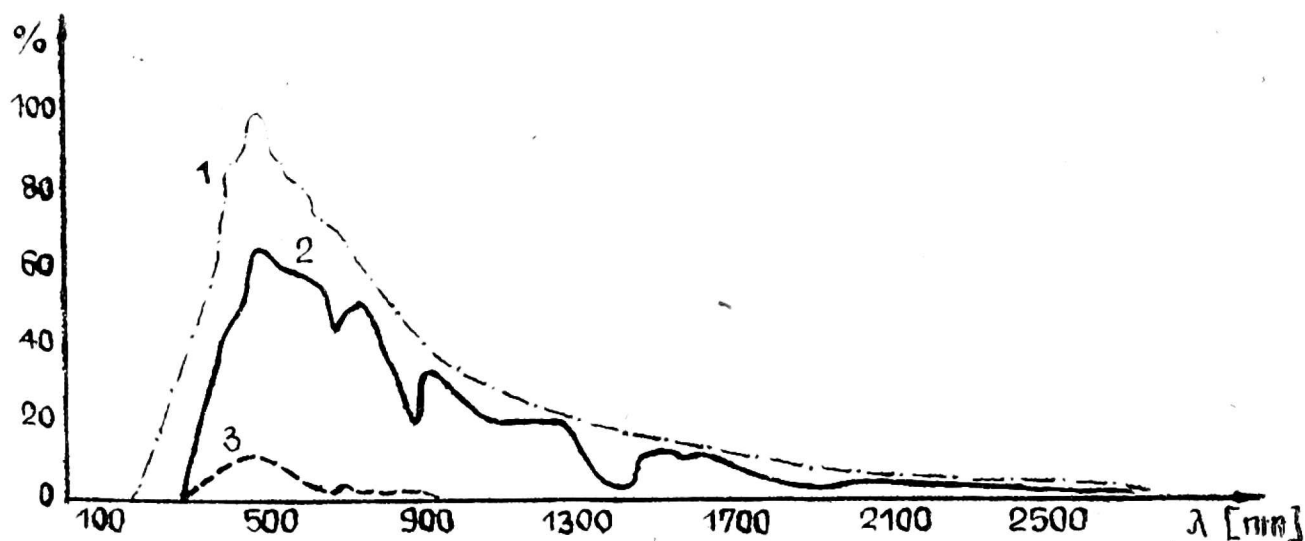


KRZYSZTOF MAJKA, MAREK CHODKOWSKI

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego — Akademia Rolnicza w Warszawie

BADANIA ELEKTRYCZNYCH ŹRÓDEŁ ŚWIATŁA W ASPEKCIE ZASTOSOWANIA DO DOŚWIETLANIA ROŚLIN W SZKLARNIACH

Światło słoneczne jest niezmiernym źródłem energii i regulatorem dla procesów fizjologicznych. Przedstawia ono fale elektromagnetyczne, leżące w przedziale 150—3000 nm z maksimum przy długości fali około 490 nm (rys. 1).



