

WPLYW KWASU HUMINOWEGO, pH PODŁOŻA I TEMPERATURY
NA SYNCHRONIZACJĘ KIEŁKOWANIA FOTOBLASTYCZNYCH NASION SELERA

Eugeniusz Gawroński

Zakład Fizjologii Roślin, Instytut Przyrodniczych Podstaw
Produkcji Roślinnej,

Akademia Rolnicza, 20-934 Lublin, ul. Akademicka 15

W przeglądzie piśmiennictwa dotyczącego problemu kiełkowania nasion roślin z rodziny Umbelliferae, [29] zwraca uwagę fakt, że żywotność i zdolność do kiełkowania nasion selera zależy nie tylko od czynników zewnętrznych - głównie światła i temperatury, ale także od właściwości genetycznych. Poznano wiele przyczyn, które powodują, że nasiona selera kiełkują bardzo powoli, nieregularnie i często w niskim procencie. Niewątpliwie główną przeszkodą w szybkim kiełkowaniu jest brak pełnej dojrzałości zarodka, który otacza wiele warstw żywych komórek endospermy [12, 26]. Nowych, nadzwyczajnie interesujących i cennych informacji dostarczają ostatnie badania wykazujące, że indukowane światłem czerwonym i hamowane daleką czerwienią kiełkowanie nasion selera jest procesem regulowanym przez układ fitochromu [32, 33]. Stwierdzono również, że częściowe lub całkowite zastąpienie wymagań światła i temperatury dokonują regulatory wzrostu, zwłaszcza gibereliny i cytokininy, które współdziałając ze światłem i temperaturą, przerywają spoczynek i przyspieszają inicjację kiełkowania nasion selera [2, 3, 21-23, 31].

Wcześniejsze doświadczenia wykazały [8], że w wyniku współdziałania światła, fitohormonów (gibereliny i kinetyny), bądź kwasu huminowego (KH) kiełkowanie nasion sałaty zmieniało się zależnie od pH i temperatury środowiska inkubacyjnego. Bardzo prawdopodobna wydawała się więc możliwość regulacji przez kwas huminowy procesu kiełkowania nasion selera poddanych działaniu światła i temperatury. Poszukując potwierdzenia tej sugestii, wykonano do-

świadczenia, których głównym celem było zbadanie wpływu KH w zależności od poziomu pH podłoża na skrócenie okresu spoczynku, przyspieszenie inicjacji oraz synchronizację indukowanego światłem i temperaturą kiełkowania nasion selera.

MATERIAŁ I METODY

Obiektem badań były nasiona dwu odmian selera: *Apium graveolens* L., var. *rapaceum* Mill. (D.C), korzeniowy (cv. Jabłkowy, partia 6773 g) i *A. graveolens* L., var. *secalinum* Alef., liściowy (cv. Pascal Riesen Grune, partia 6463 e), pochodzące ze zbioru w 1975 r., które zakupiono w Centrali Ogrodniczej w Lublinie. Celem otrzymania wyrównanego pod względem wyglądu zewnętrznego, wielkości i barwy materiału siewnego, nasiona selekcjonowano. Przed wysiewem pozostawały one co najmniej przez 48 godzin w całkowitej ciemności. Następnie wysiewano je po 100 do płytek Petriego średnicy 10 cm, wyścielonych dwiema warstwami bibuły Whatman 1, zwilżonej 4 ml odpowiedniego roztworu. Sproszkowane preparaty KH rozpuszczano w 0,01 N NaOH, zobojętniano 0,01 N HCl i dodawano w stężeniach 5, 50 i 500 mg·l⁻¹ do buforu fosforanowo potasowego pH 4,5, 5, 6, 7, 8 i 9,2, sporządzonego wg Dawsona i wsp. [6] oraz Reynolds 27, 28. Preparaty KH z różnych gleb otrzymano metodą wcześniej opisaną [8, 9]. Nasycanie i kiełkowanie nasion odbywało się w obecności buforu 1/60 M, ponieważ wyższe stężenia mogą działać toksycznie [15]. Próby kontrolne stanowiły nasiona kiełkujące w wodzie lub w obecności samego buforu. Kiełkowanie przeprowadzono w termoluminostacie w kontrolowanych warunkach światła, temperatury i wilgotności (75%). Światła dostarczały lampy jarzeniowe -rtęciowe (12 lamp, 40 W). Wszelkie niezbędne czynności z nasionami inkubowanymi w ciemności, wykonywano pod silnie przyćmionym zielonym światłem nie mającym wpływu na kiełkowanie [8, 14, 32]. Nasiona skiełkowane usuwano z płytek podczas liczenia po upływie określonego czasu inkubacji. Osobno obliczono szybkość kiełkowania wg wzoru Piepera [19]. Każda seria doświadczenia obejmowała 3 setki nasion i powtarzana była co najmniej dwukrotnie. Jako kryterium kiełkowania przyjęto przebicie okrywy nasiennej przez korzeń zarodkowy [14, 32].

WYNIKI

Ocena zdolności do kiełkowania

W doświadczeniu wstępnym analizowano kiełkowanie nasion dwu odmian selera poddanych działaniu preparatu KH Merck. Dotychczas brak było w piśmiennictwie danych dotyczących oceny reakcji nasion różnych odmian selera na działanie KH. Nasiona selera korzeniowego zaczynały kiełkować już po 8 dniach od rozpoczęcia nasycenia, a nasiona selera liściowego dwa dni później (rys. 1). Maksymalne nasilenie kiełkowania wystąpiło w pierwszych czterech dniach; w następnych dniach procent skiełkowanych nasion stopniowo obniżał się. Krzywe ilustrujące przebieg kiełkowania wykazują, że zastosowana dawka $\text{KH } 50 \cdot \text{l}^{-1}$ nie tylko wpłynęła dodatnio na przyspieszenie inicjacji, ale także na wcześniejsze zakończenie procesu kiełkowania. Wyraźne różnice między odmianami selera w pobudzaniu zdolności do kiełkowania świadczą, że KH wzmacnia żywotność nasion, przy czym wyższe wartości procentowe w końcowym etapie kiełkowania (w dniach 16-21 po wysiewie) dowodzą, że nasiona selera liściowego są żywotniejsze od nasion selera korzeniowego. Te ostatnie okazały się jednak bardziej podatne na działanie preparatu KH.

