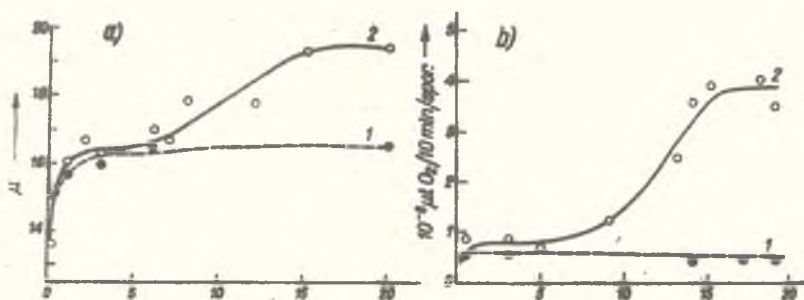


Jan Krupa

ROLA ŚWIATŁA W PROCESIE KIEŁKOWANIA NASION I ZARODNIKÓW

Kiełkowanie zarodników i nasion jest złożonym procesem przemian, który stanowi przejście ze stanu spoczynku do fazy rozwoju wegetatywnego. Proces kiełkowania zależy od wielu czynników wewnętrznych i zewnętrznych. Umieszczenie nasion lub zarodników w warunkach sprzyjających kiełkowaniu, a więc przede wszystkim na podłożu o odpowiedniej wilgotności wyzwała szereg procesów prowadzących do zmian morfologicznych charakterystycznych dla kiełkowania. Nasiona lub zarodniki mszaków powietrznie suche znajdują się w stanie silnego odwodnienia. W warunkach odpowiedniej wilgotności następuje bardzo szybki proces pobierania wody przez nasiona i zarodniki. Jest to początkowo proces głównie natury fizycznej polegający na pęcznieniu koloidów komórkowych. Drugi etap intensywnego pobierania wody występuje w okresie przed rozpoczęciem kiełkowania. Taki dwufazowy przebieg pobierania wody stwierdza się u nasion /Wierszyłowski 1961/ i u zarodników mchów /Krupa 1964/, /Rys. 1/. Druga



Rys. 1. Zmiany w szybkości pobierania wody i intensywności oddychania zarodników *Funaria hygrometrica* w świetle i ciemności: a/ szybkość pobierania wody określona na podstawie zmian objętości zarodnika, b/ intensywność oddychania zarodnika w 10^{-4} ml O_2 /10 min. /krzywa 1. przebieg procesu w ciemności, krzywa 2. przebieg procesu na świetle/.

faza pobierania wody przez zarodniki i niektóre nasiona jest związana z światłem i charakteryzuje ją wzrost natężenia oddychania. Związek z metabolizmem komórki i koniecznością światła wskazuje, że druga faza pobierania wody nie jest procesem czysto fizycznym. Proces kiełkowania będący złożonym procesem przemian biochemicznych, zależy od wielu czynników natury chemicznej i fizycznej. Szczególnie interesujące badania nad tym procesem dotyczą wpływu światła na proces kiełkowania.

W p ł y w ś w i a t ł a n a k i e ł k o w a n i e n a s i o n

Już w 1861 r. Caspary zauważył, że nasiona Bulliarda aquatica znacznie lepiej kiełkują jeżeli zostaną poddane działaniu światła. Przeprowadzone badania na nasionach wielu gatunków roślin doprowadziły do wyróżnienia 3 grup w różny sposób reagujących na obecność tego czynnika /Remer 1904, Kinzel 1926, Spector 1956, Rollin 1967 i inni/. Nasiona np. *Nicotiana* i niektórych odmian *Lactuca* należą do grupy nasion, których kiełkowanie jest indukowane przez światło. Natomiast nasiona np. *Anemone nemorosa*, *Pelargonium zonale*, *Datura stramonium* kiełkują w ciemności jak i na świetle /Kinzel 1926, Mayer i Poliakoff 1963/. Trzecia grupa reprezentowana przez *Amaranthus candatus*, *Hedera helix* i *Silene conica* kiełkują lepiej lub tylko w ciemności.

Laboratoryjne badania nad wpływem światła na proces kiełkowania nasion dostarczyły danych dotyczących widm działania w tym procesie. Flint i McAlister /1935/ wykazali, że stymulujące działanie w kiełkowaniu nasion wywiera promieniowanie w zakresie 560-700 nm, a szczególnie światło czerwone o długości fali wynoszącej 670 nm. Promieniowanie powyżej 700 nm z maksimum przy 730 nm działa hamująco na ten proces. Światło niebieskie o niskim natężeniu podobnie jak podczerwień wywiera hamujące działanie na kiełkowanie nasion /Evenari, Neuman i Stein 1957/. Zastosowanie jednak wyższych natężeń światła niebieskiego wyzwala proces kiełkowania uczulonych na działanie promieniowania widzialnego nasion /Jaques 1967/.

