

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 II. Kiełkowanie w warunkach anaerobiozy

Влияние гуминовой кислоты (ГК) на прорастание светочувствительных семян салата. Часть II. Прорастание в условиях анаэробноза

The Influence of Humic Acid (HA) on Germination of Photosensitive Lettuce Seeds.
Part II. Germination in Anaerobiosis

WSTĘP

Badając działanie humianów, Gumińska (10) stwierdziła, że przyspieszają one kiełkowanie, co szczególnie łatwo można było zaobserwować w warunkach utrudnionego dostępu tlenu. Sądzono więc, że humiany zastępowały tlen. Jednak badania prowadzone w warunkach jałowych nie potwierdziły tych przypuszczeń. Wówczas wysunięto hipotezę, według której humiany stymulują kiełkowanie pośrednio, poprzez działanie na mikroflorę autochtoniczną nasion (11).

W poprzedniej pracy stwierdzono, że KH działa synergicznie ze światłem czerwonym, stymulując kiełkowanie fotowrażliwych nasion sałaty, nie wyjaśniono jednak mechanizmu tego współdziałania (8). Należało więc przede wszystkim zbadać działanie KH i światła czerwonego na przebieg procesu kiełkowania w różnych jego fazach i warunkach doświadczenia. Głównym celem niniejszej pracy było przebadanie wpływu naturalnego preparatu KH na kiełkowanie światłoczułych nasion sałaty w warunkach niedoboru tlenu przy zastosowaniu fizjologicznej analizy procesu kiełkowania (13).

MATERIAŁ I METODY

Światłoczułe nasiona sałaty (*Lactuca sativa* L., odmiana gruntowa AS 44, partia 145, ze zbioru 1964 r.) kiełkowały w ściśle kontrolowanych warunkach (8).

Nasiona w ilości po 100 szt. wysiewano do płytek Petriego średnicy 10 cm, wyścielonych dwiema warstwami bibuły Whatman 1. Przed wysiewem nasion bibułę zwilżano odpowiednimi roztworami w ilości 4,5 cm³. Nasycanie i kiełkowanie nasion odbywało się w termostacie, w temp. 25°C, w całkowitej ciemności. Po upływie odpowiedniego czasu nasycania serie nasion przeznaczone do naświetlenia indukowano czerwienią w ciągu 3 min. Światło czerwone (664 nm, $3,4 \cdot 10^8$ erg/cm² · s⁻¹) pochodziło z monochromatora (8). Nasiona po indukcji czerwienią przenoszono z powrotem do termostatu do dalszego nasycania i kiełkowania. Po 24 lub 30 godz. od rozpoczęcia nasycania, zależnie od doświadczenia, liczone procent skiełkowanych nasion. Jako kryterium kiełkowania nasion przyjęto pęknięcie okrywy nasiennej (13, 14).

Do wyjaławiania nasion stosowano antybiotyki: penicylinę (1500 j/cm³) i streptomycynę po 0,5 mg/cm³, aureomycynę i oksytetracynę 1,5 mg/cm³ (3). Antybiotyki dodawano do roztworów nasycających nasiona.

Kiełkowanie nasion w atmosferze azotu wykonano według Ikuma i Thimanna (13), z tą różnicą, że zamiast rurek Thunberga stosowano płaskodenne naczynka Warburga z manometrami. Do bocznego tubusa naczynka wlewano 1 cm³ wody lub roztworu KH. Do każdego naczynka wysiewano 50 szt. nasion. Po wyparciu powietrza i wypełnieniu naczynka azotem zamykano krany, przechylano naczynko, wylewano roztwór z tubusa do naczynka z nasionami. Od tego momentu liczone czas nasycania nasion w atmosferze azotu. Próby kontrolne nasion pozostawiały w atmosferze powietrza w naczynkach zatkniętych korkami z waty. Po 2 godz. nasycania, naświetlano 3 min. czerwienią po jednej serii nasion z atmosfery powietrza i azotu. Naświetlone nasiona umieszczano na to samo miejsce w termostacie. Serie kontrolne stanowią nasiona nie naświetlane, poddane działaniu atmosfery azotu lub powietrza oraz przetrzymywane w ciągłej ciemności. Nasiona poddawano działaniu azotu w ciągu 2,5, 5, 7,5, 10 i 12,5 godz. Następnie azot usuwano przez przedmuchanie naczynek w ciągu 10 min. powietrzem atmosferycznym. Naczynka z nasionami zatykano korkami z waty, umieszczano z powrotem w termostacie, w atmosferze powietrza i pozostawiano do kiełkowania. Ten sposób postępowania chronił nasioną przed mechanicznym uszkodzeniem.

