

Z Katedry Fizjologii Roślin Wydziału Rolniczego WSR w Lublinie
Kierownik: doc. dr Zofia Uziak

Eugeniusz GAWROŃSKI

Wpływ kwasu huminowego (KH) na kiełkowanie światłoczułych nasion sałaty. Część III. Kiełkowanie w warunkach różnych temperatur

Влияние гуминовой кислоты (ГК) на прорастание светочувствительных семян салата. Часть III. Прорастание при разных температурах

The Influence of Humic Acid (HA) on Germination of Photosensitive Lettuce Seeds.
Part III. Germination at Various Temperatures

WSTĘP

W poprzednich badaniach stwierdzono, że kwas huminowy (KH) pobudza w warunkach całkowitej ciemności kiełkowanie fotowrażliwych nasion sałaty, niezależnie od indukcji światłem czerwonym (3). Stymulację kiełkowania pod wpływem KH obserwowano także w warunkach atmosfery azotu (4). Indukcja nasion światłem czerwonym (długość fali 664 nm) podwyższała efekt stymulacji kiełkowania wywołany działaniem KH. Synergiczne działanie KH ze światłem czerwonym w podwyższaniu energii kiełkowania nasuwa przypuszczenie, że KH interferuje z układem fitochromu w regulowaniu procesu kiełkowania badanych nasion sałaty.

Proces kiełkowania fotoblastycznych nasion sałaty odmiany Grand Rapids przebiega w 4 fazach, różniących się między sobą wrażliwością na światło czerwone, temperaturę i brak tlenu (6). Daleka czerwień (długość fali 725—730 nm) nie dokonuje rewersji efektu kiełkowania stymulowanego odniżoną temperaturą do 2—3°C. Podwyższona temperatura do 30—35°C w fazie poindukcyjnej hamuje kiełkowanie. Naświetlanie nasion czerwienią częściowo znosi hamowanie kiełkowania wywołane podwyższoną temperaturą. Przypuszcza się, że rola temperatury i indukcji czerwienią w procesie kiełkowania jest różna, zaś układ fito-

chromu niekoniecznie uczestniczy w regulowaniu indukowanego temperaturą procesu kiełkowania, odbywającego się w ciemności (1, 5, 6).

W piśmiennictwie nie spotyka się danych dotyczących wpływu KH i temperatury na kiełkowanie światłoczułych nasion sałaty. Dlatego więc celowe było zbadanie roli KH i światła czerwonego w stymulowaniu procesu kiełkowania fotowrażliwych nasion sałaty w zależności od działania różnych temperatur.

MATERIAŁ I METODA

Nasykanie, naświetlanie i kiełkowanie nasion sałaty (*Lactuca sativa* L., odmiana gruntowa AS 44, partia 145) przeprowadzono w sposób podany w poprzednich pracach (3, 4).

W badaniach stosowano naturalny preparat KH (2). Szczegóły metodyczne dotyczące czasu naświetlania, czasu działania temperaturą oraz stosowania różnych stężeń KH podano przy opisie odpowiednich doświadczeń. Każdą serię doświadczeń wykonano co najmniej w 4 powtórzeniach. Wyniki liczbowe badań opracowano statystycznie (8).

PRZEBIEG DOŚWIADCZEŃ I WYNIKI

Działanie różnych temperatur. Wstępne doświadczenie wykonano w celu uzyskania orientacyjnych danych dotyczących możliwości współdziałania KH ze światłem czerwonym w regulowaniu inicjacji kiełkowania nasion w różnych temperaturach. Nasiona przed naświetlaniem nasycano w odpowiednich roztworach 5 godz. przy temp. 2, 12, 25 i 35°C. Naświetlanie czerwienią (3 min.) odbywało się przy temp. 21°C. W tej temperaturze nasiona każdej serii przebywały 10 min., po czym wracały do poprzednich temperatur na dalsze 2 godz. nasycania. Następnie wszystkie serie nasion poddawano działaniu temperatury optymalnej, tj. 25°C w ciągu 24 godz. Po tym czasie liczono procent skielkowanych nasion.

Uzyskane wyniki wykazały, że roztwór KH stymulował kiełkowanie nasion w ciemności we wszystkich badanych temperaturach (tab. 1). Obniżone temperatury do 2 i 12°C nieznacznie przyspieszały kiełkowanie nasion w ciemności, zarówno naświetlanych, jak i nie naświetlanych. Przy temperaturze podwyższonej do 35°C nasiona nasycane roztworem KH i naświetlane czerwienią wykazywały wyższy procent kiełkowania niż nasycane wodą.

Działanie obniżonej temperatury. Przeprowadzono serie doświadczeń celem sprawdzenia, czy w warunkach ciemności KH wpływa na proces kiełkowania nasion sałaty nie naświetlanych oraz naświetlanych czerwienią lub daleką czerwienią w zależności od tempera-

tury obniżonej, stosowanej przejściowo z temperaturą optymalną przed lub po indukcji światłem (ryc. 1).