Nasiona wrażliwe na światło nie wymagają stałego nasświetlania do wywołania procesu kiełkowania. Stymulujący efekt światła na kiełkowanie można uzyskać po zastosowaniu krótkiej dawki promieniowania w zakresie 660 nm a pozostałe etapy kiełkowania mogą przebiegać w ciemności. Jeżeli po dawce światła stymulującego nasświetli się nasiona promieniowaniem w zakresie 730 nm wówczas procent wykiełkowanych nasion jest znacznie niższy niż po nasświetlaniu światłem czerwonym lub następuje całkowite zahamowanie tego procesu

T a b e l a 1

Kiełkowanie nasion *Chenopodium achenes* naświetlanych promieniowaniem o różnej długości fali /wg Jaques 1967/

Długość fali w nm	Natężenie światła w erg/cm ² /sek	Czas naświetlania w min.	Procent kiełkowania
660	10 000	2	78
735	5 000	10	10
435	20 000	60	50
kontrola w ciemności	-	-	10

Przedstawione w tabeli 2 dane pokazują, że procent wykiełkowanych nasion zależy od rodzaju światła zastosowanego jako ostatniego w programie naświetlań.

T a b e l a 2

Wpływ naświetlania czerwienią /R/ i daleką czerwienią /FR/ zastosowanego w różnym programie naświetlań na kiełkowanie nasion sałaty /Lactuca/ odmiany Grand Rapid /wg Borthwicka i innych 1954/

Program naświetlania	Procent wykiełkowanych nasion w temp. 20°C
R	70
R-FR	6
R-FR-R	74
R-FR-R-FR	6
R-FR-R-FR-R	76
R-FR-R-FR-R-FR	7

Między wpływem na kiełkowanie czerwieni i dalekiej czerwieni istnieje antagonistyczne działanie tych dwóch zakresów promieniowania. Pozytywny efekt światła czerwonego jest hamowany lub całkowicie znoszony przez działanie dalekiej czerwieni. Zjawisko antagonistycznego działania tych dwóch zakresów występuje w wielu reakcjach wzrostowych, syntezy chlorofilu i antocjanów i w procesach kwitnienia roślin.

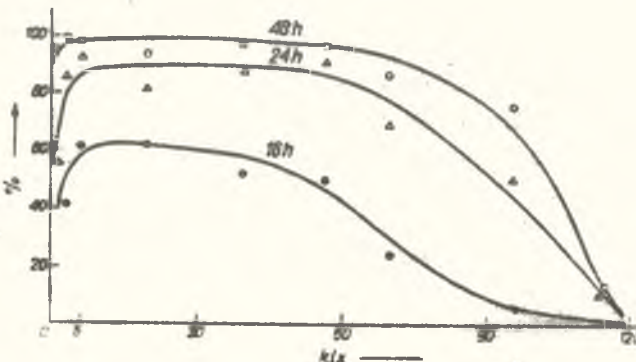
Jak wykazały badania Borthwicka i innych, antagonistyczne działanie R i FR związane jest z systemem fitochromowym.

Wpływ światła na kiełkowanie zarodników mchów i paproci

Rola światła w procesie kiełkowania jako czynnika koniecznego lub przynajmniej korzystnego jest od dawna znana. Zarodniki wielu gatunków mchów i paproci nie kiełkują w zupełnej ciemności. Mimo umieszczenia zarodników na podłożu o odpowiedniej wilgotności i hodowli w optymalnej temperaturze nie następuje kiełkowanie /Heitz 1942, Mohr 1956, Krupa 1964, i inni/. Zarodniki np. *Funaria hygrometrica* w ciemności powiększają swoje wymiary i czasem dochodzi do pęknięcia egzosporium. Dalszy rozwój może odbywać się tylko na świetle. W procesie kiełkowania zarodników mchów na świetle można wyróżnić dwie fazy przyjmowane czasem jako dwa różne kryteria kiełkowania /Mohr 1956, Bauer i Mohr 1959, Krupa 1964, Valanne 1966/. Pierwszą fazę charakteryzuje powiększanie rozmiarów zarodnika, sazielenie się treści, pęknięcie egzosporium i wzrost intensywności oddychania. Natomiast w drugiej fazie następuje wyrastanie protonemy, wzrost ilości chloroplastów i protoplazmy komórki.

Reakcja na światło w dużej mierze zależy od stanu fizjologicznego komórki /Mohr 1965, Krupa 1964, Valanne 1966/, a przede wszystkim od stopnia uwodnienia zarodnika. Dlatego nie jest obojętne w jakiej fazie kiełkowania zarodnik zostanie poddany naswietlaniu.

