Wpływ pory doby naświetlania na efekt indukcji fotoperiodycznej u rośliny krótkiego dnia *Perilla ocimoides* L.

*The influence of the length of light period on the photoperiodic reaction
of the short day plant — Perilla ocimoides* L.

T. RYLSKA

Według teorii B ü n n i n g a (1937) metabolizm roślinny podlega fluktuacjom dobowym. W dzień przeważają procesy syntezy, którym sprzyja światło (faza fotofilna), w nocy procesy rozkładu (faza skotofilna). Rytmika ta nie ujawnia się, dopóki młoda roślina jest stale trzymana na świetle lub w ciemności; okazuje się ona dopiero na skutek jedno lub parokrotnego następstwa światła i ciemności (B ü n n i n g 1956). Raz za-indukowana rytmiczność objawia się potem nawet w warunkach stałego światła lub stałej ciemności (B ü n s o w 1953, B ü h n e m a n n 1954, U e b e l m e s s e r 1954, T r u b i e c k o w a 1957).

Zależnie od szerokości geograficznej, w jakiej powstaje dany gatunek czy odmiana, ma się utrwać dziedzicznie taka rytmika dobową przemiany materii, jaka sprzyja przejściu do reprodukcji w czasie dla rośliny najodpowiedniejszym ze względów klimatycznych.

B ü n n i n g suponuje, że jest to wynikiem wewnętrznej rytmiki dobowej (endogene Tagesrhythmus). Przy pomocy swej teorii B ü n n i n g tłumaczy zachowanie się roślin, tzw. „wrażliwych fotoperiodycznie“, następująco: rośliny krótkiego dnia pochodzące z krain położonych w niskich szerokościach geograficznych rozpoczynają fazę fotofilną jednocześnie z początkiem dnia, a skotofilną mniej więcej w 12—14 godzin później, zaś rośliny długiego dnia obie fazy rozpoczynają z opóźnieniem kilku godzin (B ü n n i n g 1956). Niektóre z nich ciemności w ogóle nie wymagają, a więc nie mają fazy skotofilnej.

Jeżeli roślina otrzymuje światło w swej fazie skotofilnej, choćby to było tylko krótkie przerwanie ciemności — wprost błysk światła, zachodzą poważne zakłócenia w jej rytmice metabolizmu (S p e a r i T h i m a n n 1954, E h r e n b e r g 1954, T h i m a n n 1954) i w rezultacie

następuje zahamowanie rozwoju (B ü n s o w 1953, B ü n n i n g 1956, Highkin 1954, Turkowa 1957).

Wychodząc z założeń teorii B ü n n i n g a można przypuszczać, że efekt indukcji fotoperiodycznej zależy od pory doby, w której roślina otrzymuje światło. Zdawały się to potwierdzać doświadczenia polowe przeprowadzone przez nas w 1953 i 1954 roku (jeszcze nie publikowane). Mianowicie rośliny, które otrzymywały 8 godzin światła w południe, rankiem lub wieczorem, wykazały ogromne różnice w stopniu indukcji. Najwcześniej zakwitły rośliny otrzymujące światło w środku dnia, potem wieczorem, a najpóźniej — rano (podobne wyniki otrzymali Post 1934, W ó y c i c k i i G r z y b o w s k i 1938, L a n g 1952 i K u p e r m a n 1956). Nie wiemy, czy przyczyną tego były wahania dobowe temperatury i wilgotności, czy inna intensywność i skład widmowy światła słonecznego, czy najlepsze wewnętrzne przystosowanie rośliny do światła w godzinach południowych (faza fotofilna), a najgorsze w rannych (przerwanie fazy skotofilnej), czy w końcu inne, nie znane nam czynniki zewnętrzne, współdziałające ze światłem w pewnych godzinach.

Żeby rozstrzygnąć kwestię, czy sama pora stosowania fotoperiodu ma wpływ na efekt indukcji, trzeba było przeprowadzić doświadczenia w takich warunkach, żeby pora naświetlania roślin była jedyną zmienną. Zastosowano więc oświetlenie sztuczne zapewniające jednakową intensywność i barwę światła w różnych porach doby i to w warunkach stałej temperatury i wilgotności. W dodatku przy świetle sztucznym możemy stosować naświetlanie także w nocy, co ma specjalną wartość dla naszego zagadnienia. Zdawałoby się bowiem, że gdy roślinę, która od wschodów otrzymuje światło rano, przenieść w zupełnie inne warunki — w dzień ciemność a światło w nocy, to powinien w niej nastąpić pewien wstrząs — zakłócenie procesów przemiany materii i to zarówno w fazie fotofilnej, jak w skotofilnej. Zakłócenie to powinno trwać przynajmniej parę dni i odbić się na tempie rozwoju — tak bardzo w danym okresie zależnym od światła. Różne zachowanie roślin naświetlanych w dzień i w nocy byłoby więc pięknym potwierdzeniem teorii B ü n n i n g a.

MATERIAŁ I METODA

Wszystkie doświadczenia przeprowadzono na roślinie krótkiego dnia — pachnotce (*Perilla ocimoides* L.), której nasiona otrzymano z Puław w 1951 r. i co roku wysiewano u nas na poletkach. Ziemia była mieszką czarnoziemiu z pola (objętościowo 4 części), piasku wiślanego (1 część) i suchego drobnego torfu (1 część). Dla obniżenia kwasowości gleby mieszano ją na parę dni przed zakładaniem doświadczenia z wapnem oraz dodawano 2 g wapna palonego do ziemi przeznaczonej do każ-

dego wazonu; pH ziemi w wazonie wynosiło około 6,5. Nawożenie przed-siewne: 0,5 g saletraku, 0,5 g superfosfatu i 0,25 g soli potasowej 40% na wazon, oraz w 8 dni po wschodach 1 g saletry wapniowej, 1 g superfosfatu i 0,5 g soli potasowej na wazon.

Parowanie z powierzchni gleby w wazonie zmniejszano w pierwszym okresie przez przykrycie ziemi cienką warstwą piasku, później zaś przez wzruszanie pałeczką na głębokość 1—2 cm.

Wysiewano po 4 nasiona w wazonie, a w kilka dni po wschodach przerywano do 1 rośliny. Przed rozpoczęciem indukcji przeprowadzano selekcję wazonów (odrzucając około 50%) tak, żeby rośliny były możliwie jednakowe (ta sama ilość węzłów, wahania w wysokości do 0,3 cm). Co parę dni usuwano wszystkim roślinom wyrastające pędy boczne, aby nie komplikować pomiarów i obliczeń. W kombinacji było 7 wazonów — powtórzeń. Wilgotność w wazonach utrzymywano na stałym poziomie, dopełniając na wadze do 50% pojemności wodnej.

Wilgotność gleby utrzymywano na tym niskim poziomie, gdyż sprawdzono w poprzednich doświadczeniach, że pachnotka nie tyle boi się suszy, co nadmiernej wilgoci, która ogranicza dostęp powietrza do gleby i przez to sprzyja rozwojowi chorób grzybkowych.

Do rozpoczęcia i po zakończeniu indukcji wazon-y były trzymane w hali vegetacyjnej na dniu naturalnym — w dzień pod siatką, w nocy i w razie deszczu pod szkłem.

Indukcję fotoperiodyczną (działanie określoną długością dnia) przeprowadzano w specjalnych kamerach — luminostatach ustawionych w ciemnej piwnicy zaopatrzonej w elektryczny wentylator. Luminostaty nasze (ryc. 1) są to budki z dykty o wymiarach 125 cm × 65 cm × 115 cm z ażurową podłogą i podwójnym sufitem (dla lepszej cyrkulacji powietrza), zaopatrzone w oświetlenie luminescencyjne (6 lamp białych, 40 watt, długości 120 cm).

