

## BIULETYN OGRODÓW BOTANICZNYCH, MUZEÓW I ZBIORÓW

BOGUMILA PRĘDOTA  
OGRÓD BOTANICZNY UNIWERSYTETU WROCŁAWSKIEGO

## KIELKOWANIE MAKROHYDROFITÓW

Poznanie czynników wpływających na kiełkowanie nasion, owoców i turionów roślin wodnych jest bardzo ważne dla prowadzącego kolekcje tych roślin w ogrodach botanicznych. Znacznie lepiej poznano kiełkowanie roślin uprawnych, a szczególnie zbóż. Natomiast mało uwagi poświęcono poznaniu czynników wpływających na kiełkowanie dziko rosnących roślin. W związku z zagrożeniem wyginięcia wielu gatunków roślin konieczne staje się poznanie zasobów ich oraz utworzenie banku nasion i kultury zachowawczej roślin. Większość naszych hydrofitów wytwarza zdolne do kiełkowania nasiona, z wyjątkiem *Acorus calamus*, *Elodea canadensis* i niektórych gatunków z rodzaju *Potamogeton*. Jednakże większość nasion roślin wodnych trzeba wysiać zaraz po zebraniu, gdyż w krótkim czasie tracą siłę kiełkowania. Jak podają Dorph i Peterson [6] znikoma część nasion *Nymphaea alba* może kiełkować po upływie 1 roku, a pozostałe w ciągu następnych kilku lat. Żywotność nasion *Nuphar luteum* wynosi 3 lata, *Sagittaria sagittifolia* 5 lat, *Alisma plantago-aquatica* 7 lat; podobnie jak nasiona *Cyperus rotundus*.

Pierwsze eksperymenty określające warunki kiełkowania roślin wodnych przeprowadził Tittmann w 1819 [25]; a następne przeprowadzono dopiero pod koniec ubiegłego stulecia [12, 15]. Od tego czasu ukazują się publikacje opisujące wyniki eksperymentów służących określeniu optymalnych warunków kiełkowania hydrofitów. Nadal pozostaje jednak sprawą otwartą określenie najdogodniejszych warunków do szybkiego kiełkowania nasion, owoców i turionów wielu rzadkich, jak też pospolitych gatunków z tej grupy ekologicznej.

Moczenie nasion. Zanurzanie nasion w wodzie z naturalnych zbiorników sprzyja wcześniejszemu kiełkowaniu, m. in. *Nuphar luteum*, *N. pusillum* i *Nymphaea alba* [29]. Moczenie nasion w odstałej wodzie wodociągowej przez okres 2 tygodni

w doświadczeniach w Ogrodzie Botanicznym we Wrocławiu przyspiesza kiełkowanie *Nymphaea candida*, która kiełkuje po upływie 2 tygodni od wysiania w 40%. Kiełkowanie ogrodniczych odmian grzybieni jest jeszcze bardziej stymulowane moczeniem i wynosi ono 80% w przypadku *Nymphaea raumen*, a 100% nasion *Nymphaea hofgarstenii*, *N. colorata* i *N. midnight*. Tylko 10 dni moczenia wystarczy do przyspieszenia kiełkowania 40% nasion *Lysichiton camchatschense* i *L. americanus*. Podobny efekt można uzyskać zatapiając owoce *Sparganium erectum*; jedynie w przypadku owoców *Calla palustris* i *Sagittaria sagittifolia* nie następuje ich kiełkowanie [13].

Suszenie nasion. Nasiona i owoce podatne suszeniu z reguły wymagają przejścia okresu spoczynku pod wodą. Jak stwierdził Ludwig [15] wysuszenie nasion *Eichhornia sp.*, *Heteranthera dubia*, *Mayaca sp.*, *Potamogeton natans* i *P. pectinatus* powoduje przerwanie łupiny nasiennej ułatwiając tym samym ich kiełkowanie. Wrażliwość różnych roślin na przesuszenie jest bardzo zróżnicowana. Długość okresu wysuszenia owoców wraz z nasionami nie niszcząca ich żywotności wynosi 2 miesiące u *Callitriche sp.*, 3 miesiące u *Sparganium erectum*, 4 miesiące u *Potamogeton natans*, 1 rok u *Myriophyllum alterniflorum* i *M. spicatum*, 17 miesięcy u *Groelandia densa*, a 18 miesięcy u *Potamogeton crispus* [13]. Nawet nieznaczne przesuszenie uśmierca nasiona *Nymphaea alba*, *Nuphar luteum*, a także *Lysichiton americanus*.