Kiełkowanie zarodników mchów odbywa się w pewnym określonym zakresie natężeń światła białego a zawarty w przedziale od kilku do kilkudziesięciu tysięcy luks. Jak pokazuje rys. 2 zbyt silne natężenie światła białego może nie tylko opóźniać proces kiełkowania, ale nawet zahamować ten proces całkowicie /Schulz 1902, Stephan 1928, Krupa 1965, Valanne 1966/.



Rys. 2.

Kiełkowanie zarodników *Funaria hygrometrica* w świetle białym o różnej intensywności, naswietlanych przez: 16, 24 i 48 godz.

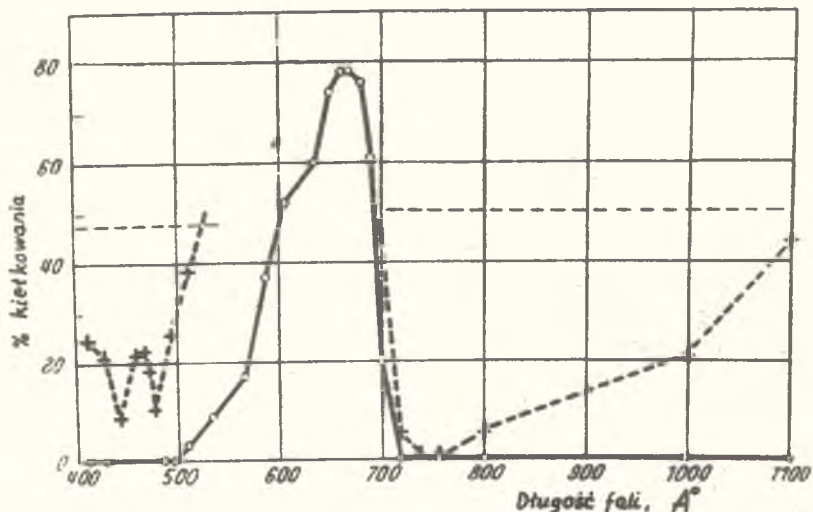
Interesujących danych o naturze zapotrzebowania na światło przez kiełkujące zarodniki dostarczyły badania w których określano widma czynne w tym procesie. Stwierdzono, że stymulujące działanie na kiełkowanie wykazuje zakres spektralny między 500-700 nm. Natomiast promieniowanie krótkofalowe w zakresie światła niebieskiego i zakres powyżej 700 nm nie wywołuje kiełkowania lub działa na ten proces hamująco /Mohr 1956, Klebs 1917, Orth 1937, Listowski 1927/. Jednak i w tym zakresie można stwierdzić kiełkowanie, jeżeli natężenie światła jest dostatecznie duże /Listowski 1927, Stephan 1928, Krupa 1967/. Wpływ promieniowania krótkofalowego na kiełkowanie zarodników mchów i paproci jest modyfikowany obecnością brązowego egzosporium, które pochłania znaczną część światła niebieskiego. Wiele gatunków mchów i paproci kiełkuje w zakresie promieniowania krótkofalowego, a intensywność tego procesu zależy od natężenia światła zastosowanego w naświetlaniu /rys. 3/.



Rys. 3. Procent wykiełkowanych zarodników *Funaria* oświetlanych przez 24 godz. światłem monochromatycznym o natężeniu: 500 erg/cm²/sek - krzywa 1, 5 000 erg/cm²/sek - krzywa 2 i 15 000 erg/cm²/sek - krzywa 3.

Jak wykazały badania Listowskiego /1927/, kiełkowanie zarodników w poszczególnych zakresach spektralnych jest zróżnicowane w zależności od gatunku mchu i można wyróżnić trzy grupy w których poszczególne barwy światła hamują lub stymulują ten proces. Klebs /1917/, Stephan /1928/ i Orth /1937/ otrzymali kiełkowanie zarodników we wszystkich zakresach spektralnych światła widzialnego, przy czym Klebs i Orth wskazują na hamujące działanie światła niebieskiego. Badania Ortha /1937/, Listowskiego /1927/, Teodoresco /1929/ a przede wszystkim Mohra i jego współpracowników wykazały szczególną aktywność czerwieni w procesie kiełkowania zarodników.

Najbardziej aktywne zakresy czerwieni leżą między 650 a 670 nm długości fali świetlnej. Natomiast promieniowanie powyżej 700 nm nie wywołuje kiełkowania lub w małym procencie /rys. 3 i rys. 4/ a w zakresie 730 nm wręcz hamuje ten proces.