W doświadczeniach naturalny preparat KH stosowano w dawkach 0,04 mg/cm³. Otrzymanie, oczyszczenie i stosowanie KH opisano w poprzedniej pracy (7). Roztwory nasycające nasiona przygotowane na wodzie redestylowanej.

Każdą serię doświadczeń powtarzano co najmniej 4-krotnie. Inne zabiegi i szczegóły modyfikacji podano przy opisie odpowiednich doświadczeń. Wyniki liczbowe opracowano statystycznie (20).

PRZEBIEG DOŚWIADCZEŃ I WYNIKI

Warunki sterylne. W wyniku doświadczeń stwierdzono, że antybiotyki osłabiały znacznie kiełkowanie nasion. Jednak krótkotrwałe naświetlanie czerwienią tych nasion podwyższało procent kiełkowania (tab. 1).

Ciągła anaerobioza. Wyniki dotyczące wpływu KH i indukcji czerwienią na kiełkowanie nasion w atmosferze powietrza, reprezentują próby kontrolne, które porównywano z wynikami dotyczącymi nasion pozostawionych w atmosferze azotu (ryc. 1).

W atmosferze powietrza w ciemności roztwór KH w porównaniu z kontrolą wodną stymuluje kiełkowanie nasion. Indukcja czerwienią podwyższa w większym stopniu procent kiełkowania nasion nasyconych roztworem KH aniżeli wodą. W atmosferze azotu kiełkowanie w ciem-

Tab. 1. Wpływ kwasu huminowego (KH), antybiotyków i indukcji czerwienią (R) na kiełkowanie w ciemności nasion sałaty *
The influence of humic acid (HA), antibiotics and red light induction (R) on the germination of lettuce seeds in darkness *

Działanie — Treatment		Kiełkowanie — Germination %	
		Bez antybiotyków Without antibiotics	W obecności antybiotyków In the presence of antibiotics
Woda — Water	Ciemność Darkness	54,7 ± 0,479	43,0 ± 1,224
	R	76,5 ± 0,645	59,5 ± 0,646
KH — HA	Ciemność Darkness	61,2 ± 1,055	54,5 ± 0,763
	R	85,8 ± 0,750	69,5 ± 0,777

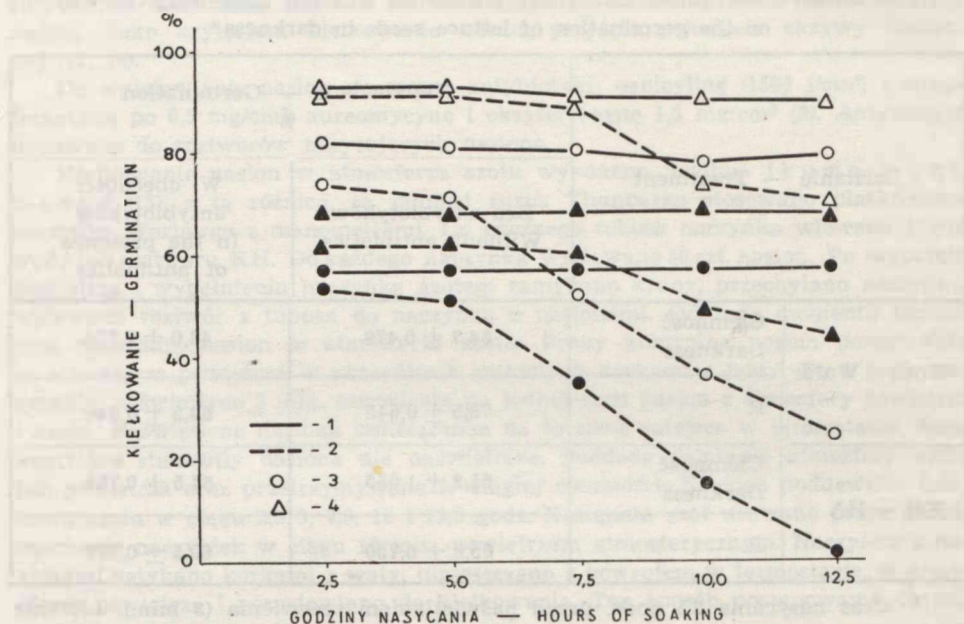
* Czas nasycania 2,5 godz. przed naświetlaniem czerwienią (3 min.). Liczenie po 24 godz. od rozpoczęcia nasycania.