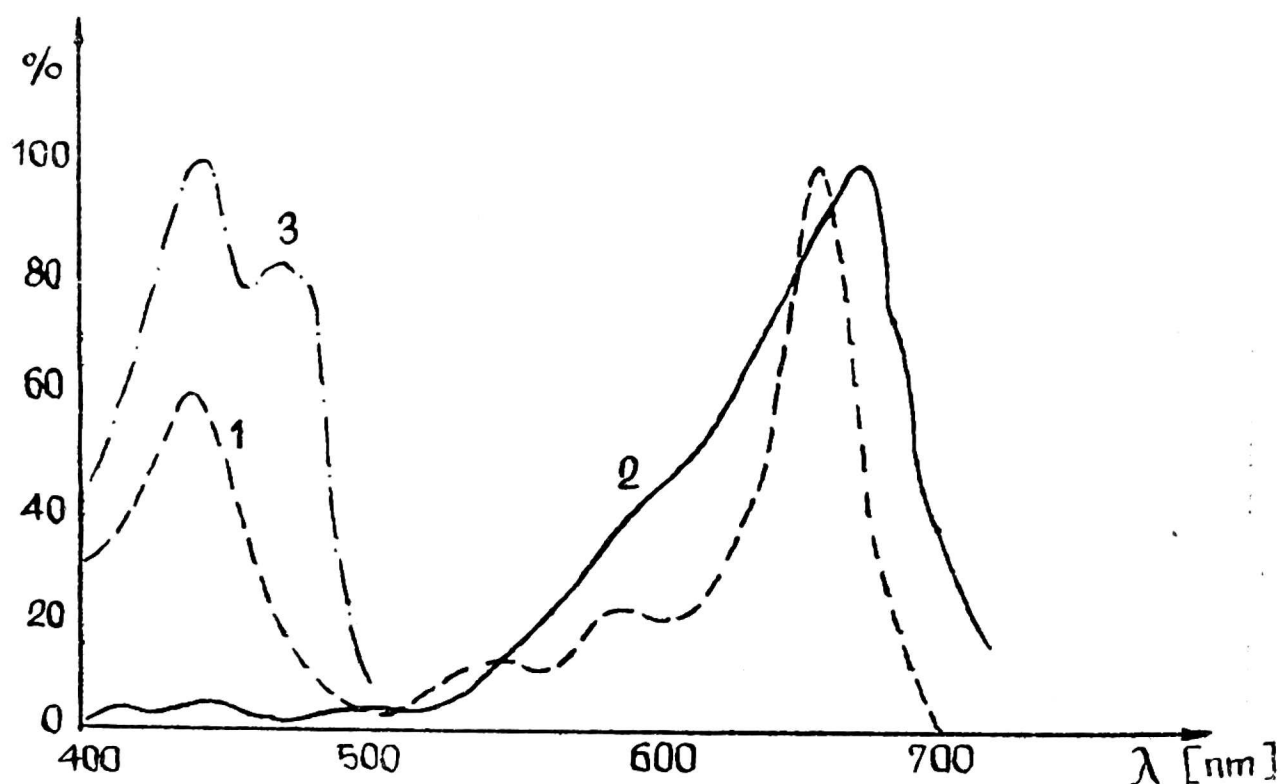
Rys. 1. Energia promieniowania w poszczególnych zakresach widma słonecznego wg Kanthaka [2]: 1 — poza atmosferą, 2 — na powierzchni gleby przy kącie padania 63°, 3 — rozproszonego nieba

Średnie natężenie oświetlenia słonecznego w okresie wiosny i lata wynosi 30 000—40 000 lx. Zaspokajają to całkowicie potrzeby roślin, które wymagają natężenia oświetlenia na poziomie 10 000—20 000 lx. Natomiast późną jesienią i zimą — od listopada do lutego — warunki świetlne w naszych warunkach klimatycznych są niewystarczające dla normalnej produkcji szklarniowej. Natężenie oświetlenia dziennego w grudniu wynosi około 2000 lx, a przy pochmurnej pogodzie zmniejsza się do 400—600 lx, podczas gdy rośliny dla normalnej asymilacji wymagają natężenia przewyższającego 3000 lx [1]. W okresach niedostatecznego natężenia naturalnego, dla uzyskania należytej dynamiki wzrostu roślin

w produkcji szklarniowej stosuje się w związku z tym sztuczne doświetlanie za pomocą elektrycznych źródeł światła.

Porównanie elektrycznych źródeł światła z punktu widzenia zastosowania ich do doświetlania roślin pozwoliło określić wymagania agrotechniczne stawiane tym źródłom w oparciu o:

- charakterystykę promieniowania słonecznego, będącego jednym z ważniejszych czynników ekologicznych siedliska roślin,
- charakterystykę widmową aktywności podstawowych procesów fizjologicznych roślin (rys. 2), przedstawioną w zależności od długości fali padającego promieniowania,



Rys. 2. Porównanie spektralnej charakterystyki aktywności podstawowych procesów fizjologicznych wg [5]: 1 — fotosynteza, 2 — fotomorfogeneza, 3 — fototropizm

- wymagania podstawowych procesów fizjologicznych roślin odnośnie natężenia oświetlenia i długości czasu naświetlania,
- charakterystykę właściwości cieplnych liści,
- charakterystykę elektrycznych źródeł światła,
- wyniki własnych badań dotyczących pomiaru temperatury liści naświetlanych przez elektryczne źródła światła.