Rys. 4. Zależność kiełkowania zarodników *Dryopteris filix-mas* od długości fali świetlnej /linia ciągła - zakres indukujący, linia przerywana - zakresy hamujące kiełkowanie/, /wg Mohra 1955 - zmieniony/.

Hamujące działanie dalekiej czerwieni jest szczególnie widoczne jeżeli naświetlanie tym zakresem zastosuje się po naświetlaniu stymulującym.

T a b e l a 3

Kiełkowanie zarodników *Osmunda cinnamomea* poddanych naświetlaniu światłem czerwonym i daleką czerwienią w różnym programie naświetlań /wg Mohra i innych 1963/

Program naświetlania	Procent kiełkowania
Kontrola w ciemności	5
20 min. FR	8
1 godz. R	36
1 godz. R-20 min. FR	20
1 godz. R-20 min. FR-20 min. R	39
1 godz. R-20 min. FR-20 min. R-20 min. FR	23

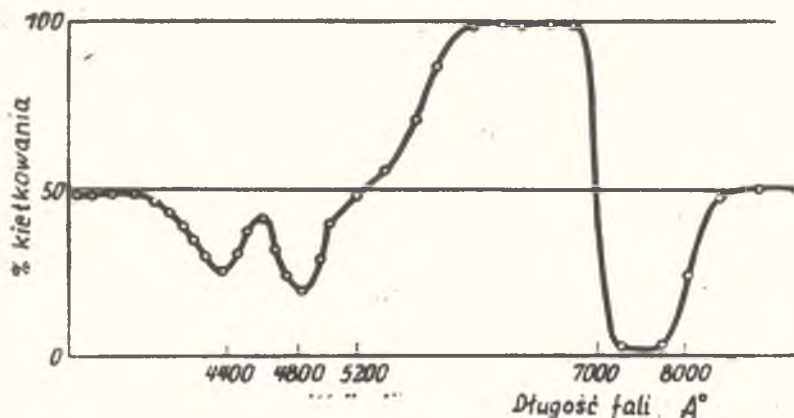
Dane przedstawione w tabeli 3 pokazują, że efekt reakcji zależy od rodzaju światła zastosowanego jako ostatniego w programie naświetlań. Anta-

gonistyczne działanie światła czerwonego związane jest z systemem fitochromowym i charakterystycznym dla niego antagonizmem bliskiej i dalekiej czerwieni /Bauer i Mohr 1959, Borthwick i Hendricks 1961, Vallance 1966 i inni/.

Wykazano, że doza światła konieczna do wywołania stymulacji lub hamowania kiełkowania, jest różna dla poszczególnych gatunków ale jest stosunkowo mała. Ponadto procesy kiełkowania zaindukowane przez krótkie nawiświecanie czerwienią mogą przebiegać w ciemności. Gdy antagonizm bliskiej i dalekiej czerwieni można wytłumaczyć istnieniem specyficznego systemu fitochromowego, to antagonistyczne działanie promieniowania krótko i długofalowego stwierdzone w pewnych badaniach jest ostatecznie niewyjaśnione. Badania Hartmana /1966/, Mohra i Auppuhn /1963/ potwierdzają przypuszczenia, że oddziaływanie tego promieniowania odbywa się również przez system fitochromowy.

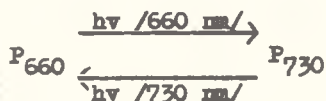
Właściwości i rola fitochromu w procesie kiełkowania nasion i zarodników

Antagonistyczne działanie bliskiej i dalekiej czerwieni stwierdzono nie tylko w procesie kiełkowania nasion i zarodników, ale również w szeregu innych reakcjach jak np.: synteza antocjanów, zjawiska fotomorfozy i fotoperiodyzmu itp. Zakresy promieniowania czynne w indukcji i hamowaniu tych różnych procesów fizjologicznych, są podobne w zakresie światła czerwonego. Wspólnym podłożem tych reakcji jest system fitochromowy.



Rys. 5. Przebieg kiełkowania nasion sałaty w poszczególnych zakresach spektralnych promieniowania widzialnego /wg Flinta i McAllistera/.

Różne i przeciwstawne działanie poszczególnych zakresów promieniowania pozwala przypuszczać, że fitochrom może występować w dwu formach różniących się aktywnością fizjologiczną. Ponadto formy te mogą przekształcać się jedna w drugą i na odwrót zgodnie z następującym równaniem:



Fitochrom absorbujący światło czerwone określono jako P_R zaś formę absorbującą w dalekiej czerwieni jako P_{FR} lub P_{660} i P_{730} . Forma fitochromu określana jako P_{FR} lub P_{730} powstaje pod wpływem naświetlania promieniowaniem w zakresie 660 nm. Ponieważ zakres ten wywołuje aktywujące działanie w wielu procesach należy przyjąć, że P_{730} jest formą aktywną, która ingeruje w jakiś ważny etap przemiany materii prowadzący ostatecznie do zmian morfologicznych i rozwojowych.