* Time of soaking — 24 hrs before red light treatment (3 min.). Counting — 24 hrs following soaking.

ności w początkowym okresie nasycania (do 5 godz.) praktycznie nie wykazuje odchyżeń od kontroli. W miarę przedłużania czasu działania atmosfery azotu nasiona nasycone wodą w ciemności wykazują wcześniejsze i silniejsze hamowanie kiełkowania w porównaniu z nasyconymi roztworem KH, w którego obecności hamowanie kiełkowania jest opóźnione i słabsze.

Nasiona nasycone wodą i przetrzymywane w atmosferze azotu w ciągu 12,5 godz. wykazują niemal całkowite zahamowanie kiełkowania. Natomiast w tych samych warunkach nasiona nasycone roztworem KH kiełkują w znacznym procencie. Światło czerwone podwyższa procent kiełkowania i współdziała z KH w znoszeniu wpływu inhibitora, jakim jest atmosfera azotu. Należy zwrócić uwagę na fakt, że działanie KH znoszące częściowo ujemny wpływ atmosfery azotu na kiełkowanie nasion

przejawia się szczególnie wyraźnie w fazie kiełkowania, wymagającej dostępu tlenu. Zapoczątkowanie tej fazy następuje w okresie ok. 5 godz. od rozpoczęcia nasywania nasion wodą. Działanie KH opóźnia zapoczątkowanie wywołanego niedoborem tlenu blokowania lub hamowania tlenowej fazy kiełkowania. Światło czerwone współdziała z KH w osłabieniu hamującego wpływu anaerobiozy na tlenową fazę kiełkowania.



Ryc. 1. Wpływ KH i naświetlania czerwienią na kiełkowanie nasion sałaty w warunkach ciągłego niedoboru tlenu; 1 — powietrze, 2 — azot, 3 — woda, 4 — kwas huminowy (KH). Zaczernione — ciemność, jasne — światło czerwone
The influence of HA and red light on the germination of lettuce seeds under conditions of nitrogen anaerobiosis; 1 — air, 2 — nitrogen, 3 — water, 4 — humic acid (HA). Blackening — darkness, clear — red light

Te spostrzeżenia wymagały jednak dodatkowego dowodu, potwierdzającego przypuszczenie, że KH istotnie może stymulować reakcje tlenowe w fazie poindukcyjnej w przypadku ich blokowania lub hamowania atmosferą azotu.

Anaerobioza przejściowa. W osobnym doświadczeniu nasiona poddawano przejściowemu działaniu azotu. Nasiona najpierw nasycono 2,5 godz. wodą lub roztworem KH w całkowitej ciemności w atmosferze powietrza. Następnie jedną serię nasion naświetlano 3 min. czerwienią. Druga seria pozostawała w tym czasie w ciemności. Z kolei obie serie nasion przetrzymywano w atmosferze azotu przez dalszych

5 godz. nasycania, po czym ponownie w atmosferze powietrza, w której pozostawały aż do końca doświadczenia. Nasiona serii kontrolnej przebywały w atmosferze powietrza w ciągu całego czasu nasycania. Pozostałe warunki były identyczne jak w poprzednim doświadczeniu. Procent skielkowanych nasion liczono po 30 godz. od rozpoczęcia nasycania.

