie gdy temperatura gleby była niższa niż 10°C. Dexter [5] wykorzystywał trociny do matrykondycjonowania nasion fasoli i uzyskał ponaddwukrotnie więcej siewek niż z nasion zawierających 11% wody. W badaniach własnych [33] istotnie większą polową zdolnością wschodów charakteryzowały się kondycjonowane nasiona grochu jadalnego, bobiku i fasoli, ale tylko w stosunku do nasion nadmiernie przesuszonych. Zróżnicowana zawartość wody w nasionach łubinu żółtego i soi nie wpływała istotnie na ich polowe wschody. Muendel [27] nie stwierdził również różnic istotnych w polowej zdolności wschodów nasion soi zawierających w momencie wysiewu 6,6, 13,3 i 23,3% wody. Zmniejszenie o 1°C temperatury kiełkowania pomiędzy 17,3° a 8,5°C wpływało na 2-dniowe opóźnienie wschodów soi, przy czym maksymalną liczbę wschodzących roślin autor ten uzyskiwał z nasion kondycjonowanych 1–2 dni później niż z kontrolnych. W innych badaniach własnych [34] wpływ przewidzianej zawartości wody w nasionach soi odmiany Progres na polową zdolność wschodów był widoczny do temperatury gleby 13°C (rys. 3). Kondycjonowane



**Rysunek 3.** Liczba roślin wzeszłych soi w zależności od zawartości wody w nasionach (8–10% — linia przerywana, 18–20% — linia ciągła) i temperatury gleby w dniu siewu [34]



nasiona soi (18% wody) wschodzą podobnie jak powietrznie suche (10% wody), ale zaprawiane zaprawą nasienną T [32]. W badaniach polowych nad grochem kondycjonowanie nasion wpłynęło tylko na 4-procentowy (nieistotny) wzrost polowej zdolności wschodów [40].

Zróznicowanie wyników nielicznych badań polowych nad kondycjonowaniem nasion jest zatem duże. W polu większy wpływ na jego efekty będzie mieć rzeczywiste natężenie stresu chłodnowodnego w zależności od terminu i głębokości siewu czy też kontaktu nasienia z glebą [35]. Należy również dodać, że nasiona kondycjonowane wysiane do suchej gleby bardzo szybko tracą wodę i często ich zdolność wschodów w polu może być niższa niż nasion powietrznie suchych [34, 42].

W większości wypadków nie stwierdzano istotnego wpływu wilgotności wysiewanych nasion roślin strączkowych na plonowanie wyrosłych z nich roślin [27, 41], chociaż w badaniach własnych nieco większą produktywnością charakteryzowały się pojedyncze rośliny bobiku [35] i grochu [40] wyrosłe z nasion kondycjonowanych niż z nadmiernie przesuszonych.

---

## Podsumowanie

Przestrzeganie zasad prawidłowej agrotechniki roślin strączkowych, w tym zwłaszcza doboru gatunku i odmiany do lokalnych warunków glebowo-klimatycznych, wczesnego terminu siewu i ochrony przed sprawcami chorób grzybowych i szkodnikami, to najważniejsze elementy powodzenia uprawy tej grupy roślin. Można do nich zaliczyć także beznakładowe sposoby unikania skutków stresu chłodnowodnego, do których należą: stosowanie do siewu wyłącznie nasion o wysokim wigorze, zawierających przed siewem 14–15% wody, o nie uszkodzonej okrywie nasiennej i zaprawianych. Będą one zapewne bardziej odporne na wszelkie stresy fizyczne i biologiczne, jakie mają miejsce przy wczesnowiosennych siewach.

Wydaje się, że w dobie coraz powszechniejszego poszanowania środowiska oraz wzrastającej konkurencji na rynku nasion wykorzystanie biologicznych metod ich uszlachetniania, jak np. kondycjonowania, nabierać będzie coraz większego znaczenia [11]. Do dzisiaj nie ma jednak odpowiedzi na pytanie, co będzie bardziej ekonomicznie uzasadnione: zabieg kondycjonowania czy przestrzeganie wyżej podanej agrotechniki siewu roślin strączkowych.

---

## Literatura

- [1] Akers S.W., Holley K.E. 1986. SPS: a system for priming seeds using aerated polyethylene glycol or salt solutions. *HortScience* 21: 529–531.
- [2] Bennet M.A., Waters L. 1984. Influence of seed moisture on lima bean stand establishment and growth. *Jour. Amer. Soc. Hort. Sci.* 109: 623–626.