Wilgotne podłoże. Nasiona znacznej liczby gatunków hydrofitów i helofitów dobrze kiełkują na wilgotnym podłożu; na wilgotnym mule najlepiej kiełkowały nasiona *Potamogeton obtusifolius* (62%). Nieco gorzej kiełkuje *Sparganium ramosum* (33%). Bardzo wolno kiełkują *Nuphar luteum* i *Nymphaea alba* — po upływie 1 roku i to zaledwie w 6% [12]. Na wilgotnym mule nie kiełkują nasiona *Typha latifolia*, *T. angustifolia* i mieszańiec *T. latifolia* x *T. angustifolia*. Kiełkują one na glinkach z naturalnych stanowisk, przykrytych 2,5 cm warstwą wody [2]. W doświadczeniach w Ogrodzie Botanicznym we Wrocławiu nasiona większości roślin wodnych szybko kiełkują na wilgotnym podłożu, które stanowi mieszanina ziemi kompostowej, piasku i gliny w stosunku 1:1:0,25. Po upływie 2 tygodni nasiona *Tillea aquatica*, *Cyperus haspan* i *Mimulus luteus* kiełkowały w 100%. Równie masowo kiełkowały nasiona *Limosella aquatica* (92%) i *Limnocharis flava* (86%). Natomiast *Cyperus tenuifolius*, *C. alternifolius* cv. albovariegatus i *Samolus valerandi* kiełkowały tylko w 40%. Na tym samym podłożu, ale przykrytym 2 cm warstwą wody, dobrze kiełkują: *Higrophila angustifolia* (66%), *H. auriculata* (60%), *Ludwigia longifolia* (96%), *L. octovalis* (78%), *L. suffruticosa* (38%), *Oryza sativa* (80%), *O. nigra* (80%), *O. glutinosa* (52%), *O. mutica* (86%), *Althernanthera sessilis* (80%) i *Ottelia alismoides* (45%). Nasiona te wysiewano w cieplej lub zimnej szklarni w zależności od wymagań termicznych danego gatunku. Natomiast niektóre krajowe makrohydrofity dobrze kiełkują wysiane wczesną wiosną do doniczek z mieszaniną ziemi kompostowej, piasku rzecznoego i gliny w stosunku 2:1:0,25. Aby ziemia nie wysychała zbyt szybko, dobrze jest je zadołować w inspekcje oraz dobrze i często podlewać. W tych warunkach dobrze kiełkują nasiona *Carex vulpina* (40%), *C. dian-*

*dra* (20%), *Mimulus luteus* (70%), *Festuca rubra* ssp. *litoralis* (80%), *Myosotis palustris* (56%), *Typhoides arundinacea* (60%) i *Nasturtium palustre* (80%).