Użyto tu rozmyślnie oświetlenia wyłącznie luminescencyjnego, aby uniknąć dwóch rzeczy: znaczniejszego podnoszenia się temperatury w okresie świetlnym oraz wahań w intensywności światła zależnie od napięcia w sieci. Oświetlenie na poziomie roślin sprawdzane luksmierzem wynosiło około 6000 lux zarówno we dnie, jak w nocy (wahania napięcia sieci były eliminowane przez stabilizatory). Temperaturę i wilgotność zarówno w kamerach, jak w hali vegetacyjnej kontrolowano stale przy pomocy termo- i hygrografów. Średnia temperatura w luminostatach wynosiła 18°C. Wahania temperatury i wilgotności w pomieszczeniu (piwnicy) były w czasie indukcji minimalne — średnio na dobę wynosiły one 4°C (od 16 do 20°C) i 15% (od 80 do 95% nasycenia wilgocią).

W hali wahania te wynosiły odpowiednio 20°C (od 10 do 30°C) i 65% (od 30 do 95%).

Włączanie i wyłączanie światła w poszczególnych kamerach odbywało się albo przy pomocy ręcznych wyłączników, albo automatycznie (zegary wyłączeniowe). Punktualność była utrzymana w granicach 5 minut.

Wazony zarówno na wózkach w hali, jak w kamerach przestawiano i obracano codziennie, żeby uniknąć przypadkowych różnic w oświetleniu roślin.

Przed rozpoczęciem indukcji po wyselekcjonowaniu i rozdzieleniu wazonów do poszczególnych kombinacji przenoszono je do ciemnej piwnicy, tak żeby przed pierwszym okresem świetlnym w luminostacie miały przynajmniej 12 godzin ciemności. Do kamer wstawiano je w chwili rozpoczynania pierwszego dla danej kombinacji naświetlania.

Co 7 dni przeprowadzano pomiary wysokości rośliny (od I węzła do wierzchołka pędu), liczono węzły (uważając za ostatni węzeł ten, z którego wyrastają listki dłuższe niż 0,5 cm) oraz robiono obserwacje od-

Ryc. 1. Wnętrze luminostatu

(fot. B. Siemiaszko)

nośnie barwy liści (zawartość antocjanów) i pokroju rośliny. Dwa razy w okresie wegetacji fotografowano charakterystyczne średnie rośliny z każdej kombinacji. Od rozpoczęcia indukcji aż do zakończenia kwitnienia przeprowadzano codziennie obserwacje makroskopowe wierzchołka

wzrostu, notowano datę ukazania się pączków, a następnie liczono ilość rozkwitłych kwiatków na każdej roślinie.

W okresie indukcji robiono także obserwacje położenia liści i mierzono w różnych porach doby kąt odchylenia ich od pionu łodygi.

Nasiona przed siewem zaprawiano preparatem „Tillex“, a w ciągu wegetacji kilkakrotnie spryskiwano rośliny środkiem grzybobójczym „Cuivre-Sandoz“.

OPIS DOŚWIADCZEŃ

Dwa doświadczenia zakładane w maju 1955 r. i w maju 1956 roku nie dały żadnych rezultatów, gdyż rośliny w kilka dni po wstawieniu do luminostatów uległy chorobie grzybkowej (fuzarioza).

Pierwsze udane doświadczenie założono w końcu lipca 1955 r. Wschody zanotowano 6 sierpnia, naświetlanie w luminostatach rozpoczęło 3 września, gdy rośliny miały po 5 par listków i około 5 cm wysokości, zakończono zaś 12 września (po 10 fotoperiodach).

Plan doświadczenia I

Nr komb.	Liczba godzin		Pora doby naświetlania	Światło w godzinach	
	światła	ciemności		od . . .	do . . .
1	8	16	ranek	2	— 10
2	8	16	dzień	8	— 16
3	8	16	wieczór	14	— 22
4	8	16	noc	20	— 4
5	16	8	dzień	4	— 20
6	8	16	dzień skrócony w hali	8	— 16
7	$\pm 14^{30}$	$\pm 9^{30}$	dzień naturalny w hali	± 4	— $\pm 18^{30}$

Wyniki tego doświadczenia były dość nieoczekiwane; rośliny i to prawie wszystkich kombinacji rozpoczęły kwitnienie już ósmego dnia indukcji (34 dni po wschodach). Przy tym rośliny indukowane 16-godzinnyim dniem w kamerach zakwitły nieco wcześniej od indukowanych dniem 8 godzinnyim. Także w hali rośliny zarówno z krótkiego, jak i z długiego dnia zakwitły prawie równocześnie z roślinami z luminostatów.

Wysokość roślin czterech kombinacji naświetlanych 8 godzin w różnych porach doby wynosiła około 13 cm, zaś naświetlanych 16 godzin oraz pozostawionych na dniu naturalnym w hali około 17 cm.

Różnice między średnimi z pierwszych czterech kombinacji czy to odnośnie rozwoju wegetatywnego, czy ilości kwiatków nie okazały się istotne.

Z wyników tych wyciągnięto wnioszek, że pachnotka wysiana późnym latem, gdy dzień się skraca, dojrzewa dużo prędzej niż siana na wiosnę;

w związku z tym termin jej wrażliwości fotoperiodycznej wypada w okresie wcześniejszym niż normalnie. W omawianym doświadczeniu rośliny były prawdopodobnie zaindukowane w hali w pierwszych tygodniach rozwoju i późniejsze skracanie dnia nie mogło mieć na nie wpływu. Podawanie szczegółowych wyników w takim stanie rzeczy wydaje się zbędne, przechodzę więc do opisu doświadczenia drugiego.

Drugie doświadczenie założono 26 lipca 1956 r. Wschody nastąpiły 5 sierpnia. Ponieważ w poprzednim doświadczeniu inicjacja kwitnienia zaszła widocznie jeszcze, zanim wstawiono rośliny do luminostatów, tym razem rozpoczęto indukcję znacznie wcześniej — 21 sierpnia, gdy rośliny miały dopiero po dwie pary rozwiniętych liści i wysokość ± 1 cm, zakończono indukcję 31 sierpnia (10 fotoperiodów). Osiem wazonów (kombinacja 6) pozostawiono dla kontroli na wózkach w hali wegetacyjnej. Dzień naturalny wynosił w tym okresie około 15 godzin (wliczając świt i zmierzch), od wschodu do zachodu słońca było na początku indukcji 14h 17', a na końcu 13h 41'; roślinom w luminostacie jako dzień długi dano 14 godzin światła.

Plan doświadczenia II

Nr komb.	Liczba godzin		Pora doby naświetlania	Światło w godzinach od . . . do . . .
	światła	ciemności		
1	8	16	ranek	2 — 10
2	8	16	dzień	8 — 16
3	8	16	wieczór	14 — 22
4	8	16	noc	20 — 4
5	14	10	dzień	5 — 19
6	± 15	± 9	dzień naturalny w hali	± 4 — ± 19

Jak wykazały obliczenia statystyczne, tylko w długości liścia zaistniały różnice istotne między kombinacją, która otrzymywała światło wieczorem, a tymi, które naświetlano w dzień lub w nocy, zaś w ilości węzłów i wysokości (które są notabene pewniejszymi wskaźnikami stopnia rozwoju wegetatywnego) między pierwszymi czterema kombinacjami wszystkie różnice leżały w granicach błędu doświadczalnego. Natomiast różnice między roślinami z dnia dłuższego (14 godzin) i krótszego (8 godzin) są w przypadku każdego z trzech przyjętych wskaźników istotne (tab. 1).