1. Przedindukcyjne działanie temperatury obniżonej. Nasiona przed naświetlaniem nasycano wodą lub roztworem KH przy 2°C w czasie

Tab. 1. Wpływ kwasu huminowego (KH) i różnych temperatur na kiełkowanie nasion sałaty indukowanych światłem czerwonym (R)
Influence of humic acid (HA) and temperature on the germination of lettuce seeds induced with red light (R)

Temperatura Temperature °C	Kiełkowanie — Germination %			
	W wodzie — In water		W KH — In HA (0,04 mg/cm ³)	
	Ciemność Darkness	R	Ciemność Darkness	R
2	74,2 ± 3,818	87,0 ± 1,415	81,5 ± 3,374	92,0 ± 1,958
12	71,2 ± 1,425	80,8 ± 0,658	91,0 ± 0,816	96,2 ± 0,647
25	63,0 ± 1,080	76,2 ± 3,147	69,0 ± 1,683	92,2 ± 2,291
35	31,0 ± 2,944	55,3 ± 1,472	52,0 ± 1,150	68,3 ± 1,008

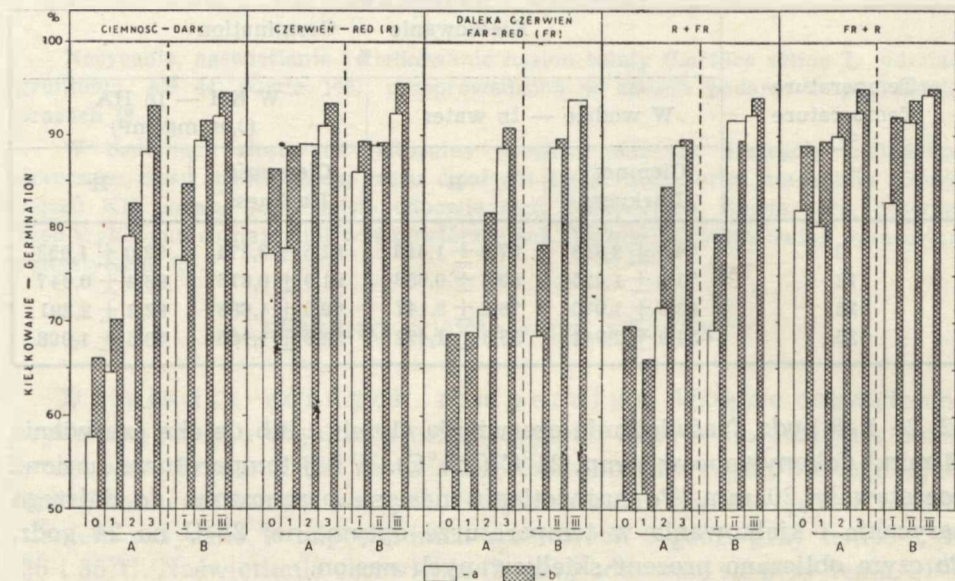
12, 24 i 48 godz. Naświetlanie czerwienią (1 min.) lub daleką czerwienią (3 min.) dokonywano w temp. 21°C (±1°C). W tej temperaturze nasiona pozostawały 20 min. Po naświetleniu nasiona przenoszono do dalszego nasycania i kiełkowania w temperaturze optymalnej 25°C na 24 godz. Po czym obliczano procent skiełkowanych nasion.

2. Poindukcyjne działanie temperatury obniżonej. Nasiona nasycano w roztworze KH lub wodzie przy 25°C w ciągu 2,5 godz., naświetlano jak w doświadczeniu poprzednim i potem nasycano przy 2°C przez 12, 24 i 48 godz. Następnie nasiona przenoszono z powrotem do temperatury 25°C i pozostawiano je do kiełkowania na 21,5 godz.

W trakcie doświadczeń stwierdzono, że nasiona nasycane roztworem KH w temperaturze 25°C wykazują stymulację kiełkowania w porównaniu z kontrolą wodną (ryc. 1 A, 0). Uwidacznia się również stymulowanie kiełkowania czerwienią i hamowanie daleką czerwienią. W miarę przedłużania czasu działania temperatury obniżonej do 2°C przed indukcją światłem procent kiełkowania nasion wzrasta (ryc. 1 A, 1, 2, 3). Działanie obniżonej temperatury przed naświetlaniem daleką czerwienią powodowało silniejsze hamowanie kiełkowania nasion w kontroli wodnej aniżeli nasycanych roztworem KH. W tym przypadku KH osłabiał hamujący wpływ dalekiej czerwieni na kiełkowanie. W początkowym okresie działania obniżonej temperatury nasiona zachowały wrażliwość

na KH, indukcję czerwienią i daleką czerwienią. Wyrazem tego są różnice w kiełkowaniu między poszczególnymi próbami nasion nasycanych wodą lub roztworem KH, zarówno naświetlanych, jak i nie naświetlanych oraz fotorewersja efektu stymulacji kiełkowania indukowanego czerwienią (ryc. 1, R+FR, FR+R).