Zmienne temperatury. Ekstremalne zmiany temperatury są czynnikiem przyspieszającym kiełkowanie wielu gatunków makrohydrofitów. Jak stwierdził Schumann [25], mróz sprzyja kiełkowaniu nasion *Alisma plantago-aquatica*, *Sagittaria sagittifolia*, *Sparganium* sp., *Typha* sp. i *Nymphaea* sp. Poddawał on nasiona 3 razy zamrażaniu w odstępach co 5 dni na okres 1 do 5 godzin. Po każdym zamrożeniu trzymał te nasiona w temperaturze 30°C. Temperatura 20°C nie jest efektywna; podniesienie do 30°C wywołuje dopiero ich kiełkowanie. Zwiększenie siły kiełkowania można osiągnąć przechowując nasiona w lodzie lub zamrożonym mule przez okres co najmniej 2 tygodni, a potem przenosząc je do cieplej szklarni. Obserwowano to u takich gatunków, jak *Nymphaea alba*, *Nuphar luteum*, *Myriophyllum alterniflorum*, *M. spicatum*, *Sparganium erectum*, *Sagittaria sagittifolia*, *Damasonium alisma*, *Butomus umbellatus*, *Baldelia ranunculoides*, *Alisma plantago-aquatica* i *Potamogeton natans*. Zamrożenie przyspiesza znacznie kiełkowanie nasion *Calla palustris* i *Nymphoides peltata*. Działanie okresu zimna jest potrzebne do kiełkowania nasion *Typha angustifolia*, *T. latifolia*, *T. shuttelworthii* i *T. minima*. Wyplukanie nasion *Typha angustifolia* i *T. latifolia* w wodzie zawierającej detergenty powoduje kiełkowanie bez okresu zimna [16]; zastępuje więc stratyfikację. Stymulujący wpływ następstwa temperatur 15—20°C i 30—35°C na kiełkowanie nasion *Typha latifolia* podaje Sitton [26]. Guppy [12] przechowywał nasiona hydrofitów w wodzie o temp. od 1 do 4°C. W tych warunkach zachodziła stratyfikacja nasion. W ten sposób przyspieszał kiełkowanie nasion *Nymphaea alba*, *Nuphar luteum*, *Ceratophyllum demersum*, *Myriophyllum spicatum*, *Nymphoides peltata*, *Sparganium erectum*, *S. emersum*, *Potamogeton natans*, *P. polygonifolius* i *P. berchtoldii*. Forsberg [10] przechowywał nasiona w wodzie o temp. 4°C przez okres od 1 do kilku miesięcy. Po upływie 1 miesiąca stratyfikacji, nasiona *Nymphaea alba*, *Baldelia ranunculoides*, *Alisma plantago-aquatica* i *Potamogeton lucens* kiełkowały w wodzie o temp. 20—30°C. Nasiona *Polygonum amphibium* wymagają przejścia dłuższego okresu stratyfikacji, a nasiona *Cladium mariscus* wcale nie kiełkowały w tych warunkach. Okres stratyfikacji wyraźnie opóźnia kiełkowanie makro- i mikrospor *Salvinia natans* (doświadczenia w Ogrodzie Botanicznym). Kąpiele o temp. 4°C przerywają spoczynek turionów *Myriophyllum verticillatum* [28]. Turiony *Hydrocharis morsus-ranae* do przerwania spoczynku wymagają temp. wody od 5 do 10°C; potem kiełkują po 2 do 4 godzinach przebywania w wodzie o temp. 40°C. W podobny sposób reagują turiony *Spirodela polyrrhiza* na zmiany temperatury, lecz trzeba je trzymać przez 20—30 dni w wodzie o temp. 30°C po przejściu stratyfikacji [22]. Natomiast temp. wody wynosząca 25°C hamuje kiełkowanie turionów *Potamogeton crispus*. Okazało się, że turiony południowo-amerykańskiego ekotypu *Potamogeton crispus* kiełkują jesienią tylko wtedy, gdy temperatura wody spada poniżej 25°C [24]. Kiełkowanie owoców 21 amerykańskich gatunków rdestnic badał Muenscher [19]. Owoce te przechowywał w wodzie o temp. od 1 do 3°C przez okres 1 roku. Ponad połowa nasion *Potamogeton confervoides*, *P. foliosus*, *P. obtusifolius*, *P. berchtoldii* ssp. *pusillus*, *P.*

*capillaceus*, *P. epiphydrus*, *P. nodosus* ssp. *americanus*, *P. illinoensis* ssp. *angustifolius* kiełkuje po spuszczeniu wody z basenu w szklarni o temp. od 18 do 21°C w dzień, a od 13 do 16°C w nocy. Jedynie *Potamogeton crispus*, *P. filiformis* i *P. vasei* nie kiełkowały w tych warunkach. Zarówno owoce, jak i nasiona *Valisneria americana*, *Glyceria aquatica*, *G. striata*, *Juncus articulatus*, *Heteranthera dubia*, *Rorippa nasturtium-aquaticum* i *Lobelia dortmanna* kiełkują już po 2 miesiącach trzymania w wodzie o temp. 4°C. Po 5 miesiącach kiełkują: *Nymphaea tuberosa*, *Ceratophyllum demersum*, *Veronica anagalis-aquatica*, *Alisma triviale*, *Peltandra virginica*, *Pontederia cordata*, *Calla palustris*, *Zizania aquatica*, a po 7 miesiącach *Nuphar variegata*, *Trapa natans* i *Acorus calamus*.