Najbujniejszy rozwój wegetatywny miały rośliny pozostawione na dniu naturalnym w hali, nieco słabszy — z 14-godzinnego dnia, najslabszy — jak się można było spodziewać — indukowane zaledwie ośmiu godzinami światła (ryc. 2 i 3). Ogólnie możemy powiedzieć, że im lepsze były w czasie indukcji warunki dla fotosyntezy, tym większe urosły

T a b e l a 1

Wpływ skracania dnia w różnych porach doby na rozwój vegetatywny pachnotki,
1956 r. (średnie z 7 powtórzeń)

Nr komb.	Nasświetlanie 22.VIII—31.VIII. ²	Liczba węzłów w sztukach			Wysokość roślin w cm			Długość liścia w cm		
		początek indukcji	koniec indukcji	okres kwitnienia	początek indukcji	koniec indukcji	okres kwitnienia	początek indukcji	koniec indukcji	okres kwitnienia
1	8 godz. rano	3,1	4,0	11,7	0,9	2,7	7,4	1,8	3,6	10,1
2	8 godz. dzień	3,1	4,0	11,7	1,0	1,9	6,8	1,9	4,6	9,7
3	8 godz. wieczór	3,4	4,0	11,4	0,9	2,4	7,1	2,0	4,6	10,3
4	8 godz. noc	3,3	4,6	11,0	1,0	2,3	7,0	1,8	4,5	9,6
5	± 14 godz. dzień	3,3	5,0	12,3	0,9	3,6	8,7	1,8	4,8	11,8
6	± 14 godz. dzień w hali	3,3	5,0	14,0	0,9	3,7	10,8	1,8	5,8	12,1
Fe =		19,50								
Ft =		2,48			47,74			44,10		
Przedział ufności. dla P=0,05		0,70			2,48			0,50		

rośliny. Należy jeszcze zwrócić uwagę na to, że w tym doświadczeniu rośliny pachnotki wszystkich kombinacji były dużo mniejsze niż we wszystkich doświadczeniach zakładanych wiosną. Stoi to na pewno w ści-

Ryc. 2. *Perilla ocimoides* w okresie kwitnienia. 4.10.1956. 1 — kombinacja 5 (14 godz. światła w dzień w luminostacie); 2 — kombinacja 4 (8 godz. światła lum. w nocy); 8 — kombinacja 6 ($\pm$ 14 godz. światła naturalnego w hali)

(fot. B. Siemiaszko)

Ryc. 3. *Perilla ocimoides* w okresie kwitnienia. 4.10.1956. 3 — kombinacja 2 (8 godz. światła lum. rano); 4 — kombinacja 3 (8 godz. światła lum. w dzień); 5 — kombinacja 4 (8 godz. światła lum. wieczorem)

(fot. B. Siemiaszko)

śłym związku ze znacznym skróceniem okresu wegetacji w wypadku jesiennych wysiewów.

Rozwój generatywny roślin (termin zakwitania i intensywność kwitnienia) nie zależy od pory doby, w której stosujemy naświetlanie (tab. 2).

W tym doświadczeniu uderzający jest fakt, że rośliny „indukowane” dniem 14-godzinnym mimo bujniejszego rozwoju wegetatywnego zakwitły wcześniej niż rośliny z 8-godzinnego dnia.

Tabela 2

Wpływ skracania dnia w różnych porach doby na rozwój generatywny pachnotki, 1956 r. (średnie z 7 powtórzeń)

Nr komb.	Naświetlanie 22 — 31. VIII	Kwitnienie roślin		Opóźnienie kwitnienia o dni	Średnia liczba kwiatków na roślinę			
		data	Liczba dni po wsch.		24.IX	4.X	13.X	23.X
1	8 godz. rano	24.IX	60	4	3,0	30,7	39,6	40,6
2	8 godz. dzień	23.IX	59	3	3,6	31,6	40,1	41,0
3	8 godz. wieczór	24.IX	60	4	2,1	33,1	45,3	48,3
4	8 godz. ncc	25.IX	61	5	1,3	30,4	38,6	41,3
5	14 godz. dzień	20.IX	56	—	9,9	32,7	38,9	42,0
6	± 14 gdcz. dzień w hali	22.IX	58	2	5,6	34,9	41,6	44,6
	Fe =						2,39	
	Ft =						2,51	

2,39 < 2,51 a więc zmienność obiektów okazała się nieistotna.

Zanotowano także, że rośliny, które otrzymywały światło lamp luminescencyjnych (komb. 5) były mniejsze i miały intensywniej zielone liście niż rośliny z hal (komb. 6); zakwitły też nieco wcześniej.

Trzecie doświadczenie założono na wiosnę 1957 r. Wysiano pachnotkę w wazonach 27 kwietnia, wschody nastąpiły 10 maja. Pojemność wodna gleby wynosiła tym razem 30,4%. Naświetlanie w luminostach rozpoczęto 11 czerwca, gdy rośliny miały 4 pary listków i średnią wysokość 3,2 cm, zakończono 24 czerwca (14 fotoperiodów).

Jako kontrolę pozostawiono wazony jednej kombinacji (nr 7) w hali wprost na wózku (dzień naturalny wynosił wówczas około 18 godzin, a od wschodu do zachodu słońca było od 16h 41' do 16h 46'), inne zaś (nr 6) w tejże hali wstawiono na okres 16 godzin do budki ustawionej na wózku (8 godz. światła naturalnego).

Plan doświadczenia III

Nr kombinacji	Liczba godzin		Pora doby naświetlania	Światło w godz.	
	światła	ciemności		od . . .	do . . .
1	8	16	ranek	2	— 10
2	8	16	dzień	8	— 16
3	8	16	wieczór	14	— 22
4	8	16	noc	20	— 4
5	18	6	dzień	2	— 20
6	8	16	dzień naturalny w hali	8	— 16
7	±18	±6	dzień naturalny w hali	±2 ³⁰	— ±20 ³⁰

Ze względu na to, że w poprzednim doświadczeniu dzień 14-godzinny okazał się dla pachnotki dniem krótkim, tym razem zastosowano jako kontrolę dzień 18-godzinny.

Wyniki doświadczenia III są zestawione w tabelach 3 i 4.

Zmienność obiektów tylko w chwili rozpoczęcia indukcji nie została udowodniona, natomiast na końcu indukcji i w okresie kwitnienia wystąpiły różnice istotne w rozwoju wegetatywnym między kombinacjami z różną ilością godzin światła, a także między roślinami indukowanymi krótkim dniem w hali i w luminostatach.

Z tabeli 3 widzimy, że pora doby, w której dajemy roślinie w czasie indukcji fotoperiodycznej światło, ma niewielki wpływ na rozwój wegetatywny roślin (ilustruje to też fotografia, ryc. 4).

Nieco silniej zahamowane w ogólnym rozwoju były rośliny indukowane w dzień i w nocy, lepiej zaś rosły naświetlane rano i wieczorem.