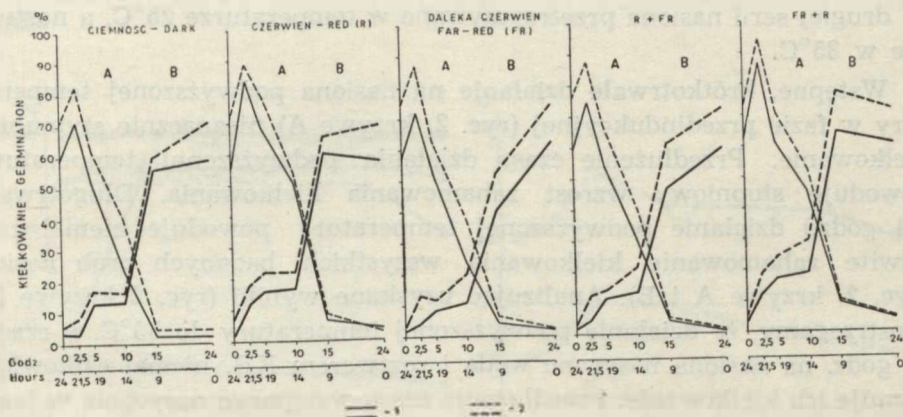
Działanie obniżonej temperatury w późniejszym okresie nasycania w fazie poindukcyjnej powodowało stopniowe zanikanie różnic w kieł-



Ryc. 1. Wpływ kwasu huminowego (KH), temperatury obniżonej i indukcji czerwienią (R) na kiełkowanie nasion sałaty; a — woda, b — KH, R — 1 min., FR — 3 min., O — nasiona kontrolne (przed indukcją czerwienią nasycane przy temperaturze optymalnej 25°C w ciągu 2,5 godz., naświetlane, następnie pozostawione do kiełkowania na 21,5 godz. w temp. 25°C); A — nasiona przed indukcją światłem nasycane przy temperaturze obniżonej do 2° w ciągu: 1 — 12 godz., 2 — 24 godz., 3 — 48 godz., następnie przeniesione do kiełkowania na 24 godz. w temp. 25°C; B — nasiona nasycane przed indukcją światłem w temp. 25° przez 2,5 godz., a następnie naświetlane i przenoszone do temperatury obniżonej do 2° na: I — 12 godz., II — 24 godz., III — 48 godz., po czym z powrotem przenoszone do kiełkowania na 21,5 godz. w temp. 25°C

The influence of humic acid (HA), low temperature and red light induction (R) on the lettuce seeds during germination; a — water, b — HA, R — 1 min., FR — 3 min., O — control seeds prior to red light induction, soaked at 25°C for 2.5 hrs, irradiated, and next left to germinate at 25°C for 21.5 hrs; A — seeds before light induction, soaked at 2°C for: 1 — 12 hrs, 2 — 24 hrs, 3 — 48 hrs, and next left to germinate at 25°C for 24 hrs; B — seeds soaked before light induction at 25°C for 2.5 hrs and next irradiated and left to germinate at 2°C for: I — 12 hrs, II — 24 hrs, III — 48 hrs, at 25°C for 21.5 hrs

kiowaniu między badanymi próbami nasion, niezależnie od roztworu nasycającego i indukcji światłem. Podobnie zachowywały się nasiona poddawane działaniu obniżonej temperatury po indukcji czerwienią, z tą różnicą, że przedindukcyjne działanie obniżonej temperatury nieznacznie osłabiało kiełkowanie.



Ryc. 2. Wpływ kwasu huminowego (KH) na kiełkowanie nasion sałaty po zadzia-
 łaniu temperaturą 35°C przed lub po indukcji światłem czerwonym; 1 — woda,
 2 — roztwór KH 0,04 mg/cm³, A — kiełkowanie nasion poddanych działaniu pod-
 wyższonej temperatury do 35° w czasie: 0, 2,5, 5, 10, 15 i 24 godz. przed naświe-
 tleniem i odpowiednio przez 24, 21,5, 19, 14, 9 i 0 godz. temperaturą 25°C po naś-
 wietlaniu; B — kiełkowanie nasion poddanych działaniu optymalnej temperatury
 25°C w ciągu: 0, 2,5, 5, 10, 15 i 24 godz. przed naświe-tleniem i odpowiednio przez
 24, 21,5, 19, 14, 9 i 0 godz. temperaturą podwyższoną do 35°C po naświe-tleniu
 The influence of humic acid (HA) on germination of lettuce seeds at 35°C before
 or after red light induction; 1 — water, 2 — HA solution 0,04 mg/cm³; A — the
 germination of seeds at 35°C for: 0, 2,5, 5, 10, 15, and 24 hrs before irradiation
 and 24, 21,5, 19, 14, 9 and 0 hrs after irradiation at 25°C; B — the germination
 of seeds at 25°C for 0, 2,5, 5, 10, 15 and 24 hrs before irradiation, and for 24, 21,5,
 19, 14, 9 and 0 hrs at 35°C after irradiation