Światło. Wybitnie światłolubne są nasiona *Typha latifolia* i *T. angustifolia*, które mogą tylko kiełkować przy głębokości wody nie przekraczającej 15 cm, o ile jeszcze dociera tam światło [12]. W warunkach świetlnych kiełkują tylko całe, nieuszkodzone nasiona *Typha latifolia* [26]. Nasiona skaryfikowane, a nawet tylko z przekłutą łupiną nasienną mogą kiełkować w ciemności. Inhibujący wpływ na kiełkowanie nasion *Typha latifolia* ma również daleka czerwień. Światło stymuluje kiełkowanie *Ranunculus scelerathus*, *Lythrum salicaria*, *Nuphar luteum*, *Callitriche* sp., *Batrachium* sp. i *Potamogeton lucens*. Obojętne na ten czynnik są nasiona *Iris pseudocorus* [12], *Alisma plantago-aquatica* [25], *Baldelia ranunculoides* i *Nymphaea alba* [10]. Nasiona *Potamogeton natans* i *Najas marina* kiełkują najlepiej w ciemności [9]. Światło jest czynnikiem fotochemicznym stymulującym również kiełkowanie turionów *Spirodela polyrrhiza*, które są specjalnie na nie wrażliwe. Po 10 minutach oświetlenia kiełkują one w 100%, a w ciemności tylko w 35% [5]. Inhibująco działa na nie daleka czerwień, lecz efekt jej działania można znieść stosując bezpośrednie naświetlanie czerwonym światłem. Krótkotrwałe naświetlanie turionów *Spirodela polyrrhiza* niebieskim lub zielonym światłem powoduje ich kiełkowanie. Światło nie jest czynnikiem koniecznym do kiełkowania turionów *Potamogeton crispus* [24]. Korzystny wpływ światła na kiełkowanie turionów *Hydrocharis morsus-ranae* stwierdził Weber i Noóden [28].

Warunki tlenowe. W odróżnieniu od roślin lądowych nasiona roślin wodnych kiełkują na ogół w warunkach deficytu tlenowego. Mikroaerofilne są nasiona m. in. *Nelumbo nucifera* [20], *Euryale ferox* [21], *Alisma plantago-aquatica* [4], *Trapa natans* [27], *Peltandra virginica* [7] i *Typha latifolia* [18]. Korzystny wpływ niskiej zawartości tlenu jest widoczny tylko wtedy, gdy łupina nasienna nie jest uszkodzona. Gdy usunie się ją z nasion *Alisma plantago-aquatica*, konieczne jest ciśnienie 1 mm Hg tlenu lub 5 mm Hg powietrza, aby wytworzył się chlorofil i primordia liściowe. Dla zapoczątkowania nasion *Nelumbo nucifera* wystarczy niewielka rezerwa tlenu wewnątrz nich c. 0,22 ml [20].

Wiele gatunków hydrofitów nie może kiełkować przy zwykłym potencjale oksydacyjno-redukcyjnym, który w naturalnie natlenionej wodzie wynosi c. 0,5 V, a w mule 0,47 V [9]. Celem obniżenia potencjału oksydacyjno-redukcyjnego Forsberg [9] stosował podsiarczyn sodu. Nasiona *Najas marina* kiełkowały przy obniżeniu potencjału do 0,37 V. Podobny efekt można uzyskać wysiewając nasiona na agar,

który nie tylko ogranicza dostęp tlenu, lecz również absorbuje trujące dla siewek produkty przemiany materii, a szczególnie oddychania beztlenowego. W tych warunkach kiełkowały: *Alisma plantago-aquatica*, *Baldelia ranunculoides*, *Nitelopsis obtusa*, *N. marina*, *Chara aspera*, *Ch. vulgaris*, *Ch. hispida*, *Ch. globularis*, *Ch. aculeata*, *Ch. braunii* [9]. Jak zaobserwował Ohga [20], nasiona *Nelumbo nucifera*, które przeleżały 200 lat w stanie suchym w torfie, mogą kiełkować dobrze zarówno w atmosferze beztlenowej, w czystym azocie, wodorze, dwutlenku węgla i tlenie.