Ryc. 4. *Perilla ocimoides*. 20.8.1957, 7 — kombinacja 5 (18 godz. światła w dzień w luminostacie); 30 — kombinacja 1 (8 godz. światła lum. rankiem); 45 — kombinacja 2 (8 godz. światła lum. w dzień); 61 — kombinacja 3 (8 godz. światła lum. wieczorem); 76 — kombinacja 4 (8 godz. światła lum. w nocy)

(fot. B. Siemiaszko)

Istotna różnica wystąpiła w rozmiarach roślin, które otrzymywały światło rankiem; uległy one w okresie kwitnienia lekkiemu przerastaniu i w rezultacie miały więcej węzłów i były o kilka centymetrów wyższe od po-

Tabela 3

Wpływ skracania dnia w różnych porach doby na rozwój wegetatywny pachnotki, 1977 r. (średnie z 7 powtórzeń)

Nr komb.	Naświetlanie 11.VI — 24.VI	Liczba węzłów			Wysokość roślin				Długość liścia w cm*		
		początek indukcji	koniec indukcji	okres kwitnienia	początek indukcji	koniec indukcji	okres kwitnienia	okres kwitnienia	początek indukcji	koniec indukcji	okres kwitnienia
1	8 godz. rano	5,0	6,8	8,0 + 24,2**	3,2	4,9	27,3	5,6	9,8	15,8	
2	8 godz. dzień	5,0	6,3	8,0 + 20,3	3,3	4,6	19,3	6,3	9,7	15,1	
3	8 godz. wieczór	5,0	6,4	8,0 + 22,3	3,3	4,7	21,9	6,6	10,0	15,4	
4	8 godz. noc	5,0	6,6	8,0 + 21,1	3,1	4,5	18,7	6,4	9,6	14,8	
5	18 godz. dzień	5,0	7,6	16,2 + 12,4	3,1	6,5	49,9	6,7	12,6	22,9	
6	8 godz. dzień w hali	5,0	7,0	8,1 + 28,0	3,0	10,3	32,1	6,3	12,6	17,9	
7	18 godz. dzień w hali	5,0	8,0	17,1 + 14,3	3,2	8,4	53,0	6,3	12,7	22,6	
Fe =											
				17,50	0,61	74,80	94,99	1,1	22,08	129,69	
Ft =				2,69	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	
Przedział ufności dla P = 0,05				3,12	—	0,75	4,17	—	0,93	0,89	

* Mierzono długość największego liścia na roślinie.

** Cyfry z plusem oznaczają ilość węzłów w samym kwiatostanie; dla tej tylko wielkości zrobiono obliczenia statystyczne.

Ryc. 5. *Perilla ocimoides*. 20.8.1957. 16 — kombinacja 5 (18 godz. światła lum.); 45 — kombinacja 3 (8 godz. światła lum.); 141 — kombinacja 7 (18 godz. światła naturalnego); 129 — kombinacja 6 (8 godz. światła naturalnego)

(fot. B. Slemiaszko)

zostałych. Jeszcze wyższe wyrosły rośliny, które miały skrócony dzień naturalny (ryc. 5). Także rośliny z długiego dnia kombinacji 7 (hala weget.) były wyższe i zawiązały więcej węzłów niż kombinacja 5 (luminostat) (ryc. 5). Dynamikę wzrostu całej rośliny i liścia w poszczególnych kombinacjach przedstawiono na wykresach (ryc. 6 i 7).

Największe różnice między kombinacjami z różnych pór doby zanotowano pod koniec wegetacji w kształcie kwiatostanów. Rośliny indukowane dniem lub nocą miały krótkie i zbite kwiatostany, zaś rankiem i wieczorem wyciągnięte, luźne (ryc. 4). Luźne kwiatostany miały też rośliny kombinacji 6 (8 godz. światła naturalnego), co ilustruje fotografia (ryc. 8).

Widzimy, że wzrost roślin wszystkich kombinacji z dnia krótkiego był silnie hamowany w stosunku do roślin pozostających na dniu długim, najbardziej się to uwydatnia u roślin otrzymujących światło nocą, potem dniem, wieczorem i najmniej rankiem.

Rozwój generatywny roślin indukowanych w różnych porach doby ilustruje tabela 4.

Dokładnie w tym samym terminie zawiązały pączki i zakwitły rośliny indukowane krótkim dniem w dzień i w nocy, a o jeden dzień opóźniły

Ryc. 6. Dynamika wzrostu roślin indukowanych 14 dni w luminostatach w różnych porach doby

Ryc. 7. Dynamika powiększania się rozmiarów liści roślin indukowanych 14 dni w luminostatach w różnych porach doby

Ryc. 8. *Perilla ocimoides*, 20.8.1957. a — zbity kwiatostan kombinacji 3 (8 godz. światła lum.); b — luźny kwiatostan kombinacji 6 (8 godz. światła naturalnego)

(fot. B. Siemiaszko)

Tabela 4

Wpływ skracania dnia w różnych porach doby na rozwój generatywny pachnotki, 1957 r. (średnie z 7 powtórzeń)

Nr komb.	Naświetlanie 11.VI—24.VI	Zawiązanie pączków		Kwitnienie				Średnia liczba kwiatków na roślinę	
		data	dni po wsch.	przyś- pie- szenie o dni	data	dni po wsch.	przyś- pie- szenie o dni	początek kwitnie- nia	pełnia kwit- nienia
1	8 godz. rano	26.VI	47	38	6.VII	57	38	2,6	43,0
2	8 godz. dzień	26.VI	47	38	5.VII	56	39	2,7	39,0
3	8 godz. wieczór	28.VI	49	36	6.VII	57	38	2,6	43,0
4	8 godz. noc	26.VI	47	38	5.VII	56	39	3,9	38,3
5	18 godz. dzień	3.VIII	85	—	13.VIII	95	—	5,8	26,5
6	8 godz. dzień w hali	29.VI	44	35	5.VII	56	38	3,4	23,0
7	±18 godz. dzień w hali	30.VII	81	—	12.VIII	94	—	6,3	27,8
Fe =									14,40
Ft =									2,32
Przedział ufności dla P = 0,05									7,0

kwitnienie naświetlane rankiem lub wieczorem. Jest to różnica zbyt mała, żeby pozwalała wyciągać jakieś wnioski, tym bardziej, że w liczbie kwiatków między czterema pierwszymi kombinacjami istotnych różnic nie było. Wyraźne zaś różnice i w terminie kwitnienia i w ilości kwiatków zaistniały między roślinami indukowanymi dniem długim i krótkim. Rośliny, którym przez 14 dni skracano światło do 8 godzin (komb. 1, 2, 3, 4 i 6) przyspieszyły zawiązywanie pączków o 5 do 5½ tygodni, a kwitnienie o 5½ tygodni w stosunku do roślin kontrolnych trzymanych przez ten czas na dniu długim (komb. 5 i 7).

Widzimy, że rośliny z hali i z luminostatów przy jednakowej długości dnia zakwitły prawie równocześnie, ale intensywność kwitnienia (liczba kwiatków na roślinę) była wyższa (różnica udowodniona statystycznie) u roślin, które indukowano dniem krótkim w hali, niż w luminostacie. W ogóle rośliny z krótkiego dnia kwitły znacznie obficie niż z długiego. Kwiatostany u tych pierwszych nie miały normalnej budowy piramidalnej z wyraźnym jednym pędem szczytowym i czterema bocznymi, tylko składały się z pięciu prawie równorzędnych pędów (ryc. 4 i 8).

Jak widzimy, wyniki we wszystkich trzech doświadczeniach (1955, 1956 i 1957 r.) — jeśli chodzi o pory doby — są na ogół zgodne. Zanotowano tu minimalne przyspieszenie kwitnienia u roślin, które otrzymywały

Ryc. 9. Różne położenie liści w stosunku do osi pędu

światło w dzień lub w nocy (komb. 2 i 4), w stosunku do indukowanych rankiem lub wieczorem. Natomiast nieco obfitsze (choć nie udowodniono tego statystycznie) było kwitnienie roślin tych ostatnich kombinacji, co idzie w parze z nieco bujniejszym rozwojem wegetatywnym.

