

WIESŁAW NOWAKOWSKI

## OPIS FITOTRONU W GIF-sur-YVETTE (FRANCJA) NA PODSTAWIE OPRACOWANIA BILDERLINGA

Na początku tego stulecia badania biologiczne stanowiły skromny dział nauki, rozwijający się na ogół w pojedynczych, słabo wyposażonych laboratoriach. Jednak wraz z szybkim rozwojem nauk technicznych biologia poczyniła duży postęp, głównie dzięki zastosowaniu nowoczesnej aparatury.

W badaniach biologicznych, szczególnie w fizjologii roślin, fitotron stanowi podstawowe urządzenie do prowadzenia prac doświadczalnych. Nazwa pojęcia fitotronu pojawiła się po raz pierwszy w 1949 r., po uruchomieniu tego typu urządzenia przez prof. F. Wenta w Kalifornii. Fitotron w Kalifornii porównywany był z Cyklotronem Atomowym w Berkeley. Fitotron w Kalifornii powstał dzięki fundacji M. Earhart.

Prof. P. Chouard — w dyskusji nad wykładem prof. A. Langa, wygłoszonym na Kongresie w Canberra w 1962 r. — podał następującą definicję fitotronu „jest to zespół kilkunastu (różnej wielkości) pomieszczeń, w których istnieje możliwość równoczesnej, niezależnej ścisłej kontroli i regulacji czynników środowiska, według dowolnych założeń doświadczalnych“. Szklarnia ani pojedyncza komora klimatyzowana (z regulacją temperatury, światła i wilgoci) nie jest fitotronem, może być tylko elementem składowym fitotronu. Fitotron jest urządzeniem, pozwalającym na różnorodne prowadzenie badań naukowych.

Na świecie jest wiele podobnych urządzeń typu fitotronu, jednakże częstokroć nie są to fitotrony sensu stricto. Fitotron w Pasadena (USA) oraz w Gif-sur-Yvette (Francja) zaliczane są do prawdziwych fitotronów, w których używa się powietrza oczyszczonego oraz stosuje się pełną sterylizację materiału doświadczalnego wraz z ubraniami pracowników zatrudnionych w fitotronie. Wiele innych urządzeń typu fitotronu, jak: w Ostankino (ZSRR), w Canberra (Australia), w Wageningen (Holandia), w Liège (Belgia), w Uppsali (Szwecja), w Prétoria (Afryka Połud.) oraz w niektórych uniwersytetach amerykańskich i japońskich — nie mogą być zwane fitotronami sensu stricto, ze względu na używanie powietrza niefiltrowanego