Ogólnie można stwierdzić, że przedindukcyjne działanie obniżonej temperatury (ryc. 1 A, 1, 2, 3) mniej skutecznie przyspiesza kiełkowanie od działania poindukcyjnego (ryc. 1 B, I, II, III). Daleka czerwień nie odwraca wywołanej obniżoną temperaurą stymulacji kiełkowania. Końcowy efekt powolnego stymulowania kiełkowania długotrwałym działaniem obniżonej temperatury do 2°C, dorównuje szybkiej stymulacji pod wpływem naświe-tlenia czerwienią.

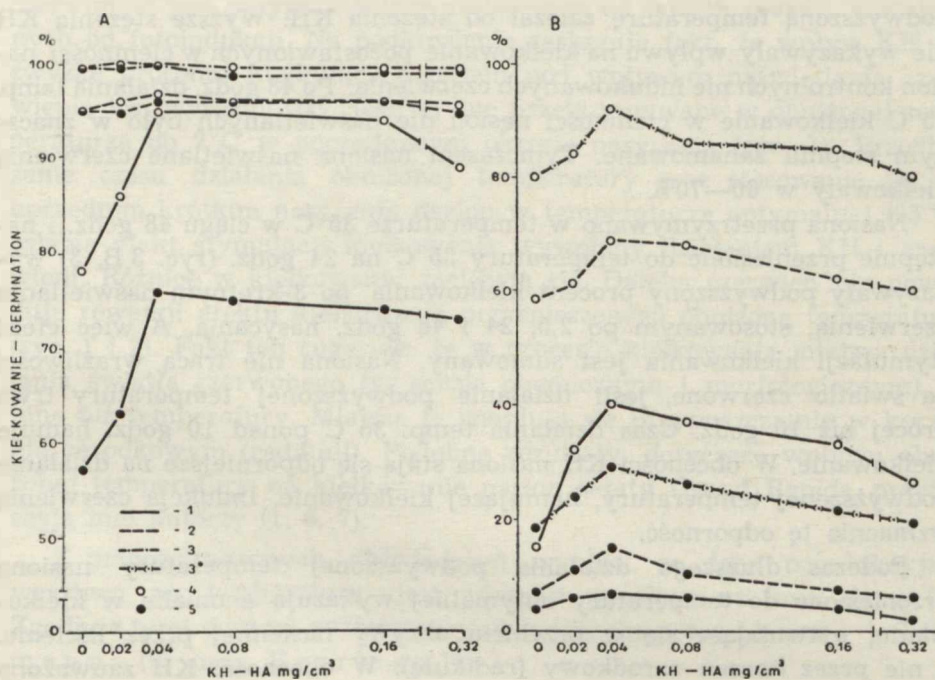
Działanie podwyższonej temperatury. Wykonano dwie serie doświadczeń w celu porównania wpływu KH na proces kiełkowania nasion w zależności od czasu działania stosowanej przejściowo

temperatury podwyższonej lub optymalnej oraz krótkotrwałej indukcji czerwienią i daleką czerwienią. W pierwszej serii, nasiona wstępnie poddawano działaniu temperatury 35°C i następnie 25°C. Sposób i warunki naświetlania były identyczne jak w poprzednim doświadczeniu. Procent wykiełkowanych nasion liczono po 24 godz. od rozpoczęcia nasycania. W drugiej serii nasiona przetrzymywano w temperaturze 25°C, a następnie w 35°C.

Wstępne, krótkotrwałe działanie na nasiona podwyższonej temperatury w fazie przedindukcyjnej (ryc. 2, krzywe A) nieznacznie stymuluje kiełkowanie. Przedłużenie czasu działania podwyższonej temperatury powoduje stopniowy wzrost zahamowania kiełkowania. Długotrwałe (24 godz.) działanie podwyższonej temperatury powoduje niemal całkowite zahamowanie kiełkowania wszystkich badanych prób nasion (ryc. 2, krzywe A i B). Analizując uzyskane wyniki (ryc. 2 krzywe B) spostrzegamy, że działanie podwyższonej temperatury do 35°C w czasie 24 godz. na nasiona nasycane wodą i roztworem KH, niemal całkowicie hamuje ich kiełkowanie. Przedłużanie czasu wstępnego nasycania w temperaturze optymalnej 25°C i skracanie czasu następczego nasycania w temperaturze 35°C stopniowo podwyższa procent kiełkowania nasion wszystkich badanych prób. W obecności KH, niezależnie od kolejności i czasu działania stosowanych temperatur, zaznacza się tendencja do przyspieszania kiełkowania. Efekty stymulacji wzmacnia indukcja nasion czerwienią. Efekt indukowanego czerwienią kiełkowania nasion nasycanych wodą odwraca daleką czerwień do poziomu kiełkowania nasion prób kontrolnych, przetrzymywanych w ciemności i nie naświetlanych. Natomiast u nasion nasycanych roztworem KH stopień rewersji jest zahamowany. W rezultacie uzyskano zwyżkę procentu kiełkowania, pomimo naświetlania nasion daleką czerwienią. Zwraca uwagę fakt, że kiełkowanie nasion w podwyższonej temperaturze do 35°C po indukcji daleką czerwienią (ryc. 2, FR, krzywe B) różni się od kiełkowania pozostałych prób nasion. W tym przypadku, jak wykazuje przebieg krzywych, nasycanie nasion przy temperaturze 35°C w czasie od 10 do 15 godz. wpływa wyraźnie opóźniająco na tempo ich kiełkowania.