W ciągu naszych prac nad pachnotką nieraz zwracaliśmy uwagę na rytmiczne wznoszenie i opuszczanie się liści zależnie od pory doby. Rankiem liście są opuszczone, do południa powoli się wznoszą, a pod wieczór znowu się opuszczają. Rozpiętość ruchów jest tak duża, że uderzająco wprost zmienia się pokrój rośliny.

Ponieważ przypuszczano, że ustawienie liści będące wyrazem stanu fizjologicznego rośliny (stopień biegunowości) może być w korelacji z indukcją fotoperiodyczną, przeprowadzono w okresie indukcji roślin szereg obserwacji. Jako wskaźnik przyjęto kąt, jaki tworzy z pionem pędu linia przeprowadzana od wierzchołka blaszki liściowej do podstawy ogonka (ryc. 9).

Kąt ten odczytywano na zwykłym kątomierzu przykładanym bezpośrednio do rośliny. Pomiarów dokonywano dla dwóch leżących nad sobą liści wyrastających z IV i z V węzła, w luminostatach tylko w okresie świetlnym. Ułożenie liści siódmego i dziesiątego dnia po rozpoczęciu indukcji ilustruje tabela 5.

Pachnotka — typowa roślina krótkiego dnia — przez cały 8-godzinny okres świetlny (niezależnie od pory doby naświetlania) zachowuje ułożenie liści prawie poziome bez wyraźnego opuszczenia na końcu tego

Tabela 5

Wpływ skracania dnia w różnych porach doby na ułożenie liści pachnotki, 1957 r.

Nr komb.	17/18.VI.56 Okres świetlny						20/21.VI.57 Okres świetlny						Okres ciemny	
	Początek		Śr. dek		Koniec		Początek		Środek		Koniec		Środek	
	w ě		z		ł y		w		ę		z ł		y	
	III IV		III IV		III IV		III IV		III IV		III IV		III IV	
	III	IV	III	IV	III	IV	III	IV	III	IV	III	IV	III	IV
1	70°	90°	70°	90°	70°	90°	70°	100°	70°	90°	70°	90°	—	—
2	80°	95°	80°	90°	80°	90°	70°	90°	80°	90°	80°	90°	—	—
3	80°	90°	70°	95°	60°	80°	70°	95°	80°	90°	70°	95°	—	—
4	70°	90°	80°	100°	80°	110°	70°	85°	80°	100°	60°	85°	—	—
5	35°	40°	50°	80°	45°	40°	50°	45°	70°	80°	70°	35°	—	—
6	75°	85°	80°	90°	80°	90°	95°	90°	100°	130°	110°	130°	30°	40°
7	80°	100°	75°	85°	20°	30°	85°	110°	85°	90°	70°	90°	20°	20°

okresu. Rośliny kombinacji 6 (8-godzinny dzień w hali wegetacyjnej) mają tendencje do utrzymywania liści nawet powyżej poziomu. Natomiast ta sama pachnotka trzymana na dniu długim wchodzi w okres świetlny z opuszczonymi liśćmi i tak samo wchodzi w ciemność. Nawet w południe liście jej nie sięgają poziomu.

Z danych tych wyciągamy jeden tylko wniosek, że o skuteczności indukcji fotoperiodycznej pachnotki możemy wnosić z pokroju rośliny w okresie skracania dnia. Rośliny zachowują wysoką begunowość wyrażającą się w sztywnym ustawieniu liści tylko w przypadku odpowiedniej dla nich w tym okresie długości dnia.

Ponieważ przypuszcza się pewną rolę fizjologiczną antocjanów (Jeromajewa i Szczegłowa 1948, Lejsle 1952, Szweykowska 1957), zwrócono uwagę na charakterystyczne dla niektórych kombinacji zabarwienie liści i kwiatostanów. Zaraz po zakończeniu indukcji (26 czerwca 1957) wszystkie rośliny miały liście zielone. Najintensywniej zabarwione były rośliny kombinacji 5 (długi dzień przy świetle luminescencyjnym), później szły kolejno kombinacje: 1 (ranek), 2 (dzień), 4 (noc), i 3 (wieczór); jaśniejsze były rośliny z hali, z tym, że kombinacja 6 (krótki dzień) miała liście tak jasne, że aż wpadające w odcień żółty (tu także zaznaczyła się lekka etiolacja roślin).

W okresie kwitnienia różnice w zabarwieniu były znacznie większe. Rośliny kombinacji 1, 2, 3, 4 i 6 (indukowane krótkim dniem) były całe ciemnofioletowe (liście, łodygi, kwiatostany), przy tym górna strona liści była szczególnie bogata w antocyjany. Kombinacje z długiego dnia (5 i 7) miały górną stronę liści częściowo zabarwioną na fioletowo, dolną zaś całkowicie zieloną, tak jak zielona była łodyga, podkwiatki i działki kielicha. Pod koniec wegetacji i tu zabarwienie się pokazało, ale w słabszym stopniu niż u roślin z krótkiego dnia.

DYSKUSJA

Oba opisane tu doświadczenia wskazują na wielką łatwość, z jaką roślina przystosowuje się do narzuconej jej sztucznie pory dnia i nocy. Nawet przy oświetleniu wyłącznie nocnym rośliny odpowiedziały na 8-godzinny fotoperiod takim samym przyspieszeniem rozwoju generatywnego, jak rośliny otrzymujące swą „porcję“ światła w normalnych godzinach dnia.

Wychodząc z założeń teorii Bünninga można się było spodziewać, że zupełne odwrócenie pory naświetlania (kombinacja 4) będzie miało wpływ na efekt fotoperiodyczny światła. Dajemy tu przez całe 8 godzin światło w środku „fazy skotofilnej“, a przez całą „fazę fotofilną“ ciemność. Jeżeliby roślina była wewnętrznie, dziedzicznie przystosowana do określonej pory światła i ciemności, to w tym przypadku powinno być co najmniej duże osłabienie indukcji. Na taki też stan rzeczy zdawały się wskazywać nasze i inne doświadczenia polowe, o czym była już mowa we wstępie. Żelawski (1957) otrzymał parodniową różnicę na korzyść dnia przy skracaniu okresu wegetacyjnego modrzewia stosując indukcję 12-godzinną, ale ponieważ dawał on w dzień światło naturalne + elektryczne, a w nocy tylko elektryczne, nie są to wyniki porównywalne.

Jak już wspomniano, w polu wystąpiły dość znaczne różnice między dniem „porannym“ i „wieczornym“. Trudno by to było tłumaczyć inną barwą lub intensywnością światła, ponieważ w tych godzinach skład widma oraz suma energii świetlnej są prawie jednakowe (Klesznin 1954), natomiast dobrze by tu „pasowała“ teoria Bünninga wewnętrznego przystosowania roślin do pory światła. Wobec przedstawionych obecnie faktów, tłumaczenie takie nie wydaje się słuszne. Może trzeba szukać wyjaśnienia efektów doświadczeń polowych na zupełnie innej drodze (na przykład zwrócić uwagę na niewątpliwie istniejące różnice w temperaturze i wilgotności powietrza między rankiem i wieczorem).

Nie uzyskaliśmy nowych faktów dla potwierdzenia, że rytmika dobową jest wewnętrzna. Przeciwnie, okazało się, że tempo rozwoju roślin nie

cierpi przy przestawieniu się na inny dobowy rytm, byle tylko ilość godzin światła i ciemności była jednakowa. Czynniki zewnętrzne (w naszym przypadku światło i ciemność) ustalają rytm metabolizmu, a od rośliny zależy tylko to, czy na taki właśnie rytm zareaguje przyspieszeniem czy też opóźnieniem rozwoju generatywnego. Do zupełnie podobnych wniosków doszedł *Vegis* (1953 i 1955), analizując rytmikę roczną tworzenia się pączków śpiących u żabiścieku (*Hydrocharis*).