Wpływ KH na szybkość kiełkowania

Badano w jakim stopniu KH wzmacnia przerywanie spoczynku a tym samym przyspiesza kiełkowania indukowane światłem i temperaturą. W tym doświadczeniu jedną serię nasion inkubowano w roztworze buforu fosforanowego ($1/60 \text{ M pH } 7$ z dodatkiem $50 \cdot \text{l}^{-1} \text{ KH}$) drugą (kontrolnych) nasycano wodą destylowaną. Warunki doświadczenia i otrzymane wyniki podano w tabeli 1.

W stałej temperaturze, 25°C , nasiona nasycane wodą w całkowitej ciemności, pozostawały w spoczynku. Roztwór KH w stosunkowo słabym stopniu pobudzał kiełkowanie nasion obu odmian selera. W ciągłym białym świetle w temperaturze 25°C , w obecności KH szybkość kiełkowania wyraźnie wzrastała. W tych warunkach współczynnik szybkości kiełkowania nasion kontrolnych wynosił 15,3 i 14,4 dni, natomiast w obecności KH zanotowano odpowiednio krótszy czas

kiełkowania (10,2 i 10,9 dni). Nasiona poddane działaniu przemien-
nemu obydwu czynników: światło/ciemność i temperatury 25°/5° przez
12/12 godz. w ciągu doby kiełkowały najszybciej. Wyniki te po-
twierdzają w zasadzie wcześniej znane fakty, że światło i tempe-
ratura przerywają spoczynek nasion selera [18, 34, 35]. Nasiona
poddane przemienne w ciągu doby działaniu światła i ciemności
przez 12/12 godz., w stałej temperaturze 25°C kiełkowały znacznie
szybciej w obecności roztworu KH niż nasiona kontrolne nasycane
wodą. Zwraca uwagę fakt, że przemienne w ciągu doby działanie
światła i ciemności w stałej temperaturze 25°C w porównaniu z pró-
bami nasion ciągle naświetlanych, wywołuje wyraźne skrócenie cza-
su kiełkowania, szczególnie nasion selera liściowego. Inkubowane
w całkowitej ciemności w zmiennej temperaturze 25°/5°C przez 12/12
godz. w ciągu doby nasiona kontrolne, jak i poddane działaniu KH,
kiełkowały z szybkością podobną do nasion otrzymujących ciągle
białe światło i stałą temperaturę 25°C.

Podsumowując wyniki tabeli 1 można stwierdzić, że:

- nasiona obu odmian selera są fotoblastyczne i wymagają do
kiełkowania światła;
- zmienna temperatura w ciągu doby wzmacnia efekty kiełkowania
indukowanego światłem;
- podwyższenie aktywności KH notuje się przy przemianym dzia-
łaniu światła i temperatury.

Wpływ stężenia KH na indukowane światłem i temperaturą kiełkowa- nie nasion selera w zależności od pH buforu fosforanowo-potasowego

Spodziewano się efektywniejszej synchronizacji kiełkowania w
wyniku presji pH i stężenia KH. Podczas nasycania wodą nasiona
poddawano przemienne działaniu światła i temperatury, ponieważ
w poprzednim doświadczeniu w takich warunkach kiełkowały naj-
lepiej. Po 10 dniach od rozpoczęcia nasycania wodą (rys. 2) nasiona
kontrolne selera korzeniowego kiełkowały w 53,2% zaś w obecności
buforu (pH 7) z dawką KH 50 mg.l⁻¹ w 72,5%. W tym samym czasie w
identycznych warunkach, nasiona selera liściowego kiełkowały za-
ledwie w 21,5% w wodzie i w 44,5% w obecności roztworu KH. Porów-
nując procent skiełkowanych nasion z prób kontrolnych stwierdzamy,
że sam bufor fosforanowy stymulował kiełkowanie w granicach pH
5-8. Maksymalne nasilenie przerywania spoczynku nasion obu odmian

T a b e l a 1

Wpływ światła i temperatury na szybkość kiełkowania nasion dwóch odmian selera poddanych działaniu KH*