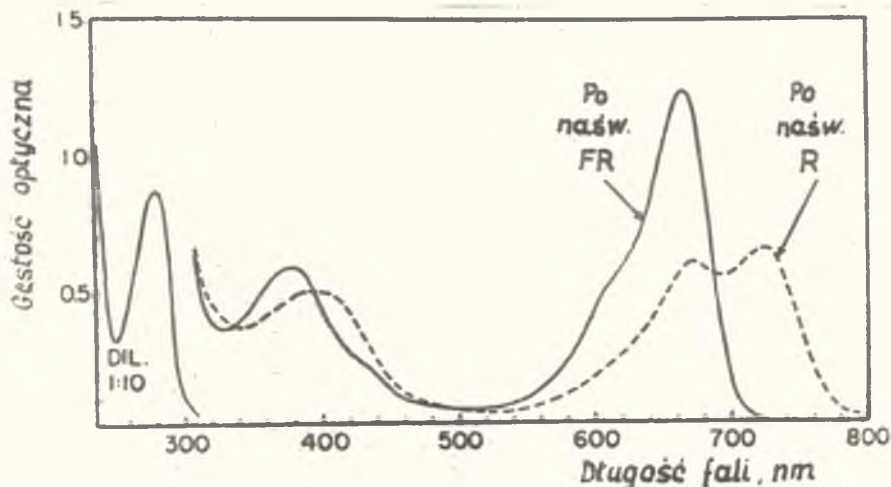


Aktywna forma fitochromu w ciemności przypuszczalnie ulega rozkładowi lub następuje synteza P_{660} co w rezultacie prowadzi do zmniejszenia ilości P_{730} /Borthwick 1965, Mohr 1965, Haupt 1967/ lub inaczej do zmiany stosunku P_R do P_{FR} .

Jak wynika z obserwacji nad kiełkowaniem nasion równowaga między P_{660} a P_{730} jest przesunięta w kierunku tej drugiej formy. Z badań nad stanem przejścia $P_{660} \longrightarrow P_{730}$ koniecznym do wywołania reakcji fotomorfotycznej wynika, że stopień tych przemian w poszczególnych reakcjach jest różny i waha się od 1% do 80% /Haupt 1967/. Natężenie światła potrzebne do aktywacji systemu fitochromowego są zasadniczo niskie w zakresie promieniowania R i FR. Efekty morfotyczne wywołane tym zakresem promieniowania w etiolowanych siewkach grochu można uzyskać dawką światła o natężeniu 10^{-14} Einsteina/cm². Można więc przypuszczać, że tylko nikła część fitochromu zostaje wzbudzona i mały procent ilości P_{730} przejawia swą aktywność. Wobec powyższego działanie tego systemu musi być związane z mechanizmem wzmocnienia reakcji.

Wnioski oparte na doświadczeniach fizjologicznych zostały potwierdzone badaniami własności fitochromu *in vivo* i *in vitro*. Wykrycie fitochromu w tkankach roślinnych nastroczało wiele trudności. Trudności te wywołane były z jednej strony absorbcją światła czerwonego przez chloro-

fil a z drugiej niskim stężeniem fitochromu w tkance roślinnej. Zastosowanie specjalnie zmodyfikowanej metody spektrofotometrycznej pozwoliło stwierdzić zmiany spektralne wywołane transformacją form fitochromu /rys. 6/. Zmiany w absorbcji po naświetlaniu światłem czerwonym /R/ wykazują przejście $P_{660} \longrightarrow P_{730}$. Maksima spektrum i zgadzają się z maksymalną aktywnością spektralną w procesach fizjologicznych. Spektrofotometryczne



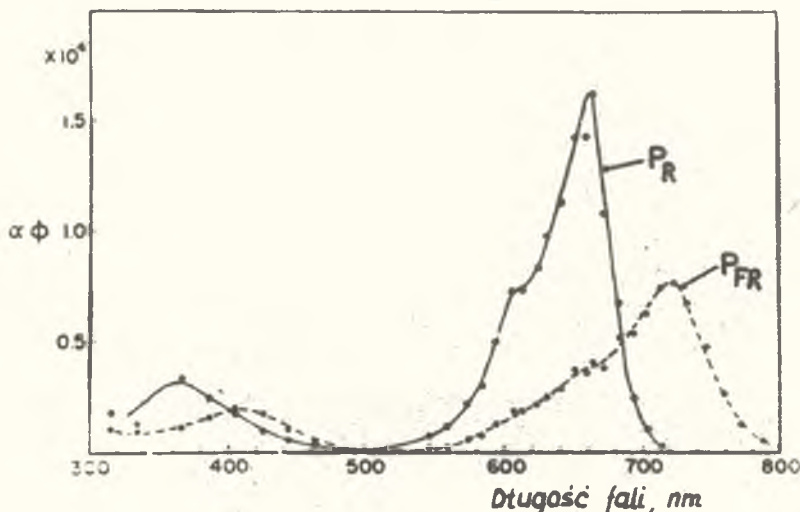
Rys. 6. Widma absorcyjne fitochromu otrzymanego z etiolowanych siewek jęczmienia po naświetlaniu bliską /R/ i daleką /FR/ czerwienią /wg Butlera i innych 1965/.