Tab. 2. Wpływ atmosfery azotu stosowanej przejściowo na kiełkowanie nasion sałaty nasycanych roztworem kwasu huminowego (KH) i naświetlanych czerwienią (R) *
The influence of periodical anaerobiosis on the germination of lettuce seeds soaked with humic acid solution and treated with red light (R) *

Atmosfera Atmosphere	Roztwór Solution	Kiełkowanie — Germination %			
		Ciemność Darkness	Różnica Difference %	R	Różnica Difference %
Powietrze Air	Woda Water	55,1 ± 0,478	—	80,8 ± 0,749	—
	KH — HA	63,1 ± 0,704	+14,5	91,5 ± 0,846	+13,2
Azot Nitrogen	Woda Water	20,3 ± 1,553	-63,2	40,5 ± 0,806	-49,9
	KH — HA	38,0 ± 2,423	-31,0	64,3 ± 1,520	-20,4

* Atmosfera powietrza 2,5 godz. + atmosfera azotu 5 godz. + atmosfera powietrza 22,5 godz. R — 3 min. po 2,5 godz. nasycania w atmosferze powietrza. Procent skielkowanych nasion liczono po 30 godz. od rozpoczęcia nasycania.

* Air 2.5 hrs + nitrogen 5 hrs + air 22.5 hrs. R — 3 min. after 2.5 hrs soaking in the air. The percentage of germinated seeds was counted after 30 hrs following the beginning of soaking.

Atmosfera azotu stosowana przejściowo w ciągu 5 godz. po uprzednim, trwającym 2,5 godz., nasycaniu nasion wodą, silnie hamuje ich kiełkowanie. W tych samych warunkach w obecności KH nasiona kiełkują znacznie lepiej. Również krótkotrwałe naświetlanie czerwienią osłabia hamujący wpływ anaerobiozy na kiełkowanie (tab. 2). Należy podkreślić, że u nasion nasycanych roztworem KH w odróżnieniu od nasycanych wodą, indukcja nasion czerwienią skuteczniej znosiła efekt inhibicji kiełkowania wywołany działaniem atmosfery azotu. Warto dodać, że nasiona przeniesione z atmosfery azotu i pozostawione na powietrzu w pokoju laboratoryjnym przy rozproszonym świetle dziennym

w temp. ok. 20°C po 48 godz. kiełkowały w 100%. Obserwowano przy tym wcześniejsze zakończenie kiełkowania nasion nasyconych KH i poddawanych działaniu czerwieni.

DYSKUSJA

Otrzymane wyniki (tab. 1) tylko częściowo potwierdzają wcześniejsze badania Gumińskiej i Sulej (11), które wykazały stymulację kiełkowania nasion w obecności humianu i zanik stymulacji po dodaniu antybiotyków. Prawdopodobnie kiełkowanie nasion różnych gatunków roślin, traktowanych różnymi antybiotykami, przebiega niejednakowo. Wiadomo, że penicylina nie hamuje kiełkowania (18). Natomiast stosowane w niniejszych badaniach antybiotyki: aureomycyna, oksytetracylina, a szczególnie streptomycyna, które utrudniają biosyntezę białka i wzrost roślin (1, 6, 14), hamowały kiełkowanie.

Fakt, że dodanie KH do roztworu antybiotyków wzmagало kiełkowanie, a także indukcja czerwienią wzmacniała jego efekt, podważa sugestię dopuszczającą możliwość pośredniego wpływu KH na kiełkowanie, przez wpływ na mikroorganizmy (11). Dawniejszy pogląd, utrzymujący że humiany działały na kiełkowanie przez wpływ na metabolizm, głównie oddychanie (10), znajdował głębsze uzasadnienie w budowie chemicznej związków humusowych, w których skład wchodzi połączenia o charakterze polifenoli i chinonów (17). Stwierdzono wielokrotnie, że związki te są substratami enzymów-oksydaz końcowego utleniania — działających w łańcuchu oddychania (4, 17, 19). Otrzymane wyniki, jak się zdaje, potwierdzają te przypuszczenia.