Wpływ różnych związków chemicznych. Wpływ kwasów organicznych szczawioowego, mrówkowego, mlekowego, jabłkowego i octowego na kiełkowanie nasion analizował Fischer [8]. Kwas mrówkowy nie wywiera wpływu na kiełkowanie nasion *Alisma plantago-aquatica*, *Sagittaria sagittifolia*, *S. graminea* var. *platyphylla*, *Potamogeton pectinatus*, *Schoenoplectus lacustris*, *Potamogeton lucens*, *Hippuris vulgaris*, *Polygonum amphibium*, *Scirpus maritimus*. Kwasy: mlekowy, jabłkowy i szczawioowy w stężeniu 0,02 do 0,04 m stymulują kiełkowanie nasion, a w stężeniu od 0,0025 do 0,01 m — owoców. Stosowane zbyt długo, nie wywierają już efektu stymulującego. Kwasy: solny, siarkowy, azotowy i fosforowy działają stymulująco w granicach stężeń od 0,2 do 0,3 m, tylko przez okres 2 godzin i przy podwyższonej temperaturze do 40°C [25]. Wientjes [30] osiągała równomierne kiełkowanie nasion *Epilobium hirsutum* i *Scrophularia nodosa* traktując je 0,1 N HCL. Nieco wyższego stężenia (1 N HCL) wymagają nasiona *Lythrum salicaria*. Również Lohammer [14] stosował słaby roztwór kwasu solnego o odczynie wynoszącym pH 2, który w połączeniu z pepsyną przez 8 godzin nadtrawiał nasiona *Potamogeton natans*. W ten sposób uzyskał aż 90% kiełkujących nasion. Równie wysoki procent kiełkujących nasion można uzyskać stosując mieszaninę węgla sodu i 1% pankreatyny. Do destrukcji łupiny nasiennej często stosuje się stężony kwas siarkowy przez 10 lub 15 minut. Po takim zabiegu łatwo kiełkują nasiona *Nymphaea alba*, *N. lotus* i *Cyperus rotundus*, których nasiona posiadają wyjątkowo grubą łupinę nasienną.

Substancje wzrostowe i inhibitory. Gdy zaczyna się kiełkowanie nasion, zaczynają pojawiać się w dużych ilościach auksyny [11, 23]. Allsopp [1] badał wpływ różnych związków chemicznych typu auksyn na kiełkowanie spor *Marsilea drummondii* w warunkach sterylnych. Stosował auksyny: kwas  $\beta$ -indoliloctowy w stężeniu  $10^{-6}$  g na 1 l pożywki, kwas naftalenoctowy w stężeniu  $10^{-7}$  g na 1 l pożywki i kwas 2,4-dwuchlorofenoksyoctowy w stężeniu  $10^{-8}$  g na 1 l pożywki; stymulowały one kiełkowanie, rozwój młodych sporofitów i tworzenie się korzeni. Wpływ związków aktywujących cytokinę, a mianowicie, puryn i pochodnych pirymidyny specjalnie zaznacza się w przypadku kiełkujących spor tej paproci. Adenina w stężeniu  $10^{-3}$  g na 1 l pożywki inhibitowała wzrost młodych sporofitów. Nieco odmiennie działa uracyl — stymuluje on wprawdzie kiełkowanie w stężeniu  $10^{-4}$  g na 1 l pożywki, lecz w niewielkim stopniu inhibuje elongację. Guanina w stężeniu  $10^{-4}$ — $10^{-7}$  g na 1 l pożywki jednakowo wpływa na wzrost. Stymulujący wpływ związków typu cytokinin zaznacza się wyraźnie w przypadku nasion fotoblastycznych. Podobny efekt wywierają gibereliny. Światłoczułe nasiona *Bidens radiatus* pod wpływem

kwasu giberelinowego kiełkują szybko nawet w zupełnej ciemności. Podobny wpływ ma giberelina na kiełkowanie ryżu.