Charakterystyka urządzenia klimatyzacyjnego

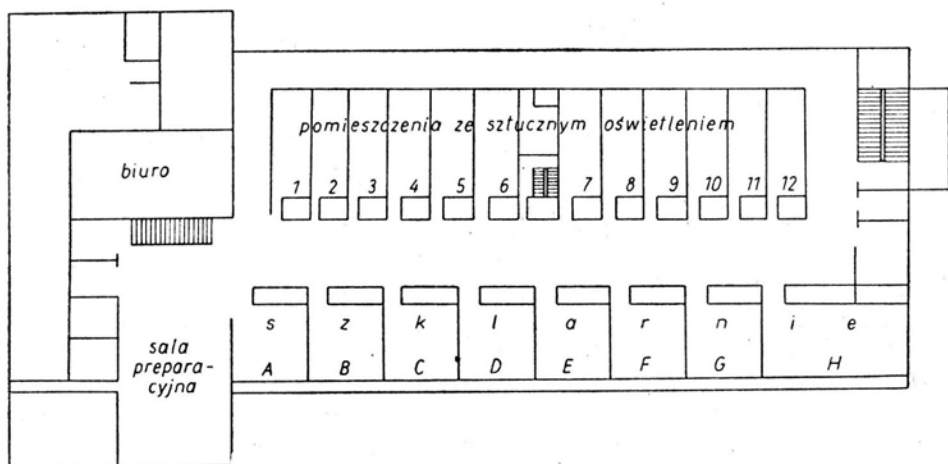
Nr pomieszczenia	Wentylatory		Urządzenia chłodnicze frigrorie/godz.	Urządzenia ciepne kal/godz.	Odparowywacz kal/godz.	Zasilacz pary kal/godz.	Ilość frig./godz. w kathab.	% LiSO <sub>4</sub>	Temp. °C miesz. chłodz.		
	ilość powietrza m <sup>3</sup> /godz.	moc silników kW									
1. Pomieszczenia ze sztucznym oświetleniem											
1	8 500	7,3	—	—	—	—	33 350	15	-20		
2	7 470	7,3	—	—	—	—	29 340	15	-20		
3	7 650	7,3	—	—	—	—	27 470	17	-20		
4	7 700	2,9	29 700	15 800	—	18 400	—	—	-2		
5	7 700	2,9	71 000	55 000	—	18 400	—	—	-2		
6	7 940	2,9	25 000	34 200	18 400	—	—	—	-2		
7	8 140	3,7	41 200	35 500	18 400	—	—	—	-2		
8	8 200	7,3	19 200	P=28 300 C=55 800	—	—	76 200	18 à 27	-2		
9	8 320	3	51 000	36 100	18 400	—	—	—	-2		
10	8 430	3	37 750	41 750	18 400	—	—	—	-2		
11	8 850	7,3	21 900	P=49 000 C=119 500	—	—	71 900	30 à 42	-2		
12	9 020	3,7	73 000	75 000	18 400	—	—	—	-2		
7 bis	1 050×2	1,1	8 000×2	6 200	—	—	—	—	-20		
2. Szklarnie											
A	11 500	4,4	36 000	34 400	33 000	—	—	—	-2		
B	11 700	4,4	50 000	42 000	33 000	33 000	—	—	-2		
C	11 900	4,4	48 600	45 000	33 000	—	—	—	-2		
D	14 000	5,8	65 000	93 000	33 000	—	—	—	-2		
E	12 200	4,4	50 300	50 300	33 000	—	—	—	-2		
F	12 400	4,4	50 300	56 700	33 000	—	—	—	-2		
G	13 600	3,7	96 000	106 800	—	33 000	—	—	-2		
H	12 750	7,3	46 000	P=38 600 C=143 000	—	—	160 000	30 à 40	-2		
3. Przestrzeń między szklanymi ścianami											
wentylatory				A	B	C	D	E	F	G	H
ilość powietrza w m <sup>3</sup> /godz.				3600	4060	3800	5300	4530	4960	7050	3300
moc silników w kW				0,7	1,1	0,7	1,4	1,1	1,1	2,5	1,1
urządzenia ciepne kal/godz.				9400	10600	9900	19800	11900	13000	28600	7900

Uwaga: P = urządzenia ciepne wstępnego ogrzewania

C = urządzenia ciepne uzupełniające

oraz nie stosowanie dezynfekcji materiałów doświadczalnych ani ubrań pracowników.

Fitotron w Gif-sur-Yvette (25 km od Paryża), zbudowany został przez Państwowy Instytut Badań Naukowych (C. N. R. S.). Budowę rozpoczęto w 1954 r., ukończono w 1963 r. Niżej załączone ryciny (1, 2) przedstawiają schematy rozmieszczenia sal i komór w fitotronie. Do głównego laboratorium fitotronu przylega osiem szklarni o wzdłużnej osi w kierunku południowym, po przeciwnej stronie znajduje się dwanaście sal ze sztucznym oświetleniem. Wokół szklarni oraz sal głównego laboratorium przebiegają korytarze i kanały do dopływu i odprowadzania