Cel doświetlania roślin lampami elektrycznymi oraz dane dotyczące zapotrzebowania mocy źródeł światła przedstawiono w tabeli 1. Doświetlanie w uprawach szklarniowych stosuje się głównie dla:

- dostarczenia części lub całości promieniowania koniecznego do fotosyntezy i pożądanego wzrostu roślin (naświetlanie fotosyntetyczne),
- dostarczenia części lub całości promieniowania koniecznego do

Tabela 1

Zapotrzebowanie mocy, długość naświetlania i najkorzystniejsze rodzaje lamp zależnie od celu sztucznego doświetlania wg Kanthaka [2]

Cel doświetlania	Zapotrzebowanie mocy w W/m ²	Czas naświetlania	Zalecane rodzaje lamp
Przyspieszenie kiełkowania nasion	150—500	rytm dobowy	lampy żarowe, świetlówki, wysokociśnieniowe lampy rtęciowe
Przyspieszenie kwitnienia	5—20	od 4 do 8 godzin lub światło zakłócające nocą	lampy żarowe, świetlówki, lampy ze światłem mieszanym
Produkcja rozsady	60—200	12 godzin	świetlówki, lampy ze światłem mieszanym, wysokociśnieniowe lampy rtęciowe
Uprawa roślin wyłączenie przy oświetleniu sztucznym	400—600	od 12 do 20 godzin	świetlówki, wysokociśnieniowe lampy rtęciowe

uzyskania pożądanych efektów periodycznych tzn. wywołania lub zahamowania kwitnięcia (naświetlanie fotoperiodyczne).

Należy zaznaczyć, że naświetlanie fotoperiodyczne zazwyczaj towarzyszy jedynie naświetlaniu fotosyntetycznemu. Nie wymaga ono w związku z tym stosowania oddzielnych instalacji oświetleniowych i na ogół bywa realizowane przez urządzenia do naświetlania fotosyntetycznego.

Porównanie elektrycznych źródeł światła z punktu widzenia zastosowania ich do doświetlenia roślin (tab. 2 i 3) wskazuje że:

— ze względu na skład widma promieniowania — najbardziej przydatne są lampy „Fluora”, a najmniej żarowe,

— ze względu na warunki eksploatacyjne — najbardziej przydatne są lampy rtęciowe,

— ze względu na koszty eksploatacyjne i inwestycyjne — najmniej przydatne są lampy ksenonowe.

Przykładową ocenę składu widmowego promieniowania lampy rtęciowo-żarowej z luminoforem przedstawiono na rysunku 3. Dla uproszczenia obliczeń, w przedziałach długości fali promieniowania po 20 nm, określono tu średnią aktywność fotosyntezy $K_{\lambda} = f(\lambda)$ oraz udział strumienia lampy o tym zakresie długości fali w całkowitym strumieniu

*Wykorzystanie strumienia świetlnego elektrycznych źródeł światła
w procesie fotosyntezy*

Rodzaj źródła światła	Współczynnik wykorzystania w procesie fotosyntezy całkowitego strumienia świetlnego źródła K_f w zakresie długości fali od 400 do 700 nm
Lampa żarowa	0,196 28
Lampa rtęciowo-żarowa z luminoforem	0,241 06
Lampa rtęciowa bez luminoforu	0,279 28
Lampa rtęciowa z luminoforem	0,316 14
Lampa halogenkowa	0,243 70
Lampa sodowa	0,187 31
Lampa ksenonowa	0,222 06
Świetlówka o barwie dziennej	0,236 30
Świetlówka o barwie chłodnobiałej	0,237 70
Świetlówka o barwie białej	0,233 50
Świetlówka o barwie ciepłobiałej	0,253 37
Świetlówka „Flora”	0,217 87
Świetlówka „Fluora”	0,500 77

świetlnym lampy $\varphi_\lambda = f(\lambda)$. Względny współczynnik wykorzystania w procesie fotosyntezy całkowitego strumienia świetlnego lampy określono ze wzoru

$$K_f = \sum_{\lambda=400 \text{ nm}}^{700 \text{ nm}} K_\lambda \varphi_\lambda$$

Przeгляд produkowanych w Polsce elektrycznych źródeł światła wskazuje, że żadne z produkowanych źródeł nie odpowiada wszystkim stawianym im wymaganiom z punktu widzenia zastosowania do doświetlania roślin, a najbardziej przydatne do tego celu są zwierciadlane lampy rtęciowe z luminoforem typu LRFR.