Wpływ KH, indukcji czerwienią oraz temperatury na kiełkowanie. Punktem wyjścia do podjętych doświadczeń były wyniki uzyskane w poprzednich doświadczeniach, sugerujące, że KH działa ochronnie przed hamującym kiełkowanie wpływem podwyższonej temperatury. Wykonano 2 serie doświadczeń. W serii pierwszej (ryc. 3 A) 3 grupy nasion kiełkowały w temp. 25°C w ciągu 24, 48 i 72 godz. W serii drugiej nasiona przetrzymywano w podwyższonej temperaturze do 35°C lub na przemian w podwyższonej i optymalnej temperaturze (ryc. 3 B). W tej serii na pierwszą grupę nasion działała tem-

peratura 35°C przez 24 godz., a na drugą przez 48 godz. Trzecia grupa nasion poddawana była przez 48 godz. działaniu temperatury 35°C, a następnie — 25°C w ciągu 24 godz. Po 2,5, 24 i 48 godz. nasycania odpowiednimi roztworami nasiona indukowano 3 min. czerwienią. Procent skielkowanych nasion liczono po 24, 48 i 72 godz. od rozpoczęcia nasycania.



Ryc. 3. Kiełkowanie nasion sałaty w zależności od stężenia kwasu huminowego (KH), trzykrotnej indukcji czerwienią (R) oraz czasu działania temperatury; A — 25°C, B — 35°C, 1 — 24 godz., 2 — 48 godz., 3* — 48 godz., 35° + 24 godz.

25°C (R 3 min. po 2,5, 24 i 48 godz.), 4 — naświetlane, 5 — nie naświetlane

The germination of lettuce seeds in dependence on the humic acid (HA) concentration, threefold red light induction (R) and temperature; A — 25°C, B — 35°C, 1 — 24 hrs, 2 — 48 hrs, 3 — 72 hrs, 3* — 48 hrs 35° + 24 hrs 25°C (R 3 min. after 2.5, 4 and 48 hrs.), 4 — irradiated, 5 — nonirradiated

1. Kiełkowanie w temperaturze optymalnej 25°C. Po 24 godz. działania temperatury optymalnej (ryc. 3 A) kiełkowanie miało przebieg podobny do stwierdzonego we wszystkich poprzednich doświadczeniach (ryc. 1, 2). Już po 48 godz. następowało wyrównanie procentu kiełkowania, tak w próbach nasycanych wodą, jak i roztworami KH o różnych stężeniach. Zanikł przy tym wpływ KH i indukcji czerwienią. Wszystkie badane próby nasion kiełkowały niemal w 100%.

2. Kiełkowanie w temperaturze podwyższonej. Nasiona nasycane wodą w ciągu 24 godz. w temp. 35°C (ryc. 3 B) wykazywały niemal całkowite zahamowanie kiełkowania w ciemności, podobnie jak w poprzednich doświadczeniach (ryc. 1 i 2). Naświetlanie czerwienią wyraźnie stymulowało kiełkowanie nasion nasycanych wodą i roztworem KH. Dawka KH 0,04 mg/cm³ wywoływała maksymalne wzmożenie kiełkowania. Stopień rewersji czerwienią efektu hamowania kiełkowania przez podwyższoną temperaturę zależał od stężenia KH. Wyższe stężenia KH nie wykazywały wpływu na kiełkowanie pozostawionych w ciemności nasion kontrolnych nie indukowanych czerwienią. Po 48 godz. działania temp. 35°C kiełkowanie w ciemności nasion nie naświetlanych było w znacznym stopniu zahamowane. Tymczasem nasiona naświetlane czerwienią kiełkowały w 60—70%.