Ryc. 1. Ogólny plan fitotronu

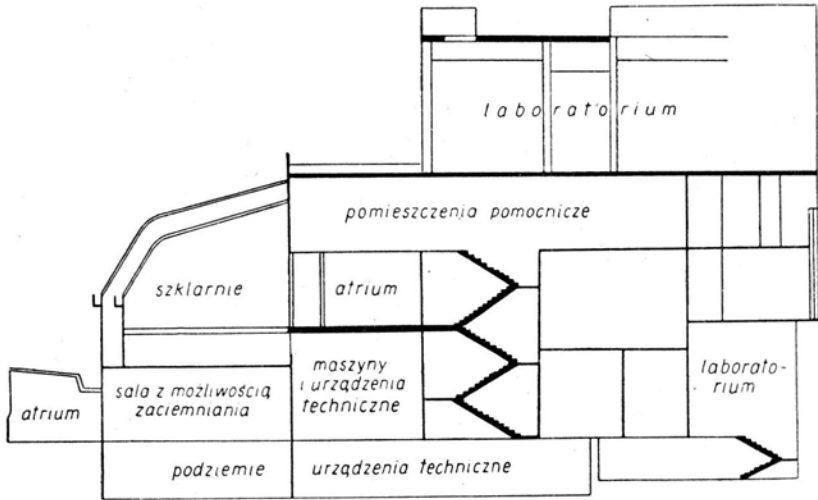
powietrza lub znajdują się tzw. „Atrium“. Poniżej głównego laboratorium znajdują się dwa piętra, w części najniższej są urządzenia techniczne utrzymujące odpowiednią temperaturę (niskie, wysokie), oczyszczalnie powietrza, kanały do wymiany powietrza oraz inne urządzenia pomocnicze. W części zachodniej piętra całkowicie aseptycznego znajdują się sale z niskimi temperaturami z powietrzem świeżym, w części wschodniej — sale o klimacie Sahary i podzwrotnikowym.

Dane charakteryzujące możliwości stosowania czynników klimatycznych w poszczególnych pomieszczeniach przedstawione są w tabelach i rysunkach, które służą równocześnie do kontrolowania warunków doświadczeń. Tabela 1 przedstawia dane charakterystyczne podstawowych instalacji klimatycznych w różnych salach fitotronu. Wszystkie pomieszczenia fitotronu posiadają oddzielne urządzenia zapewniające regulację temperatury oraz wilgotności, wykluczające jakiegokolwiek przestoje w pracy. Fitotron francuski zapewnia warunki klimatyczne, minimum od  $-10^{\circ}\text{C}$  w pomieszczeniach ze sztucznym oświetleniem, w szklarniach od  $+6^{\circ}\text{C}$ ;

maximum od  $+40^{\circ}\text{C}$  do  $+45^{\circ}\text{C}$ . Zatem istnieje możliwość stosowania takich temperatur, jakie występują w warunkach naturalnych w zbiorowiskach roślinnych.

Wszystkie pomieszczenia fitotronu ze sztucznym oświetleniem posiadają wentylację opisaną w tabeli 1. Powietrze z urządzenia klimatyzacyjnego (o określonej temp. i wilgotności) wtłaczane jest w ilości 80 objęt./godz. do sal ze sztucznym oświetleniem oraz w ilości 120 objęt./godz. do szklarni.

W górnej części każdego pomieszczenia fitotronu znajduje się pojemnik o wys. 70—80 cm z podwójnymi ścianami perforowanymi o współ. 0,0197 i śred. otworków



Ryc. 2. Przekrój pionowy fitotronu

10 mm, rozmieszczonych w formie trójkąta. Powietrze doprowadzane do pomieszczenia fitotronu przechodzi przez pojemnik, w którym wyrównuje się szybkość powietrza oraz niweluje nagłe zmiany w prądach powietrza. System ten nie przeszkadza w ewentualnym przestawianiu wózków z roślinami. Szybkość powietrza przy wejściu do pojemnika wynosi 3—4,5 m/sek., na wysokości 20—30 cm od podłogi wynosi już tylko 10—20 cm/sek., przez co nie wyczuwa się żadnych ruchów powietrza wpływających ujemnie na wzrost roślin. W tabeli 2 przedstawiono szybkość powietrza na różnych wysokościach w niektórych pomieszczeniach fitotronu. Z przytoczonych danych wynika, że różnice w szybkości powietrza dla poszczególnych pomieszczeń nie przekraczają 10%, co należy uznać za doskonałe warunki, biorąc pod uwagę wielkość sal  $3\text{ m} \times 8\text{ m}$  z oświetleniem sztucznym i  $6,5\text{ m} \times 5,5\text{ m}$  dla szklarni. Wymiana powietrza następuje przez specjalne otwory umieszczone wysoko w ścianach zachodnich i wschodnich poszczególnych sal. Szybkość powietrza przy wejściu do tych otworów, stała dla danego czasu i temperatury, może wahać się w granicach od 1—4 m/sek. Następnie powietrze pobierane jest przez wentylator