- [3] Bewley D.J., Black M. 1985. Seed: germination, structure and composition. W: *Seeds. Physiology of development and germination*. Ed. D.J. Bewley & M. Black. Plenum Press, New York & London.
- [4] Bradford K.J. 1986. Manipulation of seed water potential via osmotic priming to improve germination under stress conditions. *Hort. Sci.* 21: 1105–1111.
- [5] Dexter S.T. 1968. Conditioning dry bean seeds (*Phaseolus vulgaris* L.) for better processing quality and seed germination. *Agronomy J.* 58: 629–631.
- [6] Górecki R.J., Fordoński G., Bieniaszewski T., Jacuński K. 1990. Comparative studies on chilling sensitivity in some legume seeds. *Acta Physiol. Plant.* 2: 149–158.
- [7] Górecki R.J., Grzesiuk S. 1994. Światowe tendencje i kierunki uszlachetniania materiałów nasiennych. Mat. konf. Uszlachetnianie materiałów nasiennych. ART Olsztyn: 9–24.
- [8] Harman G.E., Taylor A.G. 1988. Improved seedling performance by integration of biological control agents at favourable pH levels with solid matrix priming. *Phytopathology* 78: 520–525.
- [9] Hegarty T.W. 1978: The physiology of seed hydration and dehydration, and the relation between water stress and the control of germination; a review. *Plant, Cell and Environment* 1: 101–119.
- [10] Heydecker W., Gibbins B.M. 1978. The priming of seeds. *Acta Hort.* 83: 213–216.
- [11] Hołubowicz R. 1994. Uszlachetnianie materiałów nasiennych roślin ogrodniczych. Mat. konf. Uszlachetnianie materiałów nasiennych. ART Olsztyn: 41–46.
- [12] Kępczyński J. 1979. Osmotyczne kondycjonowanie nasion. *Post. Nauk Rol.* 6: 95–100.
- [13] Khan A.A., Andreoli C., Prusiński J., Ilyas S. 1992. Enhanced embryo growth potential as a basic for alleviation high temperature and osmotic stress. Proc. Inter. Symp. Adaptation of food crops to temperature and water stress. Asian Vegetable Research and Development Center, Tainan, Taiwan: 437–451.
- [14] Khan A.A., Miura H., Prusiński J., Ilyas S. 1990. Matricconditioning of seeds to improve emergence. Proc. Nat. Symp. Stand establishment of horticultural crops. Minneapolis, MN: 19–40.
- [15] Khan A.A., Peck N.H., Samimy C. 1980/81. Seed osmoconditioning: physiological and biochemical changes. *Isr. J. Bot.* 29: 133–144.
- [16] Khan A.A., Tao K.L., Knypl J.S., Borkowska B. 1978. Osmotic conditioning of seeds: physiological and biochemical changes. *Acta Hort.* 83: 267–278.
- [17] Knypl J.S. 1983. Podwyższanie wschodów i plonów soi przez osmokondycjonowanie nasion w roztworze glikolu polietylenowego z dodatkiem fitohormonów lub w atmosferze nasyconej parą wodną. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 253: 35–52.
- [18] Knypl J.S. 1983. Podwyższenie wilgotności nasion osłabia objawy stresu chłodnowodnego przy kiełkowaniu. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 258: 87–93.
- [19] Knypl J.S., Janas K. M., Radziwonowska-Jóźwiak A. 1980. Is enhanced vigor in soybean (*Glycine max.*) dependent on activation of protein turnover during controlled hydration of seeds?. *Physiol. Plant.* 18: 157–161.
- [20] Knypl J.S., Khan A.A. 1981. Osmoconditioning of soybean seeds to improve performance at suboptimal temperatures. *Agronomy J.* 73: 112–116.
- [21] Lityński M. 1977. Biologiczne podstawy nasiennictwa. PWN Warszawa.