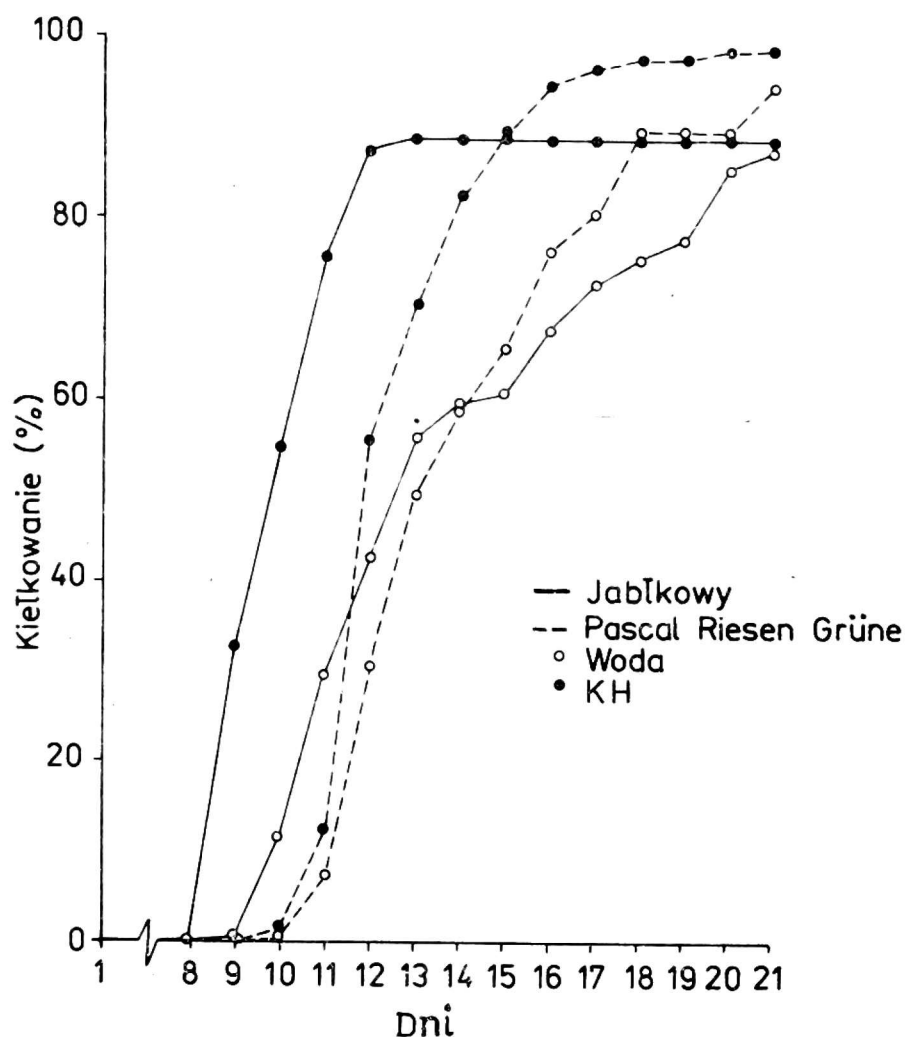
Warunki działania światła i temperatury podczas doby	Odmiana**	Szybkość kiełkowania***	
		w wodzie (kontrola)	w roztworze KH 50 mg.l ⁻¹
Ciągła ciemność, temperatura 25°C	K	0	17,6
	L	0	18,1
Ciągłe białe światło, temperatura 25°C	K	15,3	10,2
	L	15,4	10,9
Przemienne światło/ciemność, temperatura 25°/5°C, 12/12 godz.	K	10,8	9,9
	L	11,9	9,3
Światło/ciemność 12/12 godz., temperatura 25°C	K	14,7	10,3
	L	14,3	9,7
Ciągła ciemność, temperatura 25°C/5°C, 12/12 godz.	K	14,5	10,7
	L	15,6	10,4

*Nasiona kiełkowano w termoluminostacie w ciągu 21 dni. Natężenie światła $3,4 \cdot 10^3 \text{ erg} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

**K - korzeniowy (jabłkowy), L - liściowy (Pascal Riesen Grüne).

***Szybkość kiełkowania (W - współczynnik Piepera) wyliczono z wzoru: $= \frac{\sum(d \cdot pd)}{k}$, gdzie d - kolejny dzień kiełkowania, pd - liczba nasion skiełkowanych w danym dniu, k - suma wszystkich nasion skiełkowanych.

selera występuje przy pH 7 w obecności stężenia KH $50 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. W buforze alkalicznym (pH 8 i 9,2) zaznacza się stopniowy spadek procentu kiełkowania, zależnie od wielkości dawki KH obecnej w roztworze nasycającym nasiona.