Elektryczne źródła światła do doświetlania roślin powinny odpowiadać następującym wymaganiom:

— rozkład widmowy ich promieniowania powinien zawierać w zakresie od 400 do 700 nm co najmniej 50% całego strumienia promieniowania, z czego możliwie jak najwięcej powinno przypadać w pasmach 600—700 nm i 400—500 nm, z maksimami przy 650—680 i 420—450 nm,

— nie powinny emitować promieniowania o długości fali poniżej 295 nm,

— powinny emitować jak najmniej promieniowania podczerwonego, wpływającego niekorzystnie na wzrost i rozwój roślin (powodującego m.in. nadmierne wybieganie roślin, przedwczesne kwitnienie itp.),

— powinny w jak najmniejszym stopniu zaciemniać rośliny,

Tabela 3

Eksplatacyjne porównanie elektrycznych źródeł światła z punktu widzenia zastosowania ich do doświadczenia roślin

Typ lampy	Żywotność w godzinach	Strumień świetlny w lm	Skuteczność świetlna w lm/W	Promieniowanie fizjologiczne w % mocy pobieranej wg Klesznina [3]	Absorpcja energii świetlnej w %		Współczynnik zacieńnienia roślin obliczony w stosunku do lamp fluorescencyjnych wg Lemana [4]
					przez wszystkie barwniki	przez chlorofil	
Zarówki	1000	120— —30 000	10—20	8,7—13,5	59,0—64,5	53,7—55,6	—
Lampy fluorescencyjne	5000	730— —4300	30—60	12,0—18,4	75—78	58,5—68,0	1,000
Lampy rtęciowe	6000	3100— —120 000	32—60	8,3—20	70—96	67—88	0,210
Lampy rtęciowo-żarowe	2000	2700— —10 500	18—28	10,2—15,6	67,6—72,1	57—59	—
Lampy ksenonowe	3000	200 000	25—35	10,2—17	82	64,5	0,013
Lampy sodowe	6000	2700— —100 000	41—100	7,1—11,6	70	70	—

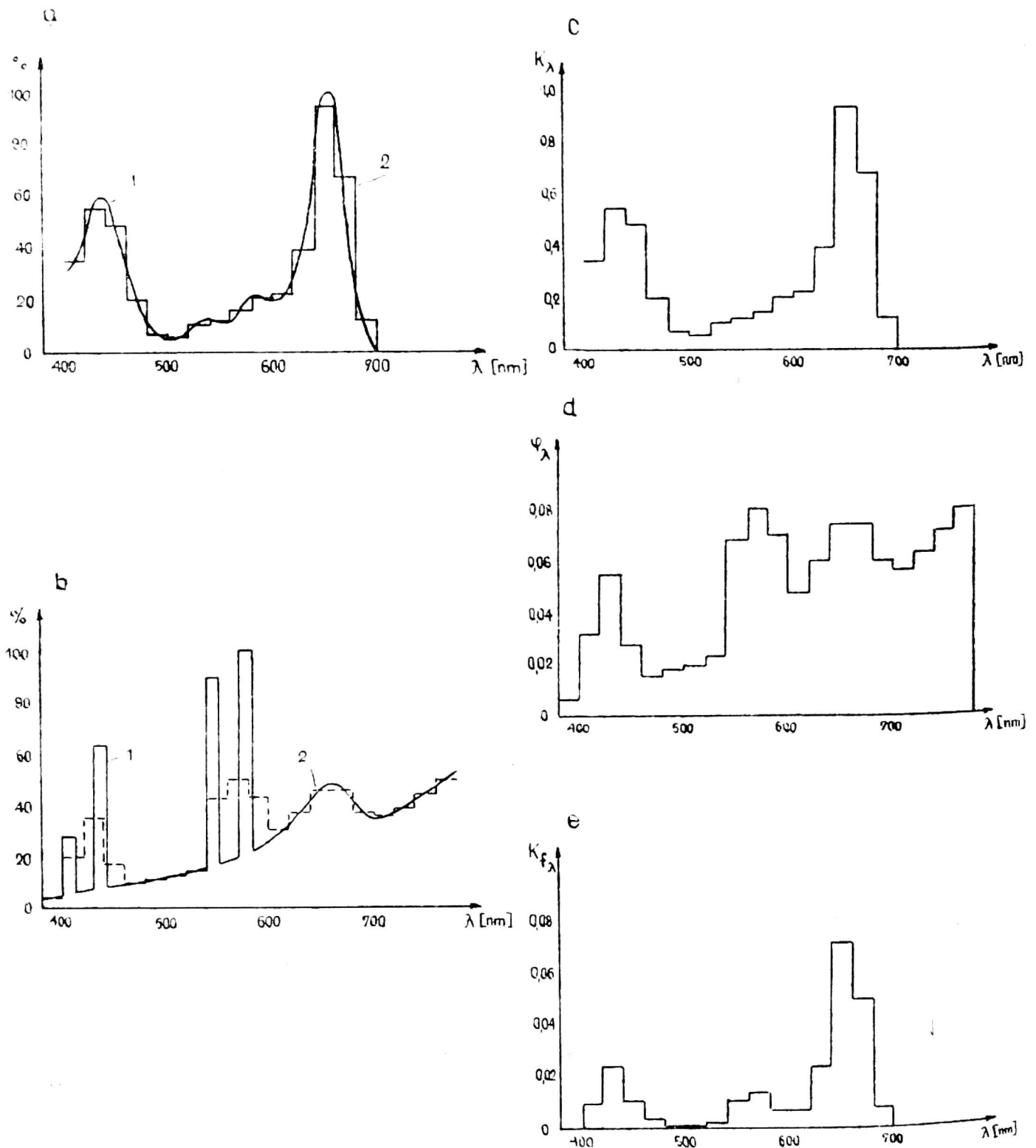
— powinny posiadać możliwie wysoką trwałość, niski spadek strumienia energetycznego w czasie eksploatacji przy cyklach włączania od 4 do 24 godzin na dobę oraz dużą stabilność składu spektralnego w okresie trwałości,