Najwięcej inhibitorów kiełkowania występuje w łupinie nasiennej i w owocach. Crocker [3] usuwał miękkie części owoców *Polygonum amphibium*, *Sagittaria sagittifolia*, *Alisma plantago-aquatica*, *Potamogeton natans* i *P. pectinatus*. Po 2 dniach inkubacji w wodzie o temp. 20°C i w ciemności kiełkowało 85% nasion *Polygonum amphibium*, *Sagittaria sagittifolia* i *Alisma plantago-aquatica*. Stymulacja kiełkowania zachodziła przypuszczalnie wskutek wymycia inhibitorów. Jedną z najczęściej spotykanych blastokolin jest kumaryna, która hamuje kiełkowanie nasion wielu gatunków roślin. W przypadku ryżu jednak ta substancja w niskich stężeniach przyspiesza kiełkowanie [17]. W przypadku nasion, owoców i turionów wielu gatunków hydrofitów czynnikiem stymulującym kiełkowanie jest krótsze lub dłuższe moczenie ich w wodzie. Przypuszczalnie zostają wtedy wymyte blastokoliny.

Stymulująco na kiełkowanie nasion i turionów działa stratyfikowanie ich w wodzie o temp. 4°C, a więc w warunkach zbliżonych do naturalnych panujących na dnie zbiorników wodnych w okresie zimy. Działania niskich temperatur na ogół nie da się zastąpić innym czynnikiem. Niemniej jednak w stosunku do części roślin stratyfikację można zastąpić wpływem rytmicznie zmieniających się temperatur. Stratyfikacja doprowadza do rozszerzenia termicznych granic kiełkowania nasion. Inaczej reagują na zmiany temperatury turiony. W okresie ich spoczynku następuje zawężenie zakresu wymagań temperaturowych, czego efektem jest podwyższenie temperatury minimalnej, a obniżenie temperatury maksymalnej. Wahania temperatury są czynnikiem stymulującym kiełkowanie w warunkach naturalnych. Aby stworzyć nasionom roślin rosnących *ex situ* warunki zbliżone do naturalnych, musimy je poddawać wielokrotnemu zamrażaniu i ogrzewaniu do temp. 30°C. Niekiedy wpływ zmiennej temperatury można zastąpić działaniem światła i na odwrót. Efektem działania tych czynników jest przyspieszenie dojrzewania nasion, często związane z degradacją bądź eliminacją blastokolin. Podobny zastępczy wpływ na dojrzewanie nasion ma działanie związków azotowych, giberelin, zmienna kwasowość osadów czy gleby. W związku z tym należy przypuszczać, że rola światła w kiełkowaniu nasion makrohydrofitów jest ograniczona w warunkach naturalnych. Najbardziej wrażliwe na światło są nasiona wilgotne.

Nasiona hydrofitów najlepiej kiełkują przy obniżonym ciśnieniu tlenu, a więc przy niższym, od spotykanego w warunkach naturalnych, potencjale oksydacyjno-redukcyjnym. Wiele przeprowadzonych eksperymentów wskazuje na to, iż kiełkowanie bynajmniej nie musi zachodzić przy dostępie tlenu, gdyż nasiona mogą równie dobrze kiełkować w atmosferze beztlenowej, jak też w atmosferze innych czystych gazów. W przeciwieństwie do nasion roślin lądowych, których kiełkowanie hamuje atmosfera zawierająca tylko 15% dwutlenku węgla, nasiona roślin wodnych mogą kiełkować w jego czystej atmosferze, jak np. *Nelumbo nucifera*. Nasiona większości gatunków hydrofitów kiełkują pod wodą, co również wiąże się ze zmniejszającą się zawartością tlenu w miarę wzrostu głębokości. Trzeba również zwrócić uwagę na fakt, iż w początkowym okresie pęcznienia i kiełkowania dostęp tlenu jest za-

zwyczaj bardziej utrudniony niż wydzielanie dwutlenku węgla. W tych warunkach przeważa więc oddychanie beztlenowe. Znajduje to swoje odbicie w wysokim współczynniku oddechowym nasion. Natomiast nasiona poddane działaniu niskiej temperatury mają niższy współczynnik oddechowy niż nasiona przebywające w wyższej temperaturze. Ponadto nasiona fotoblastyczne oddychają pod wpływem światła z większym natężeniem niż w ciemności.