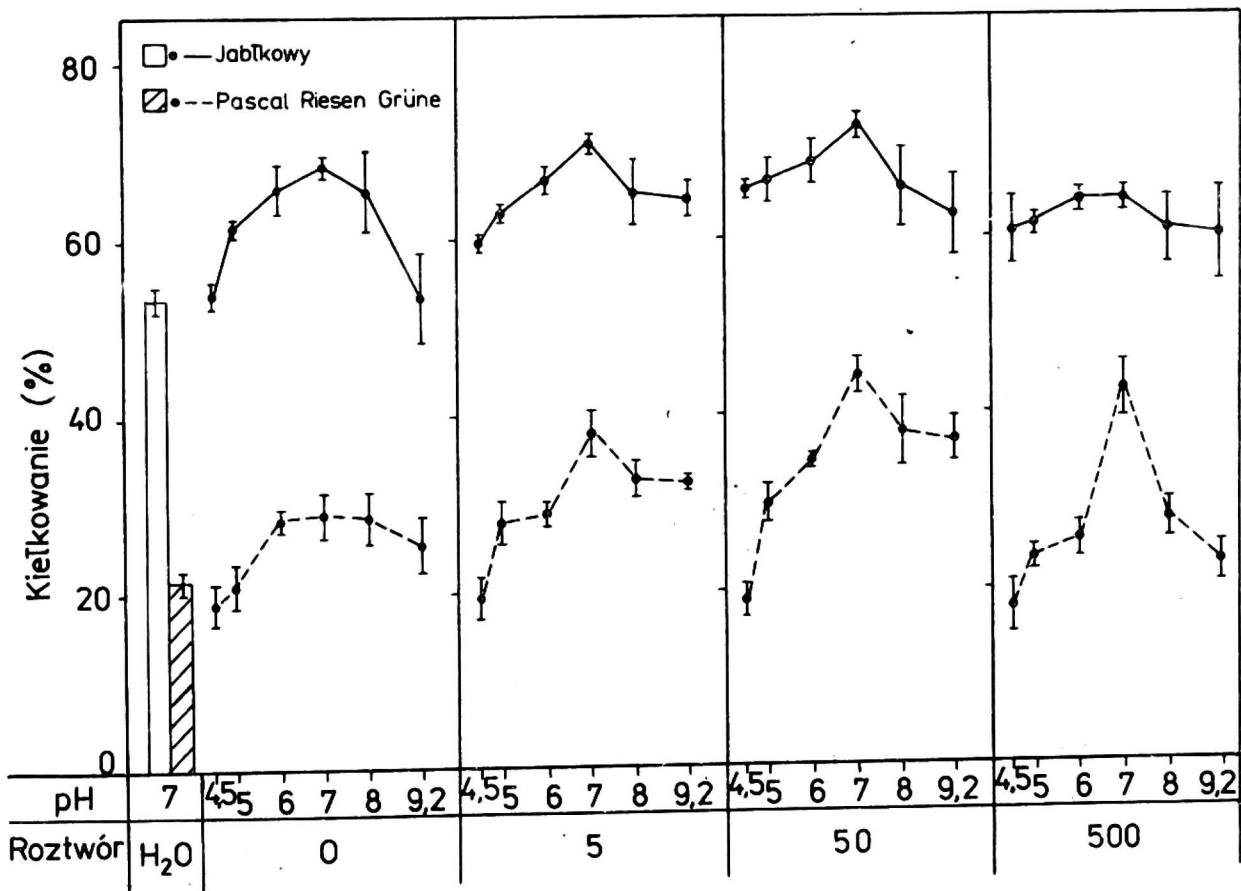


Rys. 1. Porównanie zdolności do kiełkowania nasion dwu odmian selera nasycanych wodą i roztworem KH. Nasiona nasycano i kiełkowano w obecności buforu fosforanowo potasowego ($1/60 \text{ M}$, pH 7) z dodatkiem $50 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ preparatu KH Merck. Próby nasion kontrolnych nasycano wodą destylowaną. Nasiona otrzymywały stałą temperaturę 25°C , światło/ciemność przez 12/12 godz. w ciągu doby. Natężenie światła $3,4 \cdot 10^3 \text{ erg} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

W środowisku silnie kwaśnym buforu (pH 4,5) z dodatkiem KH, nasiona selera korzeniowego wykazały wyższą procentowo kiełkowania. Zależności tej nie ujawniły nasiona selera liściowego. Stymulujący wpływ kwaśnego odczynu na kiełkowanie nasion obu odmian selera uwidocznił się jednak wyraźniej przy pH 5 i 6. Alkaliczny odczyn buforu (pH 8 i 9,2) z dodatkiem KH i bez niego z reguły wpływał obniżająco na procent kiełkowania nasion obu odmian selera. Obni-

żenie procentu kiełkowania w obecności dawek KH nie osiągało jednak poziomu spadku kiełkowania wywołanego samym buforem. Fakt ten wskazuje na to, że dawki KH znacznie łagodziły hamowanie kiełkowania spowodowane silnie zasadowym odczynem środowiska. Warto zaznaczyć, że nasilenie kiełkowania wzrastało z podwyższeniem poziomu pH. Maksymalne wartości występują regularnie przy pH 7, niezależnie od zastosowanej dawki KH.

Porównując wyniki kiełkowania w różnych warunkach środowiska widzimy, że nasiona otrzymujące przemiennie w ciągu doby temperaturę i światło (rys. 2), kiełkowały znacznie wcześniej od nasion inkubowanych w warunkach stałej temperatury 25° i przemiennie działającego światła (rys. 1).



Rys. 2. Wpływ pH buforu fosforanowo potasowego i stężenia KH na indukowaną światłem i temperaturą kiełkowanie nasion dwu odmian selera. Roztwór: 0 - bufor fosforanowo potasowy 1/60 M; 5, 50, 500 - dawki KH mg · l⁻¹ dodane do buforu. Nasiona kiełkowano w termoluminostacie. Temperatura 25°/5°C, światło/ciemność 12/12 godz. w ciągu doby. Natężenie światła 3,4 · 10³ erg · cm⁻² · s⁻¹. Skiełkowane nasiona liczone po 10 dniach od rozpoczęcia nasycania

Kiełkowanie nasion selera poddanych działaniu preparatów KH
różnego pochodzenia

Wyniki kolejnego doświadczenia (tab. 2) informują w jakim stopniu preparaty KH różnego pochodzenia wzmagają indukowane światłem i temperaturą kiełkowanie nasion badanych odmian selera.

T a b e l a 2

Wpływ preparatów KH różnego pochodzenia na kiełkowanie nasion obu odmian selera*

Roztwór nasycający nasiona**	Odmia- na***	Kiełkowanie (%)	Różnica (%)
1	2	3	4
Woda (kontrola)	K	53,2 ± 2,48	-
	L	21,5 - 2,75	-
Bufor	K	57,3 ± 3,76	+7,7
	L	25,4 ± 5,93	+18,1
Bufor + KH Merck	K	64,7 ± 4,02	+21,6
	L	36,0 ± 8,63	+67,4
Bufor + KH z gleby lessowej	K	55,0 ± 6,81	+3,4
	L	40,0 ± 0	+86,1
Bufor + KH z gleby rędziny	K	74,1 ± 6,20	+39,3
	L	40,0 ± 0	+86,1
Bufor + KH z kompostu	K	55,7 ± 1,47	+4,7
	L	26,0 ± 0	+20,9

*Nasiona otrzymywały w ciągu doby: światło/ciemność i temperaturę 25°/5° przez 12/12 godz. Natężenie światła $2,75 \cdot 10^3 \text{ erg} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Procent skiełkowanych nasion liczono po 11 dniach od rozpoczęcia nasycania.

**Bufor fosforanowo potasowy (1/60 M, pH 7). Dawki KH 50 mg $\cdot \text{l}^{-1}$.

***K - korzeniowy (jabłkowy), L - liściowy (Pascal Riesen Grüne).

Fakt, że kiełkowanie nasion selera korzeniowego w sposób zdecydowany wyprzedza kiełkowanie nasion selera liściowego, potwierdza wyniki uzyskane w poprzednich doświadczeniach. Sam roztwór buforu fosforanowego w nieznacznym stopniu przyspieszał kiełkowanie nasion. W odpowiedzi na działanie dwóch preparatów KH - Merck i z gleby rędziny, nasiona selera korzeniowego zareagowały wyraźnie wzmożonym kiełkowaniem. Różnice kiełkowania wynoszą odpowiednio 21,6 i 39,3%. Pozostałe preparaty KH stymulowały kiełkowanie w niewielkim procencie. Równoległe kiełkujące nasiona selera liściowego charakteryzowały się znacznie wyższymi nadwyżkami procentowymi, które wynikały z opóźnionej o dwa dni inicjacji kiełkowania. Najaktywniej stymulowały kiełkowanie nasion tej odmiany dwa preparaty z gleby lessowej i rędziny. W obu wypadkach zanotowano zwiększenie kiełkowania 86,1%. Preparat KH wyosobniony z kompostu sześciolatniego z liści drzew liściastych, stymulował kiełkowanie najsłabiej. Stwierdzone różnice wynikają z jednej strony z odmiennej wrażliwości nasion na zastosowane parametry KH, z drugiej zaś z niejednakowej aktywności fizjologicznej różnego pochodzenia preparatów KH.