i po przejściu przez urządzenia klimatyzacyjne, w którym uzyskuje się żądane parametry (temp. i wilgotność) przekazywane jest do poszczególnych sal fitotronu. Wszystkie pomieszczenia fitotronu posiadają urządzenia zabezpieczające przed dostaniem się szkodników, grzybów, bakterii.

W celu zapewnienia ściśle określonych warunków temperatury i wilgotności w poszczególnych pomieszczeniach i szklarniach zastosowano system podwójnych ścian, do wnętrza których dostarcza się powietrze suche o temperaturze  $5^{\circ}\text{C}$  wyższej od temperatury pomieszczenia (rys. 3, 4). System ten zapobiega skraplaniu się pary wodnej na ścianach. W szklarniach po zewnętrznych ścianach zastosowano ciągły przepływ cienkiej warstwy wody, która redukuje przenikanie do wewnątrz sal promieni słonecznych (cieplnych) o bardzo długiej fali, większej od 1500 m $\mu$  i równocześnie ochładza pomieszczenie. Ponadto cienka warstwa wody wpływa lepiej na dyfuzyjne rozprzestrzenianie się światła wewnątrz pomieszczenia. Każde urządzenie klimatyzacyjne posiada dwa główne regulatory elektromechaniczne. Regulatory elektromechaniczne uruchamiane są przy pomocy 5 silników włączanych kolejno, z tym, że 2 silniki służą do regulacji niskich temperatur, następne 2 do regulacji ciepła, pozostały 1 silnik służy do wyparowywania lub zasilania w parę wodną danego pomieszczenia. Regulatory elektromechaniczne zaopatrzone są w system przełączników, kontrolujących warunki otoczenia w pomieszczeniach. Przełączniki przenoszą impulsy o różnej częstotliwości, na podstawie których włączają się odpowiednie silniki, zapewniające warunki w pomieszczeniach według planu badań.

W pomieszczeniach ze sztucznym oświetleniem niezależnie od stopnia oświetlenia wahania temperatury nie przekraczają  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$  dla warunków suchych i  $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$  dla warunków wilgotnych. W celu uzyskania kompletnej zmiany warunków temperatury i wilgotności w pomieszczeniu trzeba około 1 godziny czasu.

W szklarni przy stałej pogodzie zewnętrznej wahania temperatury wynoszą  $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$  dla powietrza suchego i  $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$  dla powietrza wilgotnego. W przypadku zmiennej pogody (zwłaszcza wiosną), z częstymi zachmurzeniami i silnym nasłonecznieniem, wahania temperatury w szklarni wynoszą  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  dla powietrza suchego i  $\pm 0,7^{\circ}\text{C}$  dla powietrza wilgotnego. W szklarni w celu uzyskania kompletnej zmiany warunków temp. i wilgot. trzeba również 1 godziny czasu. Tak dużą dokładność warunków termicznych uzyskano dzięki zastosowaniu specjalnych urządzeń elektronicznych typu sond. W celu uzyskania różnych długości dnia lub nocy w szklarniach zainstalowano urządzenia do zaciemniania okien.