- [22] Manohar M.S. 1966. Effect of osmotic systems of germination of peas (*Pisum sativum* L.). *Planta* 71: 81–86.
- [23] Markowski A. 1982. Metoda przedsięwziętego kondycjonowania nasion soi do celów hodowlanych. *Biul. IHAR* 142.
- [24] Markowski A. 1988. Sensitivity of different species of field crops to chilling temperature. Part I. Interaction of initial seed moisture and imbibition temperature. *Acta Physiol. Plant.* 10: 265–274.
- [25] Mexal J., Fisher J.T., Osteryoung J., Reid C.P. 1975. Oxygen availability in polyethylene glycol solutions and its implications in plant — water relations. *Plant Physiol.* 55: 20–24.
- [26] Michel B.E., Kaufman M. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiol.* 51: 914–916.
- [27] Muendel H.H. 1986. Emergence and vigor of soybean in relation to initial seed moisture and soil temperature. *Agronomy J.* 78: 765–769.
- [28] Obrucheva N.V., Antipova O.V. 1985. Determination of the level of seed hydration that controls the events preceding cell elongation in germinating beans. *Fiz. Rast.* 32: 932–934.
- [29] Pandey D.K. 1989. Priming induced alleviation of the effects of natural aging derived selective leakage of constituents in French bean seeds. *Seed Sci. & Technol.* 17: 391–397.
- [30] Podlaski S. 1994. Uszlachetnianie materiałów nasiennych roślin rolniczych. Mat. konf. Uszlachetnianie materiałów nasiennych. ART Olsztyn: 25–30.
- [31] Priestley D.A., Leopold A.C. 1986. Alleviation of imbibitional chilling injury by use of lanolin. *Crop Sci.* 26: 1252–1254.
- [32] Prusiński J. 1987. Wpływ zaprawiania i wilgotności nasion na połowę zdolność wschodów soi odmiany Progres. *Biul. IHAR* 164: 125–131.
- [33] Prusiński J. 1990. Wpływ przedsięwziętej wilgotności nasion na wschody połowe wybranych gatunków roślin strączkowych. *Hod. Ros. Nas.*, Biul. branż. 4–5: 17–20.
- [34] Prusiński J. 1990. Reakcja wybranych odmian soi (*Glycine max.* L.) na termin siewu i przedsięwziętą wilgotność nasion. Cz.II. *Zesz. Nauk ATR Bydgoszcz, Rolnictwo* 174: 61–68.
- [35] Prusiński J. 1991. Kielkowanie i wschody roślin strączkowych w warunkach chłodnej i wilgotnej gleby. *Post. Nauk Rol.* 4/5/6: 3–18.
- [36] Prusiński J. 1993. Matrykondycjonowanie nasion. *Biul. IHAR* 188: 221–228.
- [37] Prusiński J. 1997. Porównanie kilku metod kondycjonowania nasion marchwi (*Daucus carota* L.) i pomidora (*Lycopersicon esculentum* Mill.) w wybranych substancjach stałych. *Zesz. Nauk. ATR Bydgoszcz, Rolnictwo* 207: 25–33.
- [38] Prusiński J., Borowska M. 1993. Zastosowanie testu elektroprzewodnictwa w ocenie wigoru mechanicznie uszkodzonych nasion roślin strączkowych. *Biul. IHAR* 186: 133–143.
- [39] Prusiński J., Borowska M. 1996. Imbibitional injury during germination of pea (*Pisum sativum* L.) cultivars. *Plant Breed. & Seed Sci.* 40: 149–157.
- [40] Prusiński J., Skinder Z., Sypniewski J., Sadowski Cz. 1996: Reakcja grochu siewnego jadalnego na kondycjonowanie i zaprawianie nasion. *Fragm. Agron.* 1: 70–79.
- [41] Ptasznik W., Khan A.A. 1993. Retaining the benefits of matricconditioning by controlled drying of snap bean seeds. *HortScience* 28: 1027–1030.
- [42] Ross E.E., Manalo J.R. 1976. Effect of initial seed moisture on snap bean emergence from cold soil. *Jour. Amer. Soc. Hort. Sci.* 101: 321–324.
- [43] Taylor A.G. 1987. Seed coatings to reduce imbibitional chilling injury. *Ann. Rep. Bean Improv. Coop.* 30: 30–31.



- [44] Taylor A.A., Klein D.E., Whitlow T.H. 1988. SMP: solid matrix priming of seeds. *Scientia Hort.*, 37: 1–11.
- [45] Vertucci C.W. 1989. The kinetics of seed imbibition. Controlling factors and relevance to seedling vigor. In: Seed moisture. CSSA Special Publications 14. Ed. P.C. Stanwood & M.B. McDonald: 93–115.
- [46] Vertucci C.W., Leopold A.C. 1983. Dynamics of imbibition by soybean embryos. *Plant Physiol.* 72: 190–193.
- [47] Vertucci C.W., Leopold A.C. 1984. Bound water in soybean seed and its relation to respiration and imbibitional damage. *Plant Physiol.* 75: 114–117.
- [48] Winston P.W., Bates D.H. 1960. Saturated solutions for the control of humidity in biological research. *Ecology* 41: 232–237.
- [49] Wiśniewski K., Sadowski H. 1985. Kondycjonowanie nasion buraków cukrowych. *Biul. IHAR* 156: 151–160.
- [50] Zuo W., Hang C., Zheng G. 1988. Physiological effects of priming with SPP on seeds of pea, tomato and spinach. Proc. Stand establishment of horticultural crops. Willow Valley Inn, Lancaster, PA: 124–133.

## Conditioning of legume seeds — theory and practice

---

Key words: legume seeds, imbibitional moistening chilling stress, seed conditioning methods

### Summary

Most of the legume seeds are subjected to imbibitional moistening chilling stress after sowing to cool and wet soil. Its practical effect usually consists in the lower than planned plant density after emergence. Because mostly overdried legume seeds are subjected to that stress, some methods of increasing presowing seed moisture content were developed. Hydroconditioning of seeds in saturated water vapour, osmo- and matricconditioning belong to them. Theoretical consideration on seed conditioning and its practical effect under field conditions are discussed.

*Adres do korespondencji:*  
*dr hab. inż. Janusz Prusiński prof. ATR*  
*Zakład Produkcji Nasiennej*  
*Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin*  
*Akademia Techniczno-Rolnicza*  
*ul. Mazowiecka 28*  
*85-084 Bydgoszcz*