DYSKUSJA

Analiza uzyskanych wyników pozwala na wysunięcie pewnych sugestii dotyczących ewentualnego współdziałania KH ze światłem w stymulowaniu kiełkowania nasion selera. Na możliwość takiego współdziałania wskazują zwyczajki procentu kiełkowania indukowanego światłem oraz wzmożenie kiełkowania w warunkach przemiennej temperatury $25^{\circ}/5^{\circ}$ działającej przez 12/12 godz. w ciągu doby. Dane te na ogół zgadzają się z wcześniejszymi wynikami, które wykazały, że preparaty KH pobudzają kiełkowanie w ciemności oraz współdziałają ze światłem w przerywaniu spoczynku nasion sałaty (8).

Jak wykazano, dawki KH $50 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ dodane do roztworu buforu o pH 5, 6 i 7, podwyższały wyraźnie skuteczność wpływu światła i temperatury na kiełkowanie. Można więc przyjąć że KH, światło i temperatura działają synergistycznie na stymulację kiełkowania, przy czym to synergistyczne działanie zależało w pewnym stopniu od pH inkubacji nasion. Gdyby KH działał niezależnie od światła, to otrzymany efekt stymulacji kiełkowania kontrolowanego układem

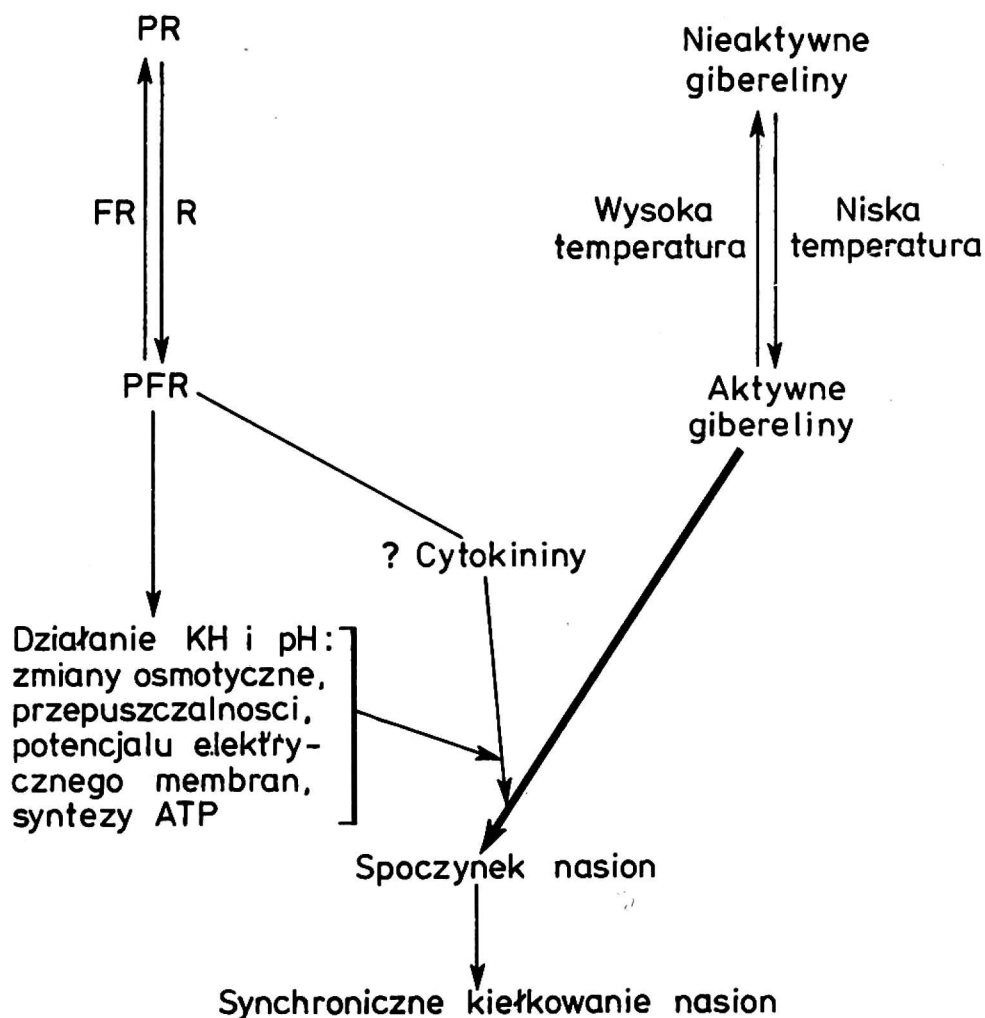
fitochromu a nie innym mechanizmem, pozostał by niezmienny. Fakt ten wskazuje na możliwość bezpośredniego wpływu KH na system fitochromu. Należy dodać, że możliwość wywołania efektów wzrostowych różnych organów roślin przez obniżenie pH środowiska, została wielokrotnie stwierdzona i opisana [4, 5, 7, 16, 20, 23, 25, 27, 28], jako tzw. kwaśny efekt (acid effect). Pobudzenie kiełkowania nasion selera nasycanych roztworem buforu fosforanowego o obniżonym pH z dodatkiem KH można by tłumaczyć włączeniem się KH w mechanizm tzw. kwaśnego efektu. Należy podkreślić, że optymalizację przebiegu procesu kiełkowania osiągnięto przede wszystkim dzięki zastosowaniu zmiennych warunków świetlnych i termicznych. Zastosowane dawki KH przy optymalnym odczynie środowiska inkubacyjnego (pH 6 i 7) wpłynęły również w sposób istotny na podwyższenie efektów kiełkowania indukowanego światłem i temperaturą. Poznanie więc wymagań świetlnych i termicznych nasion różnych odmian selera oraz ustalenie optymalnego pH środowiska dla procesu kiełkowania pozwoli, jak się zdaje, na otrzymanie maksymalnej liczby materiału sędzinkowego w stosunku do ilości wysianych nasion. Warto nadmienić, że ostatnio doniesiono o synchronizacji kiełkowania nasion selera za pomocą przedsięwziętego traktowania substancjami osmotycznie czynnymi i regulatorami wzrostu: glikolem polietylenowym, KNO_3 , K_3PO_4 , H_2O , giberelinami i cytokininami [1, 30].