Nasiona przetrzymywano w temperaturze 35°C w ciągu 48 godz. i następnie przeniesione do temperatury 25°C na 24 godz. (ryc. 3 B, 3) wykazywały podwyższony procent kiełkowania po 3-krotnym naświetlaniu czerwienią, stosowanym po 2,5, 24 i 48 godz. nasycania. A więc efekt stymulacji kiełkowania jest sumowany. Nasiona nie tracą wrażliwości na światło czerwone, jeśli działanie podwyższonej temperatury trwa krócej niż 10 godz. Czas działania temp. 35°C ponad 10 godz. hamuje kiełkowanie. W obecności KH nasiona stają się odporniejsze na działanie podwyższonej temperatury, hamującej kiełkowanie. Indukcja czerwienią wzmacnia tę odporność.

Podczas dłuższego działania podwyższonej temperatury nasiona przeniesione do temperatury optymalnej wykazują anomalie w kiełkowaniu, ujawniające się w przebicciu okrywy nasiennej przez liścienie, a nie przez korzeń zarodkowy (radikulę). W obecności KH zauważono mniej form nietypowych, dlatego też z dużym prawdopodobieństwem można przyjąć, że działanie podwyższonej temperatury, hamujące kiełkowanie, jest częściowo znoszone przez KH. Warto również dodać, że nasiona, których kiełkowanie hamuje podwyższona temperatura, pozostawione na świetle dziennym w pokoju laboratoryjnym w temp. ok. 21°C po 3 dniach kiełkowały niemal w 100%, a zatem nie traciły żywotności. Obserwowano przy tym wcześniejsze zakończenie kiełkowania nasion nasycanych roztworem KH niż nasycanych wodą oraz indukowanych czerwienią niż pozostawionych przez cały czas w ciemności. Efekty te miały następnie wpływ na wzrost siewek.

DYSKUSJA

Analiza uzyskanych wyników w zestawieniu z rezultatami poprzednich badań (3, 4) pozwala wysunąć pewne sugestie dotyczące ewentual-

nego współdziałania KH ze światłem czerwonym w stymulowaniu kiełkowania fotowrażliwych nasion sałaty przez układ fitochromu.

Uzyskane wyniki (tab. 1, ryc. 1, 2 i 3) wskazują na możliwość współdziałania KH ze światłem czerwonym w reakcjach pobudzających kiełkowanie. Wyrazem tego współdziałania jest podwyższenie przez KH stymulacji kiełkowania indukowanego czerwienią. Jednakże stymulowanie przez KH kiełkowania w ciemności nasion nie indukowanych światłem czerwonym jest przypuszczalnie uzależnione od innych reakcji, niezależnych od fotoindukcji. Na podkreślenie zasługuje fakt, że wpływ KH na zwykłą procentu kiełkujących nasion pod wpływem naświetlania czerwienią jest wyraźniejszy, jeśli są one przetrzymywane w obniżonej temperaturze do 2°C w początkowym okresie nasycania (ryc. 1). Przedłużanie czasu działania obniżonej temperatury oraz stosowanie jej po uprzednim krótkim nasycaniu nasion w temperaturze optymalnej (25°C) osłabia efekt stymulacji kiełkowania wywołany działaniem KH i czerwieni. Różnice w kiełkowaniu zacierają się. Daleka czerwień nie powoduje rewersji efektu kiełkowania przyspieszonego obniżoną temperaturą (ryc. 1 i 2). Fakt ten sugeruje, że w procesie kiełkowania miejsca działania światła czerwonego (w sensie chemicznym i morfologicznym) są inne niż temperatury. Miejsca te znajdują się przypuszczalnie w korzeniu zarodkowym (radikuli). Podobne rezultaty, dotyczące wpływu obniżonej temperatury na kiełkowanie nasion sałaty Grand Rapids, przytaczają inni autorzy (1, 6, 7).

Z przeprowadzonych doświadczeń wynika, że faza poindukcyjna, wrażliwa na temperaturę, jest również wrażliwa na brak tlenu (4). Zgodne z tymi danymi pozostają wyniki uzyskane przez I k u m a i T h i m a n n a (6) oraz B e r r i e g o (1).

Mechanizm cieplnej inhibicji indukowanego czerwienią kiełkowania światłoczułych nasion sałaty nie jest dostatecznie wyjaśniony. Z danych zawartych w piśmiennictwie wiadomo, że działanie podwyższonej temperatury do 35°C w fazie poindukcyjnej hamuje kiełkowanie fotoblastycznych nasion sałaty Grand Rapids. Przypuszcza się, że wytworzona działaniem czerwieni (660 nm) aktywna forma fitochromu P_{FR} w warunkach podwyższonej temperatury i w ciemności ulega szybkiemu rozkładowi lub rewersji do formy nieaktywnej P_R . Zdaniem niektórych autorów, tego rodzaju zaburzenia w przemianie układu fitochromu powoduje swoisty inhibitor, którego tworzeniu się w ciemności sprzyja podwyższona temperatura (1, 6, 7).