#### OSWIETLENIE

Szklarnie posiadają oświetlenie naturalne, pomieszczenia północne wyposażone są w regulowane oświetlenie sztuczne. W fitotronie znajduje się 2688 różnych rodzajów lamp. Pomieszczenia ze sztucznym oświetleniem wyposażone są w lampy-tuby fluorescencyjne, umieszczone w rzędach na suficie w specjalnych kloszach. Jeden klosz o dł. 1,5 m i szer. 1 m posiada 16 lamp fluorescencyjnych 120 wat oraz 43

Szybkość powietrza w m/sek

Nr pomieszczenia	Odległość od sufitu			
	0,50 m	1,00 m	1,50 m	1,90 m
5	0,167± 8,4%	0,136± 8,8%	0,126± 6,3%	0,109±6,4%
6	0,195± 6,7%	0,166± 6,7%	0,113± 5,3%	0,084±4,8%
7	0,217± 7,4%	0,184± 7,7%	0,137± 7,3%	0,098±5,1%
8	0,204± 7,8%	0,201± 7,5%	0,151± 5,3%	0,092±4,4%
9	0,239± 5,9%	0,219± 6,9%	0,162± 5,3%	0,107±3,8%
10	0,234± 6,9%	0,200± 7,0%	0,169± 5,3%	0,118±4,3%
11	0,199± 6,5%	0,185± 5,4%	0,135± 5,2%	0,090±5,6%
12	0,253± 6,7%	0,202± 5,5%	0,140± 6,4%	0,085±4,7%
szklarnie:				
A	0,151± 9,3%	0,176±10,8%	0,105±12,4%	0,141±9,9%
B	0,132±10,6%	0,150± 8,7%	0,138± 8,8%	0,097±7,2%
C	0,128± 8,6%	0,101±10,9%	0,077±14,3%	0,094±8,5%
średnio dla: pomieszczeń ze sztucznym oświetleniem szklarni	0,213 m/sek. 0,137 m/sek.	0,186 m/sek. 0,142 m/sek.	0,131 m/sek. 0,107 m/sek.	0,098 m/sek. 0,111 m/sek.
Nr pomieszczenia	Szybkość powietrza w m/sek przy wejściu do głównych otworów doprowadzających			
	strona zachodnia	strona wschodnia		
5	2,17±3,7%	2,73±4,0%		
6	2,66±3,4%	2,70±4,1%		
7	3,20±2,8%	3,77±4,5%		
8	1,93±3,6%	2,86±3,2%		
9	2,81±3,2%	2,88±3,8%		
10	3,51±3,4%	3,16±3,8%		
11	2,87±4,2%	2,74±3,3%		
12	2,42±3,5%	3,76±3,7%		
szklarnie:				
A	1,01±2%	1,20±0		
B	5,00±0	4,76±1,3%		
C	1,08±1,9%	2,28±2,6%		

Uwaga: pomiarów szybkości powietrza dokonano na aneometry elektrycznym R. Fuess (Berlin)

małych lamp 15 wat, rozmieszczonych rzutowo. Połączenie światła fluorescencyjnego z oświetleniem normalnym (lampy 15 W) stwarza dobre warunki świetlne dla roślin. Światło fluorescencyjne bogate w promienie niebieskie uzupełniane jest światłem z lamp normalnych 15 W bogatym w promienie czerwone. Nad sufitem poszczegól-

nych sal fitotronu znajduje się pomieszczenie (pół piętro) pozwalające na wymianę lamp oraz wykonywanie innych prac związanych z oświetleniem.