— powinny posiadać dużą moc jednostkową, dawać duży strumień świetlny przy skuteczności świetlnej powyżej 40 lm/W i jednocześnie dzięki odpowiedniej krzywej rozsyłu światłości, dawać możliwie równomierne natężenie oświetlenia na poziomej płaszczyźnie oświetlanej,

— konstrukcja ich powinna zapewniać stabilną pracę w zakresie wahań napięcia zasilającego w granicach $\pm 10\%$ napięcia znamionowego,

— powinny być łatwe w obsłudze i odpowiadać warunkom bezpiecznej eksploatacji przy dużej wilgotności w szklarni,

— zastosowanie ich nie powinno pociągać za sobą zbyt wysokich kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych.



Rys. 3. Analiza składu widmowego promieniowania widzialnego elektrycznych źródeł światła na przykładzie lampy rtęciowo-żarowej z luminoforem: a — rzeczywista (1) i schodkowa (2) charakterystyka aktywności procesu fotosyntezy w zależności od składu widmowego promieniowania świetlnego wg [5], b — rzeczywista (1) i schodkowa (2) charakterystyka składu spektralnego promieniowania lampy wg danych POLAM, c — rozkład średniej aktywności fotosyntezy w przedziałach długości fali promieniowania po 20 nm $K_\lambda = f(\lambda)$, d — rozkład strumienia świetlnego lampy w przedziałach długości fali promieniowania po 20 nm $\varphi_\lambda = f(\lambda)$, e — współczynnik wykorzystania strumienia świetlnego lampy w procesie fotosyntezy w przedziałach długości fali promieniowania po 20 nm $K_{f\lambda} = K_\lambda \varphi_\lambda = f(\lambda)$

LITERATURA

1. Barańska Z., Potaczek H.: Pomidory pod szkłem. PWRiL. Warszawa 1970.
2. Kanthak P.: Klimat i klimatyzacja szklarni. PWRiL. Warszawa 1976.
3. Klesznin A.F.: Rastienie i swiet. IANSSSR. Moskwa 1954.
4. Leman W.M.: Kurs swietokultury rastienij: IWSZ. Moskwa 1976.
5. Praca zbiorowa: principy uprawlenija produkcjonnymi processami w agroekosystemach. IANSSSR. Moskwa 1976.