Jak stwierdzono (ryc. 3), dodatkowa dwukrotna indukcja czerwienią znacznie podwyższa procent kiełkowania nasion nasycanych roztworem KH w porównaniu z nasycanymi wodą. Wyniki te prowadzą do wniosku, że KH współdziała ze światłem czerwonym w osłabianiu inhibicji kieł-

kowania, wywołanej działaniem podwyższonej temperatury w fazie poindukcyjnej. Można więc sądzić na podstawie tych właśnie wyników, że wywołana przez KH odporność na działanie podwyższonej temperatury przejawia się najwyraźniej w fazie poindukcyjnej z chwilą inicjacji procesów wzrostowych prowadzących do kiełkowania. Nabywanie tego rodzaju odporności pozostaje przypuszczalnie w bliskim związku z ochronnym działaniem KH na aktywną formę fitochromu P_{FR} . Przyjmując, że KH inaktywuje lub blokuje substancję, której tworzeniu w ciemności sprzyja podwyższona temperatura, należy uwzględnić możliwość przenikania KH do wnętrza komórek organów kiełkujących nasion i włączania się w reakcje związane z przemianą fitochromu. Prawdopodobnie w przedindukcyjnej fazie kiełkowania KH wpływa na zmianę przepuszczalności. W ten sposób nasycanie tkanek nasion wodą jest łatwiejsze, szybsze i skuteczniejsze. Natomiast w fazie poindukcyjnej KH działa bezpośrednio na wzrost korzenia zarodkowego (radikuli). Wcześniejsze przebicie okrywy nasiennej przez korzeń zarodkowy jest właśnie wyrazem tego działania. Nie jest również wykluczone, że dzięki wpływowi KH na przepuszczalność tkanek działanie stymulujące światła czerwonego staje się bardziej efektywne.

Ogólnie można stwierdzić, że kiełkowanie w warunkach różnych temperatur pod wpływem różnych dawek preparatu KH było lepsze niż w obecności wody. Wpływ KH na przebieg kiełkowania, jak wykazały przeprowadzone doświadczenia, był zależny od stężenia KH, temperatury, indukcji czerwienią lub daleką czerwienią i fazy kiełkowania. Wydaje się zatem, że działanie KH i temperatury na proces kiełkowania jest złożone i wielokierunkowe.

WNIOSKI

1. Stwierdzono, że stężenie KH $0,04 \text{ mg/cm}^3$ stymuluje kiełkowanie nasion w ciemności we wszystkich badanych temperaturach (2, 12, 25 i 35°C) niezależnie od fotoindukcji.
2. KH w różnym stopniu przyspiesza kiełkowanie, zależnie od kolejności i czasu działania temperatury obniżonej, optymalnej i podwyższonej w okresie nasycania nasion. Naświetlanie nasion czerwienią zwiększa efekty wpływu KH na kiełkowanie.
3. Stosowane przejściowo, poindukcyjne działanie obniżoną temperaturą mniej skutecznie przyspiesza kiełkowanie niż działanie przedindukcyjne. Daleka czerwień nie odwraca efektu stymulacji kiełkowania indukowanego obniżoną temperaturą.
4. Stwierdzono, że KH osłabia hamowane daleką czerwienią kiełko-

wanie, jeśli działanie obniżonej temperatury następowało przed indukcją daleką czerwienią.

5. W podwyższonej temperaturze do 35°C stymulujący wpływ KH i czerwieni na kiełkowanie jest wyraźniejszy niż w temperaturze 2, 12 i 25°C.

6. Nasiona nasycane roztworem KH w porównaniu z nasycanymi wodą wykazują zwiększenie odporności na działanie podwyższonej temperatury.

7. W obecności KH indukcja nasion czerwienią wzmacnia ich odporność na hamujący kiełkowanie wpływ podwyższonej temperatury. Stopień rewersji czerwienią efektu hamowania kiełkowania indukowanego podwyższoną temperaturą zależał od stężenia KH.

8. Sądząc z efektów kiełkowania, miejsca działania KH, światła czerwonego i temperatury w procesie kiełkowania są różne. Miejsca te (w sensie chemicznym i morfologicznym) znajdują się w korzeniu zarodkowym (radikuli). Prawdopodobnie KH uczestniczy w kontrolowanych układem fitochromu reakcjach inicjacji procesów wzrostowych, indukowanych światłem czerwonym.