Szczegółowa analiza wyników omawianych doświadczeń nasuwa jeszcze następujące uwagi.

O ile pachnotka w doświadczeniu wiosennym (1957 r.) przy dniu długim 18-godzinnym zakwitła, jak się można było spodziewać (*Rylska i Wisłocka* 1956), z dużym opóźnieniem (około 5 tygodni), o tyle w obu doświadczeniach zakładanych w lecie (1955 i 1956 r.) zachowała się inaczej: na dniu dłuższym (raz 16- a raz 14-godzinnym) zakwitła wcześniej niż na dniu 8-godzinnym. Oczywiście pamiętamy, że różną liczbę godzin światła otrzymywały nasze rośliny nie od wschodów, tylko po 3—4 tygodniach i przez ten pierwszy okres znajdowały się na dniu naturalnym.

Nie jest wykluczone, że pachnotka, tak jak większość roślin krótkiego dnia, w okresie inicjacji kwitnienia potrzebuje długich nocy, a w okresie formowania się kwiatów pozytywnie reaguje na długie dni. Jeżeliby więc w naszym wypadku (letni wysiew) naturalna indukcja fotoperiodyczna nastąpiła przed wstawieniem roślin do luminostatów, to zastosowane później długie fotoperiody mogłyby bardziej sprzyjać zakwitaniu niż krótkie. O samym przyspieszeniu kwitnienia mogło tu decydować nagromadzenie produktów dziennej fotosyntezy. Między tymi produktami, jak przypuszczają *Gregory i inni* (1954), jest wytwarzany prekursor dla akceptora wiązania CO_2 w ciemności, a ten ostatni ma prawdopodobnie bezpośredni wpływ na przyspieszenie procesów generatywnych.

Tłumaczeń powyższych nie uważam ani za ostateczne, ani za wyczerpujące i sędzę, że zagadnienie odmiennej reakcji roślin na długość dnia zależnie od pory wysiewu wymaga specjalnych badań.

Rośliny kombinacyj odpowiadających sobie długością dnia trzymane w czasie indukcji w luminostatach lub w hali zakwitły w trzecim doświadczeniu (1957) prawie jednocześnie, w drugim (1956) z różnicą paru zaledwie dni. Jest to zadziwiające, jeżeli weźmiemy pod uwagę, jak różne miały rośliny warunki w tych dwóch miejscach. Z jednej strony świadczy to raz jeszcze, że spośród wszystkich czynników środowiska długość dnia decyduje o inicjacji kwitnienia (*Garner i Allard* 1920), z drugiej zaś strony pozwala wyciągnąć pewne wnioski szczegółowe. Przede wszystkim pachnotka wykazała tu dużą niewrażliwość na amplitudę dobowych wahań temperatury (termoperiodyzm), co nie jest zgodne z wynikami

Czajłachjana (1948). Zauważmy, że rośliny w luminostatach miały temperaturę stałą około 17—19°C, a w hali w dzień podnosiła się ona do 30°C, podczas gdy w nocy spadała do 10°C.

Niewątpliwie duża była różnica w intensywności światła w hali i w luminostatach, ale na podstawie pokroju roślin i barwy ich liści wnosimy, że natężenie światła w luminostatach było wystarczające dla fotosyntezy. W kombinacji 5 (długi dzień) nie wystąpiło nawet w najmniejszym stopniu zjawisko etiolacji, a w kombinacjach 1, 2, 3, 4 (dzień krótki) rośliny były mniej etiolowane niż w kombinacji 6 (8-godzinny dzień w hali).

Zwróćmy jeszcze uwagę na barwę światła. Między oświetleniem białym — luminescencyjnym a białym — słonecznym są znaczne różnice w zawartości światła niebieskofioletowego i podczerwonego. Wymieniamy te właśnie zakresy widma, gdyż w precyzyjnie wykonanych doświadczeniach szkoły w Wageningen (Stolwijk 1955, Wassink i Stolwijk 1956) dla większości roślin te właśnie barwy są najbardziej czynne w procesach fotochemicznych związanych czy to z fotoperiodyzmem, czy z innymi czułymi na światło reakcjami roślin. Ciekawe jest, że barwy te, choć położone na dwóch krańcach widma światła białego, w działaniu fizjologicznym są jednoznaczne; przeciwne zaś działanie mają barwy: czerwona, żółta i zielona, zajmujące środkową część widma (Wassink i Stolwijk 1956). Ponieważ światło luminescencyjne jest bogatsze w promienie niebieskofioletowe, a słoneczne w podczerwone, równoczesne zakwitanie kombinacji 1, 2, 3, 4 i 6 oraz odpowiednio 5 i 7 możemy tłumaczyć wspomnianą właśnie równoznacznością fizjologiczną tych właśnie barw. Z faktu zaś, że wielka ilość światła czerwonego, jaką niesie światło słoneczne, nie przechyla szali na korzyść roślin z hali, możemy wnosić (zgodnie ze Stolwikiem 1954 i 1955 i Moszkowem 1950), że ta barwa światła małą odgrywa rolę w omawianych procesach. Razumow (1955) i Kuperman (1956) przeciwnie wielkie znaczenie przypisują promieniom czerwonym. Stolwijk tłumaczy tę niezgodność używaniem przez różnych, m. in. wyżej wymienionych badaczy źródeł światła równie bogatych w promienie czerwone jak podczerwone (słońce i lampy żarowe).

Inaczej się przedstawia sprawa wzrostu. Widzimy, że rośliny w hali w obu doświadczeniach przewyższały dość znacznie odpowiadające sobie rośliny z luminostatów (ryc. 5). Potwierdza się tu wielokrotnie opisywana zależność wzrostu od barwy światła. Przy użyciu światła monochromatycznego o jednakowym dla różnych barw natężeniu Wassink i Stolwijk (1952, 1954, 1956) stwierdzili, że wszystkie rośliny wydłużają się najsilniej w świetle czerwonym, a najsłabiej w fioletowym. W fioletowym

zanotowali oni jeszcze słabszy wzrost niż w białym, co i u nas się pośrednio potwierdziło.

Porównanie całości rozwoju wegetatywnego roślin indukowanych krótszym czy dłuższym dniem wykazuje w obu doświadczeniach znaczną przewagę roślin z dłuższego dnia i jest to całkowicie zgodne z wynikami badań polowych (Rylska i Wisłocka 1956).

Nie trudne do zinterpretowania są dane z tabeli 2 i 4 odnośnie ilości kwiatków na roślinie. To, że małe roślinki kombinacji 1, 2, 3, 4 i 5 (dzień krótki) zawiązały więcej kwiatów niż duże rośliny kombinacji 5 i 7, tłumaczymy znanym pobocznym efektem skracania dnia, jakim jest rozgałęzianie się kwiatostanów i zwiększanie ilości kwiatków (Lang 1952, Harder 1953). Ciekawe jest, że dotyczy to także roślin długiego dnia (Wisłocka 1955, Wisłocka, Krzywacka i Rozegnłowa 1957).

Jeśli zaś chodzi o różnice w ilości kwiatków między różnymi kombinacjami z krótkiego dnia, to zauważamy odwrotne zjawisko — większe rośliny (komb. 5, 1, 3) kwitną obficie niż mniejsze (komb. 2 i 4). Prawdopodobnie czynnikiem ograniczającym kwitnienie w przypadku karłowatych roślin z małą ilością liści jest słaby dopływ do wierzchołka wzrostu substancji pokarmowych.