Wyniki uzyskane pod wpływem preparatów KH różnego pochodzenia, wskazują na to, że działanie tych preparatów na proces kiełkowania nie jest identyczne. Wielu autorów zwraca uwagę [8, 17, 24, 36-39], że różnego pochodzenia związki humusowe oraz ich frakcje mają rozmaity skład i budowę chemiczną, dlatego ich aktywność fizjologiczna jest niejednakowa.

Mechanizm funkcji fizjologicznych KH i jego metabolicznego udziału w inicjacji procesu kiełkowania nie jest znany. Haworth [13] zaznacza, że głównym celem w charakteryzowaniu wpływu KH na metabolizm roślin, powinno być wykazanie zależności biologicznej aktywności od chemicznej struktury KH. Realizacja tego celu jest jednak trudna bez znajomości dokładnej budowy i struktury chemicznej cząsteczek KH.

Otrzymane wyniki popierają hipotezę dotyczącą hormonalnej regulacji kiełkowania fotoblastycznych nasion, według której endogenne gibereliny są pierwszymi stymulantami kiełkowania, zaś sys-

tem interakcji cytokinina/inhibitor, warunkuje przełamanie mechanizmu spoczynku nasion [3, 16, 18, 33]. W świetle tej hipotezy prawdopodobny udział KH w proponowanym schemacie mechanizmu regulacji kiełkowania fotoblastycznych nasion selera (rys. 3), polegałby nie tylko na dokonywaniu zmian w przepuszczalności membran komórkowych, pobudzaniu aktywności enzymów oraz różnych reakcji metabolicznych, ale także na interferowaniu z funkcjonującym systemem elektroosmotycznym, metabolizmem energetycznym ATP i układem fitochromu.



Rys. 3. Schemat przypuszczalnych reakcji zachodzących podczas kiełkowania fotoblastycznych nasion selera poddanych działaniu pH, KH, światła i temperatury; PR - nieaktywna forma fitochromu, PFR - aktywna forma fitochromu, R - czerwień, FR - daleka czerwień.

Stwierdzone znaczne różnice w kiełkowaniu nasion badanych dwu odmian selera sugerują, że reakcje na światło, temperaturę, pH buforu i zastosowane preparaty KH są determinowane genetycznie. Po-

gląd ten nie przeczy ostatecznie ustalonym faktom, że wrażliwość nasion na czynniki środowiskowe jest determinowana genetycznie [10, 11], jednak mechanizm tej kontroli genetycznej nie jest znany.

Na podstawie otrzymanych wyników ogólnie można powiedzieć, że na indukcję kiełkowania badanych nasion decydujący wpływ miało przede wszystkim światło, następnie temperatura. Dawki KH i presja wywierana przez pH buforu, wzmacniały efekty kiełkowania indukowanego światłem i temperaturą, przyczyniając się do optymalizacji i synchronizacji przebiegu kiełkowania. Należy podkreślić, że synchroniczne kiełkowanie nasion selera przejawiało się wzmożonym wybijaniem kiełków w ściśle określonym czasie, któremu towarzyszyło skrócenie okresu spoczynku. Inne wnioski dotyczące mechanizmu działania KH na proces kiełkowania można by wysunąć po przeanalizowaniu większej ilości nasion z cechami fotoblastyczności należących do różnych odmian i gatunków roślin.

WNIOSKI

1. Wrażliwość nasion dwu badanych odmian selera i ich reakcja na światło, temperaturę, dawki KH oraz pH środowiska, była uwarunkowana właściwościami genetycznymi. Nasiona selera liściowego cechowała wyższa żywotność od nasion selera korzeniowego.