PIŚMIENNICTWO

1. Berrie A. M. N.: The Effect of Temperature and Light on Germination of Lettuce Seeds. *Physiol. Plant.*, **19**, 429—436 (1966).
2. Gawroński E.: Aktywność biologiczna preparatów kwasów huminowych z ekskrementów dżdżownic *Allolobophora caliginosa* Sav., *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio C*, **18**, 189—215 (1963), Lublin 1964.
3. Gawroński E.: Wpływ kwasu huminowego (KH) na kiełkowanie światłoczułych nasion sałaty. Część I. Przebieg kiełkowania w zależności od stężenia KH, czasu nasycania i naświetlania, pH środowiska oraz działania kinetyny i kwasu gibberelowego (GA_3). *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio C*, **26**, 373—394 (1969), Lublin 1969.
4. Gawroński E.: Wpływ kwasu huminowego (KH) na kiełkowanie światłoczułych nasion sałaty. Część II. Kiełkowanie w warunkach anaerobiozy. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio C*, **27**, 395—405 (1969), Lublin 1969.
5. Ikuma H.: The Effects of Temperature on the Germination and Radicle Growth of Photosensitive Lettuce Seed. *Plant and Cell Physiol.*, **5**, 429—439 (1964).
6. Ikuma H., Thimann K. V.: Analysis of Germination Processes of Lettuce Seed by Means of Temperature and Anaerobiosis. *Plant Physiol.*, **39**, 756—767 (1964).
7. Scheibe J., Lang A.: Lettuce Seed Germination: Evidence for a Reversible Light-Induced Increase in Growth Potential and for Phytochrome Mediation of the Low Temperature Effect. *Plant Physiol.*, **40**, 485—492 (1965).
8. Snedecor G. W.: *Statistical Methods Applied to Experiments in Agriculture and Biology*. 5th ed. Iowa State College Press, Ames 1956, 37.

РЕЗЮМЕ

Изучалось влияние природного препарата гуминовой кислоты (ГК), индукции красным светом (КС) 664 нм , $3,4 \cdot 10^3 \text{ эрг/см}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1}$ и дальним красным светом (ДКС) 725 нм , $2,5 \cdot 10^3 \text{ эрг/см}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1}$ на прорастание светочувствительных семян салата (сорт грунтовый AS 44, партия 145) в условиях разных температур (2, 12, 25 и 35°), применяемых постоянно или временно.

1. Установлено, что ГК концентрации $0,04 \text{ мг/см}^3$ стимулирует прорастание семян в темноте независимо от фотоиндукции при всех изучаемых температурах.

2. Обнаружена неодинаковая стимуляция прорастания гуминовой кислотой, зависящая от очередности и времени действия пониженной, оптимальной и повышенной в период насыщения семян температур. Эффект стимулированного ГК прорастания усиливала индукция семян КС.

3. Послеиндукционное воздействие пониженной температурой, применяемое временно, менее успешно ускоряло прорастание, чем прединдукционное воздействие.

4. Установлено, что ГК ослабляет торможение ДКС прорастания в том случае, если действие пониженной температурой наступало перед индукцией ДКС.

6. Насыщенные раствором ГК семена по сравнению с семенами, насыщенными водой, обнаруживают увеличение стойкости к воздействию повышенной температуры.

5. Стимулированное действием ГК и КС прорастание было более отчетливым при повышенной температуре 35° , чем при пониженной и оптимальной температурах.

7. Индукция семян КС в присутствии ГК увеличивает стойкость к тормозящему действию повышенной температуры на прорастание. Степень реверсии КС эффекта торможения прорастания, индуцированного повышенной температурой, зависела от концентрации ГК.

8. Из эффекта прорастания видно, что точки действия ГК, красного света и температуры в процессе прорастания являются различными. Эти точки находятся в зародышевом корешке. Возможно, что ГК участвует в контролируемых фитохромовой системой начальных реакциях ростовых процессов, индуцированных красным светом.

SUMMARY

The influence of natural humic acid (HA), red light induction (664 nm , $3.4 \cdot 10^3 \text{ erg/cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) and far-red (725 nm , $2.5 \cdot 10^3 \text{ erg/cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) on germination of photosensitive lettuce seeds, ground variety AS 44,

lot 145, at various temperatures was investigated.

1. The concentration of HA 0.04 mg/cm^3 stimulated dark-germination of seeds at these temperatures apart from the photoinduction process.

2. HA has not a uniform influence on germination. This influence depends on the sequence and time of the action of lower, optimal and higher temperatures at the stage of seeds soaking. The stimulatory effect of HA on germination enhanced red light induction.

3. A transient postinductive action of lower temperature accelerated germination less than a preinductive treatment. Far-red irradiation does not reverse the stimulation of germination induced by lower temperature.

4. It was stated that HA suppressed the effect of germination inhibited by far-red if the lower temperature acted before red light induction.

5. At a higher temperature, 35°C , the stimulatory effect of HA and red light was more pronounced than at the optimal or lower temperatures.

6. The HA-soaked seeds exhibited an increased resistance to higher temperature in comparison with the water-soaked seeds.

7. In the presence of HA, red light induction enhanced the resistance to the inhibitory effect of higher temperature on germination. The degree of reversion the inhibitory effect of germination induced by higher temperature depended on the HA concentration.

8. The effects of germination showed that HA, red light and temperature differed by the site of their action in the germination process. These sites are in the radicle. HA probably cooperates in the reactions of growth-initiation processes induced by red light, controlled by phytochrome system.