badania nad ilością fitochromu i reakcjami przekształceń $P_{660} \longrightarrow P_{730}$ pozwoliły stwierdzić, że forma P_{730} jest niestabilna i ulega rozkładowi. Równocześnie powstaje /np. w ciemności/ pewna ilość P_{660} . Zatem w ciemności nie następuje przejście $P_{730} \longrightarrow P_{660}$ a zmiana równowagi wywołana jest destrukcją P_{730} i syntezą nowego P_{660} /Spruit 1966/.

Otrzymanie oczyszczonych preparatów fitochromowych pozwoliło bliżej określić własności tego fotoreceptora. Materiałem używanym do ekstrakcji fitochromu mogą być różne rośliny zielone. Najlepsze efekty otrzymuje się przy ekstrakcji fitochromu z etiolowanych siewek owsa /Siegelman i Firer 1964/. Metodyka zastosowana w oczyszczaniu i otrzymywaniu preparatów fitochromowych jest podobna jak przy ekstrakcji białek roślinnych. Otrzymane preparaty wykazują cechy charakterystyczne dla roztworów białek. Można przy podwyższonej temperaturze do 50°C lub pod wpływem kwasu wywołać koagulację fitochromu. Pomiaru ciężaru drobinowego wykazały, że otrzymane preparaty nie są homogeniczne i około 1/3 frakcji posiada ciężar drobinowy 90 000 zaś reszta 150 000 /Butler i inni 1964/. Otrzymany fitochrom ma zabarwienie niebieskie i pod wpływem naświetlania promieniowaniem

czerwonym wykazuje zmianę barwy na niebiesko-zieloną. Zmiana barwy jest odwracalna i po oświetleniu daleką czerwienią przyjmuje barwę niebieską. Wyekstrahowany fitochrom wykazuje absorbcję w zakresie czerwieni i nieco słabszą w zakresie promieniowania krótkofalowego /rys. 6/.

Własności optyczne fitochromu związane są z istnieniem kompleksu grupy chromatoforowej z białkiem, gdyż denaturacja białka powoduje zanik absorbcji w zakresie 600–800 nm. Należy więc przypuszczać, że zmiany $P_R \rightarrow P_{FR}$ dotyczą nie tylko zmian w grupie chromatoforowej ale i zmian strukturalnych części białkowej.