Porównując wyniki jednego doświadczenia (ryc. 1) z wynikami doświadczenia drugiego (tab. 2) spostrzegamy, że nasiona przetrzymywane w atmosferze azotu od początku nasycania do czasu indukcji czerwienią nie traciły wrażliwości na światło czerwone. Wyrazem zachowania wrażliwości na działanie czerwieni był zwiększony procent kiełkowania nasion pozostających w fazie przedindukcyjnej i indukcyjnej w warunkach atmosfery azotu. Natomiast nasiona pozostawione w atmosferze azotu w fazie poindukcyjnej wykazywały zahamowanie kiełkowania. Fakt, że nasiona nasycone wodą w atmosferze azotu w fazie indukcyjnej nie wykazywały zahamowania kiełkowania, w zasadzie jest zgodny z danymi I k u m a i T h i m a n n a (13), którzy stwierdzili, że sama fotoreakcja nie jest procesem tlenowym. Faza poindukcyjna natomiast wymaga dostępu tlenu, inaczej bowiem nasiona pozbawione dostępu tlenu wykazują zahamowanie kiełkowania.

A więc w tej sytuacji głębszego znaczenia dla omawianego zagadnienia nabiera fakt, że w obecności KH nasiona w fazie przedindukcyjnej,

indukcyjnej i poindukcyjnej wykazywały różniący się od prób kontrolnych poziom kiełkowania. Szczególnym wyrazem działania KH było osłabienie i opóźnienie inhibicyjnego wpływu anaerobiozy na kiełkowanie w fazie poindukcyjnej. Wydaje się, że miejsce działania (w sensie chemicznym i morfologicznym) czerwieni i anaerobiozy w procesie kiełkowania jest różne od działania KH. A zatem KH, indukcja czerwieni i niedobór tlenu determinują różne reakcje wzrostowe prowadzące do kiełkowania. Ponadto wydaje się prawdopodobne, że w fazie przedindukcyjnej KH działa na przepuszczalność tkanek nasion. Dzięki temu nie tylko przyspieszone zostaje nasycanie nasion wodą, ale także następuje wcześniejsze uplastycznienie struktur komórkowych i lepsze przygotowanie do percepcji bodźca świetlnego.

Efekty stymulacji kiełkowania wywołane działaniem KH i czerwieni oraz inhibicji tego procesu spowodowanej działaniem anaerobiozy zaznaczyły się wyraźniej, jeśli działanie tych trzech czynników było zsynchronizowane z wewnętrznym rytmem procesu kiełkowania, którego przebieg ma charakter fazowy. W procesie kiełkowania nasion badanej odmiany sałaty zaznaczają się cztery różne pod względem fizjologicznym fazy. Przedindukcyjna, indukcyjna, poindukcyjna i faza widocznego kiełkowania. Ich fizjologiczna charakterystyka i przebieg w ogólnym zarysie zgadzają się z fazami kiełkowania nasion odmiany Grand Rapids (13). Natomiast występujące odchylenia należy przypisać genetycznym właściwościom. Wiadomo bowiem, że nasiona różnych gatunków, odmian, a wśród odmian nawet poszczególne partie, mogą niejednakowo reagować na działanie tego samego czynnika natury chemicznej czy fizycznej (2, 8, 9, 15, 16).

Osobnego omówienia wymaga, znajdujący wyraz w stymulowaniu kiełkowania, synergizm KH ze światłem czerwonym, który, jak się zdaje, umożliwi regulowanie procesu kiełkowania światłoczułych nasion sałaty przez współdziałanie KH i czerwieni z układem fitochromu. Wiadomo, że w ciemności następuje szybki rozkład fizjologicznie aktywnej formy fitochromu P_{FR} . Połączenia kompleksowe typu EDTA-Cu współdziałały ze światłem w regulowaniu reakcji fotomorfogenetycznych, kontrolowanych układem fitochromu (5). W związku z tymi faktami wydaje się, że KH, jako związek tworzący kompleksy z metalami, chroni aktywną fizjologicznie formę fitochromu P_{FR} przed jej destrukcją, szybko zachodzącą w ciemności, oraz zastępuje niedobór tlenu, którego dostęp jest konieczny do inicjacji procesów wzrostowych w fazie poindukcyjnej. Być może, kontynuowane w tym kierunku badania pozwolą lepiej wyjaśnić fizjologiczną rolę KH w pobudzaniu i regulowaniu procesów wzrostowych roślin.