Od subtelnej równowagi pomiędzy stymulatorami a inhibitorami w znacznej mierze zależy kiełkowanie nasion. Wzrost zarodka zaczyna się od wydłużania komórek, stąd stymulujący wpływ auksyn i giberelin. Ponadto odgrywają one znaczną rolę w procesach związanych z pobieraniem wody, ponieważ zwiększają przepuszczalność protoplastu dla wody i wzmagają siłę ssącą korzeni. Wpływ giberelin jest związany ze stymulowaniem syntezy  $\alpha$ -amylazy, aktywacją procesów hydrolizy białek, oraz ułatwianiem pobierania wody. Nasiona fotoblastyczne w stanie wysuszonym zawierają bardzo mało giberelin, a jednocześnie nie są wrażliwe na działanie światła. Podczas pęcznienia następuje wzrost zawartości giberelin i nasiona stają się wrażliwe na światło. Giberelina, podobnie jak kinetyna, nie ma bezpośredniego wpływu na kiełkowanie, lecz redukuje w znacznym stopniu wpływ kumaryny. Najwięcej cytokinin zawierają niedojrzałe nasiona. Pod wpływem światła czerwonego wzrasta zawartość pochodnych adeniny w nasionach fotoblastycznych. Cytokiny indukują również syntezę  $\alpha$ -amylazy, a ponadto stymulują syntezę kwasów nukleinowych, a także mogą wchodzić w skład t-RNA. Jeżeli chodzi o rośliny wodne, to wpływ substancji wzrostowych nie wydaje się być znaczny. Auksyny w niskich stężeniach działają stymulująco na tworzenie się korzeni. Nieznaczny jest również wpływ uracylu, guaniny i adeniny. Jedynie giberelina wpływa stymulująco na kiełkowanie nasion m. in. *Bidens radiatus*. Ciekawy jest również fakt, że kumaryna—inhibitor wzrostu korzeni w niskich stężeniach stymuluje kiełkowanie ryżu. U hydrofitów mamy przypuszczalnie do czynienia z odmiennymi reakcjami nasion na egzogenne substancje wzrostowe.

Z wielu przeprowadzonych eksperymentów określających optymalne warunki kiełkowania nasion, owoców i turionów roślin wodnych i błotnych, można wyciągnąć jeden generalny wniosek, iż z największym powodzeniem kiełkują nasiona dziko rosnących roślin *ex situ* w warunkach, które jak najbardziej przypominają warunki naturalne. Największy sukces osiągniemy stosując stratyfikację nasion bądź zmienne temperatury oraz ograniczając dostęp tlenu, a w przypadku nasion twardego — skaryfikując je.

#### LITERATURA

- [1] Allsopp A., 1952. Experimental and analytical studies of *Pteridophytes*. XVII. The effect of various physiologically active substances on the development of *Marsilea* in sterile culture. Ann. Bot. N. S., 16, 166—183.