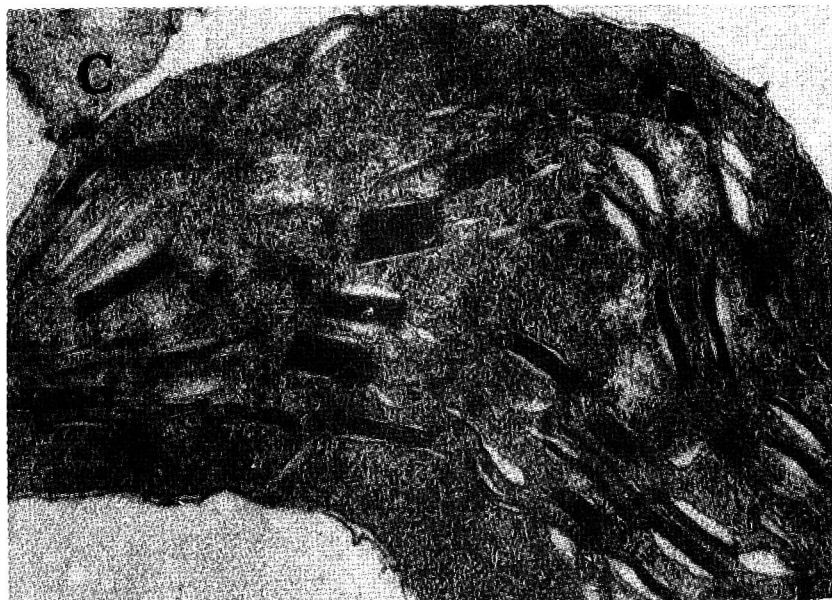
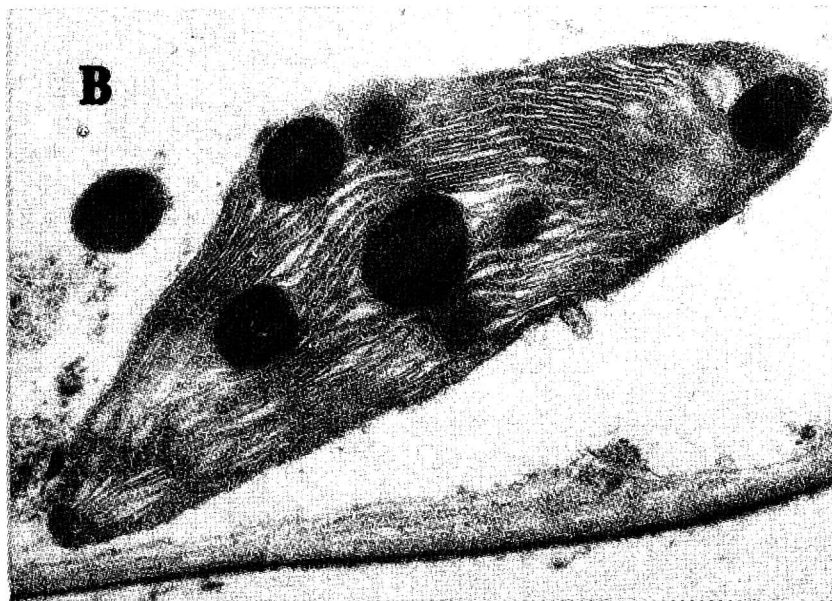
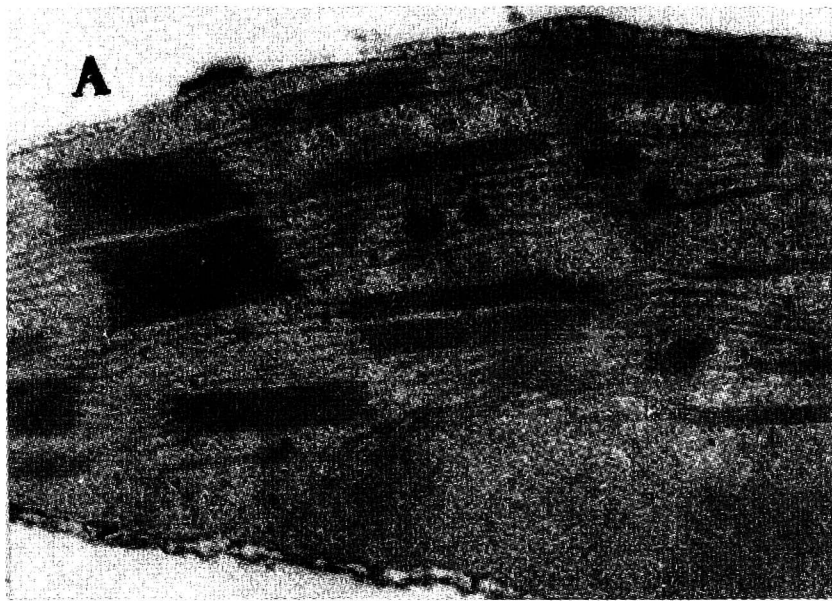
2. Decydujący wpływ na indukcję kiełkowania ma światło, następnie temperatura. Zastosowane dawki KH i presja wywierana przez pH środowiska inkubacyjnego wzmacniały efekty kiełkowania indukowanego światłem i temperaturą, przyczyniając się wyraźnie do optymalizacji i synchronizacji przebiegu procesu kiełkowania.

3. Stwierdzone w obecności KH, przy pH buforu fosforanowo-potasowego wcześniejsze rozpoczęcie kiełkowania o 2 dni i jego zakończenie o 9 dni, ma niewątpliwie znaczenie praktyczne i może posłużyć do przyspieszonego otrzymywania sadzonek selera.

4. Badane nasiona obu odmian selera (korzeniowego i liściowego) okazały się fotoblastyczne, a ich regulacja spoczynku zależna od światła, jest kontrolowana fitochromem.

LITERATURA

1. Biddington N. L., Thomas T. H., Whitlock A.: Hort Sci., 10, 620-621, 1975



Rys. 1. Elektronogramy struktury wewnętrznej chloroplastów liści pomidorów rosnących na pożywce mineralnej zawierającej kadm; A - chloroplasty roślin kontrolnych; B - chloroplasty roślin traktowanych kadmem; C - chloroplasty roślin traktowanych kadmem i dodatkowo nawożonych jonami manganu