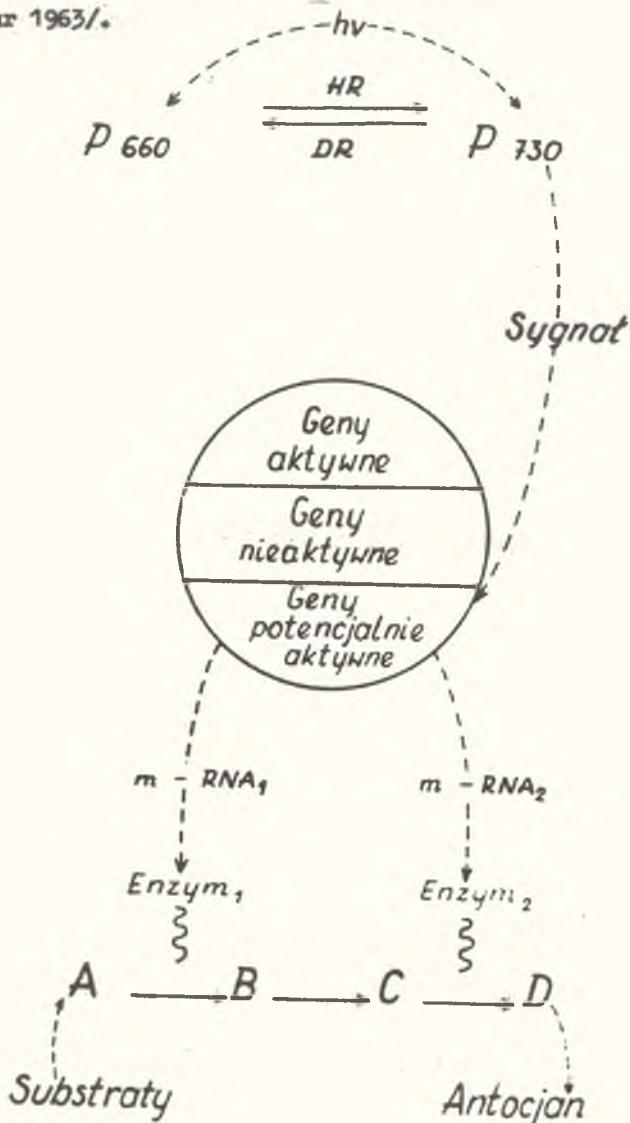


Rys. 7. Widmo działania światła wywołujące przekształcenia form fitochromu w roztworach /wg Butlera i innych 1965/.

Dotychczasowe dane dotyczące mechanizmu działania systemu fitochromowego oparte są na udziale tego systemu w różnych reakcjach fizjologicznych. Ingerencja tego systemu w tak różnorodne procesy rozwojowe i metaboliczne pozwala przypuszczać, że reakcja wywołana przez system fitochromowy związana jest z podstawowym i powszechnym łańcuchem reakcji. Biorąc pod uwagę fakt, że tylko mała część fitochromu P_{FR} może wywołać bardzo istotne i wyraźne zmiany w metabolizmie komórki, Hendricks i Borthwick /1965/ wysunęli hipotezę o enzymatycznym charakterze tego systemu. Powyższe przypuszczenia wysunięto w związku z udziałem systemu fitochromowego w syntezie antocjanów. Rola fitochromu jako enzymu w procesach syntezy antocjanów miała polegać na udziale w procesach kondensacji grup acylowych. Brak danych o udziale systemu fitochromowego w łańcuchu przemian biochemicznych prowadzących do innych reakcji fotomorfotycznych nie

pozwoili na ocenę ogólnej przydatności hipotezy badaczy amerykańskich.

Badania przeprowadzone przez Mohra i współpracowników usiłowały połączyć reakcję morfotyczną wywołaną przez system fitochromowy z zmianami w metabolizmie a głównie w procesach syntezy białek. W kiełkujących zarodnikach *Dryopteris filix-mas* oświetlonych promieniowaniem aktywnym morfotycznie stwierdzono wzrost poziomu azotu białkowego w porównaniu z ciemnością /Mohr 1963/.



Rys. 6. Mechanizm oddziaływania fitochromu przez system genetyczny na syntezę antocjanów /wg Mohra 1966/.

Mechanizm działania systemu fitochromowego wg koncepcji Mohra związany jest z ingerencją fitochromu poprzez system genetyczny /rys. 8/. Aktywny fitochrom P_{730} oddziałuje na system genetyczny w ten sposób, że wywołuje aktywację względnie represję pewnych genów /Mohr 1966, Schopfer 1966/. Oddziaływanie P_{730} dotyczy aktywacji genów "potencjalnie aktywnych" lub represyjnego działania na system genetyczny. W myśl tej hipotezy aktywacja "genów potencjalnie aktywnych" prowadzi do fotomorfoz zaś działanie represyjne P_{730} powoduje tzw. "negatywne fotomorfozy", jak np. zahamowanie wzrostu hypokotyli u *Sinapis alba*. W wypadku aktywującego działania P_{730} obserwujemy wzrost ilości RNA co w efekcie daje pozytywną reakcję morfotyczną lub wywołuje zmiany w metabolizmie komórki. Stwierdzony przez Weidnera i Mohra /1967/ wpływ systemu fitochromowego na syntezę RNA, jak i możliwość zahamowania reakcji morfotycznej przez inhibitor syntezy tegoż kwasu jakim jest aktinomycyna D zdaje się potwierdzać hipotezę o związku systemu fitochromowego z systemem genetycznym. Hipoteza ta tłumaczy różnorodność efektów wywoływanych przez system fitochromowy, jednak nie wyjaśnia wszystkich zjawisk związanych z antagonistycznym działaniem bliskiej i dalekiej czerwieni. Nie znany jest mechanizm bezpośredniego oddziaływania P_{730} na system genetyczny jak i charakter substancji odgrywających rolę ogniw pośrednich w reakcjach prowadzących do fotomorfoz.

Panu prof. dr J. Zurzyckiemu serdecznie dziękuję za pomoc w przygotowaniu niniejszej publikacji.