- [2] Bedish J. W., 1967. Cattail moisture requirements and significance to marsh management. Amer. Midl. Nat., 78, 288—299.
- [3] Crocker W., 1907. Germination of the seed of water plants. Bot. Gaz., Bd. 44, 375—382.
- [4] Crocker W., Davis W. E., 1914. Delayed germination in seed of *Alisma plantago*. Bot. Gaz. Bd. 58, 285—321.
- [5] Czopek M., 1962. The oligodynamic action of light on the germination of turions *Spirodela polyrrhiza* L. Schleiden. Acta Soc. Bot. Pol., 31, 703—722.
- [6] Dorph i Petersen, 1906. (Schaumann K., 1926). Über die Keimungsbedingungen von *Alisma plantago* und anderen Wasserpflanzen. Jrb. Wiss. Bot., 65, 851—934.
- [7] Edwards T. J., 1933. The germination and growth of *Peltandra virginica* in the absence of oxygen. Bull. Torrey Bot. Club, 60, 573—581.
- [8] Fischer A., 1907. Wasserstoff- und Hydroxylionen als Keimungsreize. Ber. Deutsch. Bot. Ges. 15, 108—122.
- [9] Forsberg C., 1965. Sterile germination of oospores of *Chara* and seeds of *Najas marina*. Physiol. Pl., 18, 128—137.
- [10] Forsberg C., 1966. Sterile germination of seeds of some water plants. Physiol. Pl., 19, 1105—1109.
- [11] Gordon S. A., 1954. Occurrence, formation and inactivation of auxins. Am. Rev. Plant Physiol., 5, 341—347.
- [12] Guppy H. B., 1894. Water-Plants and their ways. Their dispersal and its observation. Sci. Gossip, N. S., 145—147.
- [13] Hutchinson G. E., 1975. A treatise on Limnology. Wiley, New York.
- [14] Lohammer G., 1954. Mätsmältningens inverkan on the germination of *Potamogeton* seeds. Fauna och Flora, H. 1—2, 17—32.
- [15] Ludwig F., 1886/87. Über durch Austrocknen bedingte Keimfähigkeit der Samen einiger Wasserpflanzen. Biol. Zentralbl., 6, 299—300.
- [16] Mc Naughton S. J., 1966. Ekotype function in the *Typha* community- type. Ecol. Monogr., 66, 297—325.
- [17] Misra G., Patnaik N. S., 1959. Effect of coumarin on the germination and growth of rice seedlings. Nature, 183, 985—990.
- [18] Morinaga T., 1926. Effect of alternating temperatures upon the germination of seeds. Am. J. Bot. 13, 141—166.
- [19] Muenscher W. C., 1936. The germination of seeds of *Potamogeton*. Ann. Bot. 50, 805—21.
- [20] Ohga T., 1926. The germination of century- old and recently harvested indian lotus fruits with special references to the effect of oxygen supply. Am. J. Bot., 13, 754—759.
- [21] Okada Y., 1930. Study of *Euryale ferox* (Salisb.) V. On some features in the physiology of seed, with special respect to the problem of delayed germination. Sci. Rep. Tôhoku Imp. Univ., s. 4, Biol., 5, 41—116.
- [22] Perry O., 1968. Dormancy, turion formation by different clones of *Spirodela polyrrhiza*. Pl. Physiol., 43, 1866—1869.
- [23] Pilet P. E., 1954. Croissance et rhizogenèse des racines de plantules vernalisées. Rev. Gen. Bot., 61, 637—664.
- [24] Rogers K. H., Breen C. M., 1980. Growth and reproduction of *Potamogeton crispus* in a South African Lake. J. Ecol., 68, 561—571.
- [25] Schaumann K., 1926. Über die Keimungsbedingungen von *Alisma plantago* und anderen Wasserpflanzen. Jrb. Wiss. Bot., 65, 851—934.
- [26] Sitton H. B., 1959. The germination of light- sensitive seeds of *Typha latifolia*. Can. J. Bot. 37, 719—739.
- [27] Teresawa I., 1927. Experimentelle Studien über die Keimung von *Trapa natans* L. Bot. Mag. Tokyo, 41, 581—587.
- [28] Weber A. J., Noodén L. D., 1976. Environmental and hormonal control of turion germination in *Myriophyllum verticillatum*. Am. J. Bot., 63, 936—944.



- [29] Wendt A., 1952. Die Aquarienpflanzen im Wort und Bild. Alfred Kernen Verlag, Stuttgart.
- [30] Wientjes K., 1920. Accélération de la germination sous influence des acides. Rec. trav. bot. néerl., 17, 33—69.

Dr Bogumiła Prędota  
Ogród Botaniczny Uniwersytetu Wrocławskiego, 50-335 Wrocław,  
ul. Sienkiewicza 23