WNIOSKI

1. Antybiotyki: penicylina, streptomycyna, aureomycyna i oksytetracylina hamują kiełkowanie. Dodanie KH do roztworu antybiotyków podwyższa procent ich kiełkowania. KH stymuluje w ciemności kiełkowanie nasion, niezależnie od indukcji czerwienią. Naświetlanie nasion czerwienią wzmacnia efekt kiełkowania w ciemności wywołany działaniem KH w obecności antybiotyków i bez nich.

2. Działanie KH, indukcja czerwienią i niedobór tlenu determinują różne reakcje wzrostowe inicjujące kiełkowanie. Przebieg kiełkowania ma charakter fazowy.

3. Działanie atmosfery azotu w fazie przedindukcyjnej nie hamuje procesu kiełkowania. Anaerobioza działająca w fazie poindukcyjnej silnie hamuje kiełkowanie. Stwierdzono, że nasycanie nasion roztworem KH i indukowanie czerwienią osłabia i opóźnia inhibicyjny wpływ atmosfery azotu na proces kiełkowania.

4. W fazie przedindukcyjnej i indukcyjnej KH wpływa na przepuszczalność i przyspiesza nasycanie nasion wodą. W fazie poindukcyjnej w warunkach anaerobiozy KH zastępuje tlen. Prawdopodobnie KH interferuje z układem fitochromu w regulowaniu procesów wzrostowych indukowanych czerwienią, a prowadzących do kiełkowania.

PISMIENICTWO

1. Brian P. W.: Effects of Antibiotics on Plants. Ann. Rev. Plant Physiol., 8, 413—426 (1957).
2. Crocker W., Barton L. V.: Physiology of Seeds. Waltham 1953.
3. Devigne J., Jeuniaux C.: Sur l'origine des chitinases intestinales des lombrics. Arch. Internat. Physiol. Biochim., 68, 833—834 (1961).
4. Flaig W., Scharer K., Scholl G.: Zur Kenntniss der Huminsäuren. XVI. Mitt. Über den Einfluss von Thymohydrochinon als Modellsubstanz von Humusstoffen auf die Aktivität Verschiedener Enzyme des Roggens. Z. Pfl-Ernähr. Düng. Bodenk., 76, 201—209 (1957).
5. Furuya M., Hopkins W. G., Hillman W. S.: Effects of Metal-Complexing and Sulphydryl Compounds on Nonphotochemical Phytochrome Changes *in vivo*. Arch. Biochem. Biophys., 112, 180—186 (1965).
6. Gale E. F.: Mechanisms of Antibiotic Action. Pharmacol. Rev., 15, 481—530 (1953).
7. Gawroński E.: Aktywność biologiczna preparatów kwasów huminowych z ekskrementów dżdżownic *Allolobophora caliginosa* Sav., Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio C, vol. 18, 189—215 (1963), Lublin 1964.
8. 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, vol. 26, 373—394 (1969). Lublin 1969.
9. Grzesiuk S.: Fizjologia nasion. PWRiL, Warszawa 1967.
 10. Gumińska Z.: Utlenione związki próchniczne jako stymulatory kiełkowania nasion. Acta Soc. Bot. Pol., 27, 501—522 (1958).
 11. Gumińska Z., Sulej J.: Wpływ humianu sodowego i wersenianu sodowego na kiełkowanie nasion. Biul. IHAR, 3 (60), 29—31 (1964).
 12. Ikuma H., Thimann K. V.: The Role of the Seed Coats on Germination of Photosensitive Lettuce Seeds. Plant and Cell Physiol., 4, 169—185 (1963).
 13. Ikuma H., Thimann K. V.: Analysis of Germination Processes of Lettuce Seed by Means of Temperature and Anaerobiosis. Plant Physiol., 39, 756—767 (1964).
 14. Leh H. O.: Die Wirkung von Streptomycin auf das Wachstum einiger Kulturpflanzen. Z. Pfl-Ernähr. Düng. Bodenk., 88, 129—148 (1960).
 15. Mayer A. M., Poljakoff-Mayber A.: The Germination of Seeds. Pergamon Press, Oxford—London—New York—Paris 1963.
 16. 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).
 17. Schmid G., Flaig W.: Pflanzenstoffwechsel und Wirkstoffe. Landbauforschung Völkenrode, 12, 51—57 (1962).
 18. Šmidová M.: O wpływie humianu na oddychanie pszenicy. Acta Agrobot., 9, 129—143 (1960).
 19. Smith W. J.: Effect of Penicillin on Seed Germination. Science, 104, 411—413 (1946).
 20. Snedecor G. W.: Statistical Methods Applied to Experiments in Agriculture and Biology. 5th ed. Iowa State College Press, Ames 1956, 37.