LITERATURA

- B a u e r L., M o h r H., *Planta*, 1959, t. 54, s. 68.
 B o r t h w i c k H., H e n d r i c k s S., *Effects of radiation on development*, *Handbuch der Pflanzenphysiologie*, t. XVI, s. 299.
 B u t l e r W., H e n d r i c k s S., S i e g e l m a n H., *Photochem. Photobiol.*, 1964, t.3, s.521.
 B o r t h w i c k H., H e n d r i c k s S., T o o l e E., T o o l e V., *Bot. Gaz.*, 1954, t. 115, s. 205.
 C a s p a r y R., *Schriften Kgl. physik-ökonom. Ges.Königsberg* 1, 1861.
 E v e n a r i L., N e u m a n G., S t e i n G., *Nature*, 1957, t. 180, s. 609.
 F l i n t L., M c A l l i s t e r E., *Smithsonian Inst. Misc. Coll.*, 1935, t. 94, s. 1.
 H a r t m a n K., *Photochem. Photobiol.*, 1966, t. 5, s. 349.
 H a u p t W., *Europ. Photobiol. Symp.* 1967, s. 3.

- Heitz E., Ber. dtsh. bot. Ges., 1942, t. 60, s. 17.
- Hendricks S., Borthwick H., Chemistry and Biochemistry of Plant Pigments, red. Goodwin, 1965, s. 405.
- Jaques R., Europ. Photobiol. Symp., 1967, s. 41.
- Kinzel W., Forst und Licht, Neue Tabellen, Stuttgart, 1926.
- Klebs G., Heidelbg. Akad. Wiss. math-nat. Abt. B1, 1917.
- Krupa J., Acta Soc. Bot. Pol., 1964, t. 33, s. 179.
- Krupa J., Acta Soc. Bot. Pol., 1965, t. 34, s. 687.
- Krupa J., Acta Soc. Bot. Pol., 1967, t. 36, s. 57.
- Listowski A., Bull. Acad. Polon. d. et. d. Left., 1927, s. 631.
- Mayer A., Poliakoff-Mayber A., The Germination of Seeds, Pergamon-Press, Oxford, 1963, s. 31.
- Mohr H., Planta, 1956, t. 46, s. 534.
- Mohr H., Planta, 1957, t. 49, s. 389.
- Mohr H., Linn J., Soc., 1963, t. 58, s. 287.
- Mohr H., Ber. dtsh. Bot. Ges., 1965, t. 78, s. 54.
- Mohr H., Z. Pflanzenphysiol., 1966, t. 78, s. 54.
- Mohr H., Ohlenroth K., Planta, 1962, t. 57, s. 656.
- Mohr H., Meyer U., Hartman K., Planta, 1964, t. 60, s. 483.
- Mohr H., Appuhn U., Planta, 1963, t. 60, s. 274.
- Orth R., Jb. Bot., 1937, t. 84, s. 358.
- Payer H., Sotriffer U., Mohr H., Planta, 1969, t. 85, s. 270.
- Remer W., Ber. dtsh. bot. Ges., 1904, t. 22, s. 328.
- Rollin P., Europ. Photobiol. Symp., 1967, s. 85.
- Schopfer P., Planta, 1967, t. 72, s. 297.
- Schopfer P., Planta, 1967b, t. 72, s. 306.
- Schulz N., Beih. bot. Zbl., 1902, t. 11, s. 81.
- Spector S., Handbook of Biological Data, Philadelphia, 1956.
- Sigelman H., Firer E., Biochemistry, 1964, t. 3, s. 418.
- Spruit C., Bioch. Biophys. Acta, 1966, t. 112, s. 186.
- Stephan J., Planta, 1928, t. 5, s. 381.
- Teodoresco E., Ann. Sci. nat. Bot., 1929, t. 11, s. 201.
- Valanne N., Ann. Bot. Fenn., 1966, t. 3, s. 1.
- Wierszykłowski J., Roczn. Nauk. Roln., 1961, t. 83, s. 549.
- Weidner M., Mohr H., Planta, 1967, t. 75, s. 109.
- Zurzycki J., Fitochrom i jego rola biologiczna /maszynopis/.

Jan Krupa

THE PART PERFORMED BY LIGHT IN THE PROCESS OF SEED AND SPORE GERMINATION

In the paper the author has presented data relating to the effect light on the germination of seeds and spores of moss and fern. He has discussed the operation of light against the background of the metabolic processes which accompany germination. Special emphasis has been laid on the operation of the phytochromic system interconnected with the reversible effect of red and infra-red radiation.

Ян К р у п а

РОЛЬ СВЕТА В ПРОЦЕССЕ ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН И СПОР

В статье обсуждается влияние света на прорастание семян и спор мхов и папоротников. Автор обследует механизм воздействия света на фоне метаболических процессов, сопровождающих прорастание. Особенно подчеркивается воздействие фитохромной системы, связанной с обратимым влиянием красного и инфракрасного излучений.