2. Biddington N. L., Thomas T. K.: *Physiol. Plant.*, 37, 12-16, 1976
3. Biddington N. L., Thomas T. H.: *Physiol. Plant.*, 42, 401-405, 1978
4. Burdett A. N.: *Plant Physiol.*, 49, 531-534, 1972
5. Cleland R. R.: *Planta*, 127, 233-242, 1975
6. Dawson R. M. C., Elliot D. C., Elliot W. H., Jones K. M.: *Data for biochemical research*. Clarendon Press, Oxford, 475-508, 1969
7. Evans M. L.: *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 25, 195-223, 1974
8. Gawroński E.: *Ann. Univ. M. Curie-Skłodowska, sectio C.* 24, 373-436, 1969
9. Gawroński E., Gliński J.: *Polish J. Soil Sci.*, 2, 3-13, 1969
10. Haydecker W., Joshua A.: *Seed Sci. Technol.*, 4, 231-238, 1976
11. Haydecker W.: *The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination*, A. A. Khan (Ed), Elsevier, North-Holland Biomedical Press, 237-282, 1977
12. Hayward H. A.: *The structure of economic plants*, MacMillan Company, New York, 1938
13. Haworth R. D.: *J. Soil Sci.*, 111, 71-79, 1970
14. Ikuma H., Thimann K. V.: *Plant Physiol.*, 39, 756-767, 1964
15. Katsumi M.: *Physiol. Plant.*, 15, 115-121, 1962
16. Khan A. A. (A. A. Khan. Ed.); Elsevier, North-Holland Biomedical Press, 29-50, 1977
17. Konarzewski Z., Gumiński S.: *Biol. Plant.*, 17, 458-467, 1976
18. Lewak S., Khan A. A.: *Plant Physiol.*, 60, 575-577, 1977
19. Lityński M.: *Biologiczne podstawy nasiennictwa*, PWN, 103-105, Warszawa, 1977
20. Mitchell P.: *Adv. Enzymol.*, 29, 33-87, 1967
21. Palevitch D., Thomas T. H.: *J. Exp. Bot.*, 25, 981-986, 1974
22. Palevitch D., Thomas T. H.: *Physiol. Plant.*, 34, 134-137, 1975
23. Palevitch D., Thomas T. H.: *Physiol. Plant.*, 37, 247-252, 1976
24. Paszewski A., Trojanowski J., Łobarzewska A.: *Nature*, 190, 277, 1961
25. Poole R. J.: *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 29, 437-460, 1978
26. Presman E., Negbi M., Sachs M., Jacobsen J. V.: *Austral. J. Plant Physiol.*, 4, 821-831, 1977
27. Reynolds T.: *Ann Bot.*, 39, 791-796, 1975
28. Reynolds T.: *Ann. Bot.*, 39, 797-805, 1975
29. Robinson R. W.: *Bot. Rev.*, 20, 531-550, 1954
30. Salter P. J., Darby R. J.: *Ann Appl. Biol.*, 84, 415-424, 1976
31. Thomas T. H., Palevitch D., Austin R. B.: *Proc. 11th British Weed Control Conf.* 760-765, 1972
32. Thomas T. H., Palevitch D., Biddington N. L., Austin R. B.: *Physiol. Plant.*, 35, 101-106, 1975
33. Thomas T. H., Biddington N. L., Palevitch D.: *Acta Hort.* 83, 235-243, 1978
34. Thompson P. A.: *J. Exp. Bot.*, 25, 156-163, 1974
35. Thompson P. A.: *J. Exp. Bot.*, 25, 164-175, 1974
36. Tichy V., Phuong H. K.: *Scripta Fac. Sci. Nat. Ujep. Brunensis, Biologia* 3, 7, 109-118, 1977
37. Trojanowski J.: *Przemiany substancji organicznych w glebie*. 262-296, PWRiL., Warszawa 1973
38. Vaughan D., Linehan D. J.: *Pl. Soil*, 44, 445-449, 1976
39. Vaughan D., MacDonald I. R.: *Soil Biol. Biochem.*, 8, 415-421, 1976

E. Гавроньски

ВЛИЯНИЕ ГУМИНОВОЙ КИСЛОТЫ, pH СРЕДЫ И ТЕМПЕРАТУРЫ
НА СИНХРОНИЗАЦИЮ ПРОРАСТАНИЯ ФОТОБЛАСТИЧЕСКИХ
СЕМЯН СЕЛЬДЕРЕЯ

Р е з ю м е

Целью исследований было получение информации – усиливают ли препараты гуминовой кислоты (ГК) в зависимости от pH среды индуцированную светом и температурой стимуляцию и синхронизацию прорастания семян двух сортов сельдерея: корневого и листового. Семена прорастали в чашках Петри на фильтровальной бумаге Ватман 1 в присутствии фосфатно-калийного буфера 1/60 М, pH 4,5; 5; 6; 7; 8 и 9,2 с примесью или без примеси ГК, в термолюминостате, в тщательно контролируемых условиях света, температуры и влажности.

1. Отчетливые различия в синхронизации хода прорастания, индуцированного переменным действием в течение суток света и температуры, зависели от концентрации ГК и pH среды. Максимальные эффекты прорастания с одновременным сокращением среднего времени прорастания с 15 до 9 дней вызывали дозы ГК 50 мг/л^{-1} в пределах pH 7.

2. Препараты ГК разного происхождения и неодинаковой активности стимулировали прорастание семян некоторых сортов сельдерея. Наблюдалось также более раннее (на 2 дня) прорастание семян сельдерея корневого. Полученные результаты указывают на то, что чувствительность семян сельдерея к применению препарата ГК, pH среды, действие света и температуры является генетически обусловленным признаком.

3. В зависимости от pH среды взаимодействие ГК со светом и температурой в синхронизации прорастания, правдоподобно, происходит с участием фитохрома.

E. Gawroński

THE INFLUENCE OF HUMIC ACID (HA), pH MEDIUM AND TEMPERATURE ON
SYNCHRONIZATION OF GERMINATION OF PHOTOSENSITIVE CELERY SEED
GERMINATION

S u m m a r y

The aim of studies was to provide information whether, depending on pH medium, the preparations of humic acid (HA) increased

stimulation induced by light and temperature, and synchronization of germination of two varieties of celery seeds: turnip celery and soup celery. Seeds were germinated in Petri dishes on Whatman 1 blotting - paper, in the presence of potassium phosphate buffer (1/60 M, pH 4,5, 5; 5, 6, 7, 8 and 9,2 respectively) with or without doses of HA, in the thermoluminostate, in conditions controlled by light, temperature and humidity.

1. Synchronization of germination induced by alternating treatment of light and temperature in a daytime depended on the concentration of HA and pH medium. The maximum effects of germination, simultaneously with shortened average time of germination from 15 to 9 days, were induced by doses of 50 mg.l^{-1} of HA at pH 7.

2. HA preparations of different origin, stimulated seed germination of varieties of celery with diverse activity. Seed germination of turnip celery occurred two days before the germination of soup celery. These results suggest, that sensitivity of celery seeds to HA preparations, pH medium and to the treatment of light and temperature is genetically conditioned.

3. Depending on pH medium HA synergy with light and temperature on the synchronization of germination probably proceeds with participation of phytochrome.