Znaczne były różnice w budowie kwiatostanów przede wszystkim między roślinami hodowanymi na krótkim i na długim dniu, a także między poszczególnymi roślinami indukowanymi krótkim dniem w hali i luminostacie. Należy to przypisać wielkiemu wpływowi warunków świetlnych na morfogenezę pachnotki, o czym wspomniano w poprzedniej pracy (Rylska i Wisłocka 1956) i co będzie tematem jednej z prac następnych.

Specjalnego omówienia wymagają obserwacje ułożenia liści. Kalmus (1953), Bünsow (1953) i Bünnig (1956) twierdzą, że pozycja liści lub płatków kwiatowych może być wskaźnikiem reakcji fotoperiodycznej rośliny. U pachnotki zanotowano brak różnic między kombinacjami 1, 2, 3 i 4, a znaczne rozbieżności między nimi a kombinacjami 5 i 7, które miały nieodpowiedni długi dzień i wiele później zakwitły. Można stąd wyciągnąć wniosek, że indukcja fotoperiodyczna ma rzeczywiście związek z podwyższeniem stanu energetycznego (nagromadzenie substancji wysokoenergetycznych, wysoki potencjał oksydo-redukcyjny, nasilenie procesów oddychania oraz syntezy białek) w wierzchołku wzrostu pędu (Bünsow 1953). Ze stanem energetycznym bowiem jest, według Turkowej (1957), ściśle związany stopień begunowości (polarności) w pędzie. Ta sama autorka stwierdziła, że jednym ze wskaźników begunowości jest kąt odchylenia liści od pionu łodygi. Nasze obserwacje, co do zależności tem-

pa rozwoju od stopnia begunowości rośliny (wyrażonego położeniem liści), w pełni to potwierdzają. Natomiast nie zaobserwowaliśmy tego, co zanotował Moszkow (1953) dla fasoli, żeby liście opuszczały się jeszcze przed końcem krótkiego dnia.

Obserwowanego silnego zabarwienia antocjanami roślin zaindukowanych nie możemy tłumaczyć wpływem barwy światła w okresie indukcji (choć Słabęcka-Szweykowska 1955 stwierdza w hodowli tkanek winorośli *in vitro*, że światło niebieskofioletkowe sprzyja bardziej niż czerwone syntezie antocjanów), gdyż rośliny kombinacji 5, które przez dłuższe dzienne periody były pod wpływem takiego samego światła, pozostały przez dłuższy czas zielone. Prawdopodobnie w związku z przyspieszonym przejściem do reprodukcji rośliny indukowane krótkim dniem wzmagają syntezę antocjanów, co mogłoby być powiązane z możliwą rolą tych ostatnich w reakcjach fotomorfogenezy (Szweykowska 1957).

Obserwacje te są w rażącej sprzeczności z wynikami Jermołajewej i Szczegłowej (1948, doświadczenia polowe nad *Perilla ocimoides* i *Perilla nankinensis*), które stwierdzały w każdym wypadku przechodzenia ze stanu wegetatywnego do generatywnego zanik antocjanów w liściach. Nawet rośliny długiego dnia pod koniec wegetacji traciły swe fioletowe zabarwienie. Tymczasem w naszych warunkach klimatycznych liście *Perilla ocimoides* — czy to w polu, czy w hali — przy przejściu do reprodukcji wzbogacają się w antocyjany. U roślin indukowanych krótkim dniem antocyjany występują wcześniej (lipiec), u kontrolnych później (koniec sierpnia — wrzesień). Jedynie rośliny przerastające (powtarzające kwitnienie) pozostają nieraz do końca okresu wegetatywnego bez śladu zabarwienia fioletowego.

Miło mi jest złożyć serdeczne podziękowanie prof. drowi Stefanowi Gumińskiemu za cenne uwagi zrobione po przejrzeniu maszynopisu oraz koleżankom: mgr L. Rozegnałowej, mgr M. Wisłockiej i A. Oleksiej za pomoc w wykonaniu doświadczeń.

STRESZCZENIE

1. Z założeń teorii Bünninga wynika, że efekt indukcji fotoperiodycznej powinien zależeć od pory doby, w jakiej dajemy roślinie światło. Aby to sprawdzić, wykonano 3 doświadczenia wazonowe nad wpływem stosowania krótkiego okresu świetlnego w różnych porach doby. Na okres indukcji fotoperiodycznej umieszczano rośliny (*Perilla ocimoides* L.) w specjalnych kamerach z oświetleniem luminescencyjnym białym i z prawie stałą temperaturą i wilgotnością powietrza.

2. Rośliny, które otrzymały przez 10—14 dni 8 godzin światła rano, po południu, wieczorem i po południu nocy, zakwitły prawie rów-

nocześnie. Minimalne różnice w terminie wytworzenia pączków i kwitnienia na korzyść kombinacji dziennej i nocnej leżą w granicach błędu doświadczalnego.

3. Wśród roślin otrzymujących w okresie indukcji jednakową ilość godzin światła, czy to w luminostatach (wyższa i stała temperatura, ustalona wilgotność, przewaga promieni niebieskich w oświetleniu) czy w hali, nie było istotnych różnic w terminie zakwitania, natomiast w rozwoju wegetatywnym zanotowano znaczne różnice na korzyść roślin z hali.

4. Z ułożenia liści (obserwacje o różnych porach doby) można wnosić o skuteczności indukcji daną długością dnia. Rośliny przebywające na dniu zbyt długim wchodziły i wychodziły z okresu świetlnego z opuszczonymi liśćmi, inne opuszczały liście w czasie długiej nocy i podnosiły je już przed rozpoczęciem naświetlania.

5. Łodygi i liście roślin przechodzących do reprodukcji czy to indukowane krótkim dniem, czy też pozostające na dniu długim barwią się intensywnie na kolor fioletowy (synteza antocjanów).

6. Wyniki powyższe przedyskutowano w świetle odnośnej literatury, specjalnie zaś teorii wewnętrznej rytmiki dobowej Bünninga.

Laboratorium Fizjologii Rozwoju Roślin IHAR
w Warszawie

(Wpłynęło dn. 12.3.58 r.)

SUMMARY

1. From the assumptions of Bünnig's theory it results that the effect of photo-periodic induction should depend on the time of the day in which the plant is given light. To check this, three experiments in pots have been carried out on the influence exerted by the use of a short light in various times of the day. For the duration of the photo-periodic induction the plants were placed (*Perilla ocimoides* L.) in special chambers having a special white luminous light and an almost constant temperature and air humidity.

2. The plants that had received 8 hours of light for ten to fourteen days, in the morning, at noon, in the evening, and at midnight, blossomed almost simultaneously. The insignificant differences in forming buds and blossoms, in favour of the day and night combination are within the bounds of experimental error.

3. Among plants receiving at the time of induction, the same number of light hours, either in luminostates (higher and almost constant temperature a definite air humidity, preponderance of blue rays in light) or in a greenhouse there were no significant differences as to the blossoming period, but in the development of their recetative parts considerable differences in favour of the greenhouse plants have been noticed.

4. Judging from the leaves arrangement (observation at various times of the day) conclusions can be reached as to the efficacy of the given

length of day for flowering. The plants being in a too long day entered and left the light period with their leaves down, whereas the others dropped their leaves during the long lasting night and had them raised by the time the enlightenment began.

5. Stalks and leaves of plants designated for reproduction either induced by the short day or left in a long day turn intensive violet (synthesis of anthocyanins).

6. The above results have been discussed in the light of the proper literature, particularly in connection with the Bünning's theory of the internal day rhythm.