РЕЗЮМЕ

Изучалось влияние гуминовой кислоты (ГК), кратковременной индукции красным светом (КС), $3,4 \cdot 10^3$ эрг/см² · сек⁻¹ и анаэробноз азота на прорастание светочувствительных семян салата (*Lactuca sativa* L., грунтовый сорт, AS 44, партия 145). Семена проращивались в чашках Петри на фильтрационной увлажненной бумаге при оптимальной температуре 25°. При применении атмосферы азота семена проращивались с сосудах Варбурга. В качестве критерия прорастания был принят разрыв семенного покрова. Проведено три эксперимента: в стерильных условиях с применением антибиотиков, в условиях сплошного анаэробноза, образованного газообразным азотом, и в условиях переходного анаэробноза. Полученные результаты позволили сделать следующие выводы.

1. Антибиотики: пенициллин, стрептомицин, ауреомицин и окситетрацин тормозят процесс прорастания. Добавка ГК к раствору антибиотиков, насыщающего семена, увеличивает процент их прораста-

ния. Гуминовая кислота в темноте стимулирует прорастание семян независимо от индукции КС. Облучение семян КС увеличивает эффект прорастания семян в темноте, вызванный действием ГК в присутствии антибиотиков и без них.

2. Действие ГК, индукции КС и анаэробноза детерминируют разные ростовые реакции, начинающие прорастание. Процесс прорастания носит фазовый характер.

3. Действие атмосферы азота в прединдукционной фазе не тормозит процесса прорастания. Анаэробноз, действующий в послеиндукционной фазе, сильно тормозит прорастание. Установлено, что насыщение семян раствором ГК и индуцирование КС ослабляет и задерживает ингибирующее влияние анаэробноза азота на процесс прорастания.

4. Возможно, что в прединдукционной и послеиндукционной фазах ГК влияет на проницаемость и ускоряет процесс всасывания воды семенами.

В послеиндукционной фазе в условиях анаэробноза ГК заменяет кислород. Существуют предпосылки к выводу, что ГК интерферирует с системой фитохрома при контроле роста процессов, индуцированных красным светом, которые приводят к началу прорастания.

S U M M A R Y

The influence of humic acid (HA), short red light induction ($3.4 \cdot 10^3$ erg/cm² · s⁻¹) and nitrogen anaerobiosis on germination of the photosensitive lettuce seeds (*Lactuca sativa* L., variety, AS 44, lot 145) was investigated. The seeds germinated on wet paper in Petri dishes, at the optimal temperature 25°C. In nitrogen atmosphere, the seeds germinated in flat-bottomed Warburg's vessels. The rupture of the seed coat was used as a criterion of germination. Three sets of experiments were carried out: under sterile conditions with the use of antibiotics, continuous nitrogen anaerobiosis and transient anaerobiosis. The results of the research pointed out that:

1. Antibiotics: penicillin, streptomycin, aureomycin and oxytetracycline inhibit germination. The addition of HA to the solution of antibiotics soaking the seeds raises the percentage of germination. HA stimulates dark-germination of the seeds, independently of red light induction. The exposure of seeds to red light enhances the effect of dark-germination associated with the action of HA in the presence or absence of antibiotics.

2. HA, red light induction and nitrogen anaerobiosis determine

various growth reactions initiating germination. The germination process exhibits a phasic character.

3. Nitrogen atmosphere in the preinductive phase does not inhibit the germination process. Anaerobiosis in the postinductive phase strongly inhibits germination. The soaking of seeds with HA and exposure to red light reduces and delays the inhibitory effect of nitrogen anaerobiosis on the germination process.

4. In the preinductive phase, HA probably exerts some influence on the permeability and accelerates water imbibition of seeds. In the post-inductive phase under anaerobic conditions, HA replaces oxygen. It seems possible that there exist an interference between HA and the phytochrome system in the regulation of the light-induced growth processes, which initiate the germination of seeds.