LITERATURA

- Bühnemann F., 1954, Photoperiodisch gesteuerte Sporenbildung bei Algen (Oedogonium), I Congr. Intern. Photobiol. (10): 7.
- Bühnemann F., 1955, Das endodiurnale System der Oedogonimuzelle. IV. Die Wirkung verschiedener Spektralbereiche auf die Sporulations- und Mitoserhythmik, *Planta* 46: 227—255.
- Bünning E., 1937, Ber. dtsh. bot. Ges. 54: 590.
- Bünning E., 1954, Der Verlauf der endogenen Tagesrhythmik bei photoperiodischen Störlicht-Versuchen mit Soja, *Physiol. Plantarum* 7 (3): 533—547.
- Bünning E., 1954, Endogene Periodizität und Photoperiodismus bei Soja, I Congr. Intern. Photobiol. (13): 9.
- Bünning E., 1956, Endogenous rhythms in plants, *Ann. Rev. Plant Physiol.* 7: 71—90.
- Bünsow R., 1953, Endogene Tagesrhythmik und Photoperiodismus bei *Kalanchoë Blossfeldiana*, *Planta* 42: 220—252.
- Czajłachjan M. Ch. i Rupczewa I. A., 1948, O znaczeniu prerywania swietowego perioda tiemnotoj w fotoperiodiczeskoj reakcji rastienij. *Dokl. Ak. Nauk SSSR*, 60 (8): 1441—1444.
- Czajłachjan M. Ch., 1956, Fotoperiodizm i osnovnyje fizjologiczeskie processy razwitia rastienij. *Ž. Obszcz. Biol.* 17 (2): 121—141.
- Ehrenberg M., 1954, Einfluss verschiedenenes Licht-Dunkelwechsels auf die Rhythmik der Phosphataseaktivität in den Blättern von *Kalanchoë Blossfeldiana*, *Planta* 43 (6): 528—536.
- Garner W. W. and Allard H. A., 1920, Effect of the relative length of day and night and other factors of the environment on growth and production in plants. *J. Agric. Res.* 18 (11): 553—606.
- Gregory F. G., Spear J. and Thimann K. V., 1954, The interrelation between CO₂ metabolism and photoperiodism in *Kalanchoë*, *Plant. Physiol.* 29 (3): 220—229.
- Harder R., 1953, Über den Einfluss der Tageslänge nach der photoperiodischen Induktion auf die Infloreszenzen von *Kalanchoë Blossfeldiana*, *Planta* 42 (1/2): 19—29.
- Highkin H. R. and Hanson J. B., 1954, Possible interaction between light-dark cycles and endogenous rhythms on the growth of tomato plants, *Plant. Physiol.* 29 (3): 301—302.
- Jermolajewa E. J. i Szczegłowa O. A., 1948, Antocjan i rozwicie rastienij, *Dokl. Ak. Nauk SSSR* 60 (5): 901—903.

- Kalmus H., 1953, Biological rhythms, *Nature*, 172 (4386): 943—944.
- Klesznin A. F., 1954, *Rastienie i świat*, Moskwa.
- Kuperman F. M., 1956, Biologiczne podstawy kultury roślin. III. Morfologiczne i fizjologiczne przydatki do badania roślin pszenicy, Moskwa.
- Lang A., 1952, Physiology of flowering, *Ann. Rev. Plant Physiol.* 3: 265—306.
- Moszkow B., 1952, Fizjologiczna natura fotoperiodycznej reakcji liścia, *Probl. Rozw. Stad. Roślin*: 97—143, Warszawa.
- Moszkow B., 1953, Periodyczne czeregowanie cięta i ciemnoty i rytm dwiżenia listew, *Agrobiol.* (4): 125—129.
- Murneek A. E., 1948, History of research in photoperiodism, *Symp. „Vernalization and Photoperiodism“*: 39—61, New York.
- Razumow W., 1955, Środowisko a właściwości rozwoju roślin, Warszawa.
- Rylska T. i Wiśłocka M., 1956, Badania nad fotoperiodyzmem pachnotki (*Perilla ocimoides* L.). Znaczenie i zastosowania praktyczne, *Acta Agrobotanica* 4: 13—43.
- Samygin G. A., 1948, Znaczenie intensywności światła pri nieblagoprijatnych dla rastienia rudbekii i perilly fotoperiodach, *Dokl. Ak. Nauk SSSR* 60 (8): 1433—1436.
- Słabęcka-Szwejkowska A., 1955, Wpływ długości fali światła na biogenezę barwnika antocyjanowego w tkance winorośli hodowanej in vitro, *Acta Soc. Bot. Pol.* 24 (1): 3—11.
- Spear I. and Thimann K. V., 1954, Interrelation between CO₂ metabolism and photoperiodism in *Kalanchoe*. II. Effect of prolonged darkness and high temperatures, *Plant. Physiol.* 29 (5): 414—417.
- Stolwijk J. A. J., 1954, Ware length dependence of photomorphogenesis in plants, *Meded. Landbouwhog. Wageningen*, 54: 181—244.
- Stolwijk J. A. J. and Zeevaart J. A. D., 1955, Wave length dependence of different light reaction governing flowering in *Hyoscyamus niger*, *Proc. Kon. Ned. Akad. Wet. Ser. C* 58 (3): 386—396.
- Thimann V., Spear I. and Gregory F. G., 1954, The influence of photoperiod on CO₂ metabolism in *Kalanchoe*, VIII Congr. Bot. (11): 325.
- Trubieckowa O. M., 1957, Sutoczna pieriodiczność diejatielności korniewoj sistemy i miechanizm płacza rastienij, *Tiezisy D. Z. W. B. O.* (2): 5—15.
- Turkova N. S., Kłaczko-Gurwicz G. L. i Boruzdina M. A., 1957, Izmiencziwość polarnych swojstw pobiega i jego fizjologiczskoje znaczenie, *Tiezisy D. Z. W. B. O.* (2): 75—77.
- Uebelmesser E. R., 1954, Über den endonomen Tagesrhythmus der Sporangienträgerbildung von *Pilobolus*, *Arch. f. Mikrobiol.* 20 (1): 1—33.
- Vegis A., 1953, The significance of temperature and the daily light-dark-period in the formation of resting buds, *Experientia* 9 (12): 462—463.
- 1955, Über den Einfluss der Temperatur und der täglichen Licht-Dunkel-Periode auf die Bildung der Ruheknospen, zugleich ein Beitrag zur Entstehung des Ruhezustandes, *Symb. Bot. Upsal.* 14 (1): 7—175.
- Wassink E. C. and Stolwijk A. J., 1956, Effects of light quality on plant growth, *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 7: 373—400.
- Wellensiek S. J., 1952, Photoperiodism and temperature in *Perilla*, *Proc. Kon. Ned. Akad. Wet., Ser. C*, 55 (5): 701—707.

- Wisłocka M., 1955, Wpływ krótkich fotoperiodów na wywoływanie gałęzistości kłosa u pszenicy jarej Bajka (*Triticum vulgare*, var. *lutescens*), Acta Agrobotanica 3: 3—12.
- Wisłocka M., Krzywacka T. i Rozegnałowa L., 1957, Wpływ krótkich fotoperiodów zastosowanych w różnych terminach na wywoływanie gałęzistości kłosa u pszenicy jarej Bajka (*Triticum vulgare* var. *lutescens*), Acta Agrobotanica 6: 17—33.
- Wóycicki S. i Grzybowski M., 1938, Wpływ długości dnia na rozwój i kwitnienie „złocieni“ (*Chrysanthemum indicum* L.), Roczn. Nauk Ogrodn. 5: 141—176.
- Żelawski W., 1957, Dalsze badania reakcji fotoperiodycznej siewek modrzewia (*Larix europaea* D. C.), Acta Soc. Bot. Pol. 26 (1): 79—103.