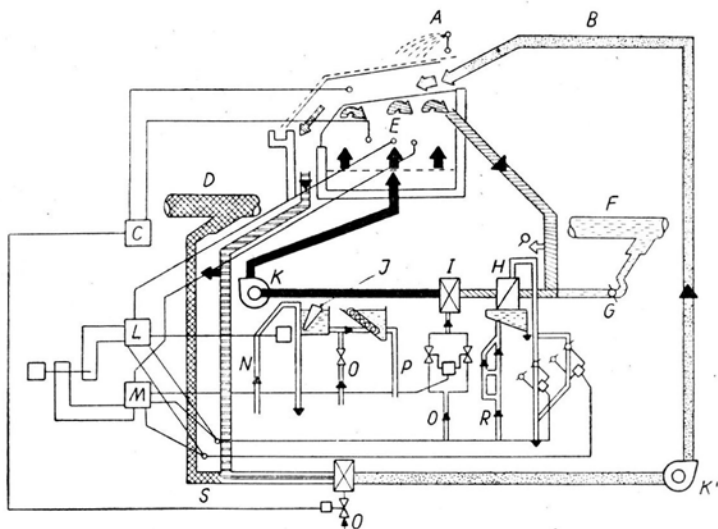
Każda sala fitotronu podzielona jest na 8 przedziałów o wymiarach 1 m × 3 m. Na jeden przedział przypadają dwa klosze — zestawy oświetleniowe. Ostatni przedział w sali jest bez oświetlenia. Zatem, jedna sala fitotronu przy tej samej temperaturze i wilgotności może mieć siedem możliwych kombinacji, co do czasu i ilości światła. W jednej sali fitotronu znajduje się 224 lamp fluoroscencyjnych 120 W i 602 lampy 15 W, co w sumie daje 36 kW na jedną salę. W przypadku pełnego oświetlenia, na wysokości 1,80 m od podłogi wynosi ono 30 000 lux, zaś na wysokości wzrostu roślin, tj. około 1,20 m od podłogi — 20 000 lux. Na ogół, jest to oświetlenie wystarczające dla wszystkich roślin uprawnych. Idealnym byłoby stosowanie lamp z oświetleniem dostosowanym do sezonowych wymagań poszczególnych upraw roślinnych.

Dla uniknięcia ogrzewania się lamp (optimum ok. +25°), zastosowano specjalny system wentylatorów, ochładzających powierzchnię stykową z lampami. Moc wentylatorów wynosi 16,2—5,6—8,8 i 22,1 kW, dostarczając 14 2250 m<sup>3</sup> powietrza na godz. Powietrze pozbawione wilgoci wprowadzane jest do kanałów w sufitach poszczególnych pomieszczeń fitotronu, ochładzając w ten sposób nagrzaną powierzchnię przez lampy oświetleniowe. Kanały nad sufitem posiadają wejścia (z aluminium) dla obsługi. W południowej części fitotronu zwanej „Atrium południowe“ znajduje się centralny system tablic rozdzielczych, regulujący i kontrolujący warunki pracy w poszczególnych pomieszczeniach fitotronu.

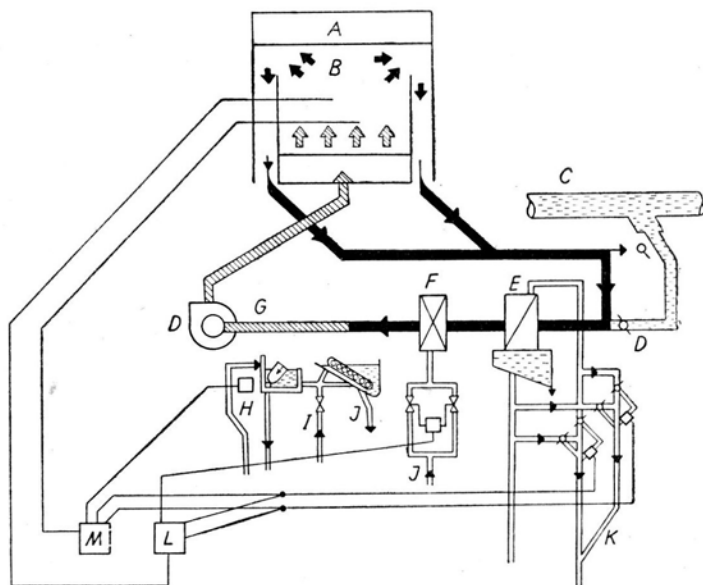
#### ZAOPATRZENIE W POWIETRZE

Wieża doprowadzająca czyste powietrze oraz odprowadzająca powietrze zużyte, znajduje się we wschodniej części fitotronu. W wieży powietrze rozdzielane jest na trzy części, ogółem doprowadzane jest ok. 100 000 m<sup>3</sup> powietrza na godz., które ochładza powierzchnię ok. 270 m<sup>2</sup>. Pierwsza część powietrza, w ilości 27 500 m<sup>3</sup>/godz. włączana przez wentylator o mocy 22,1 kW, służy do ochładzania sufitów podtrzymujących lampy fluorescencyjne. Druga część powietrza, w ilości 36 800 m<sup>3</sup> przemieszczana jest za pomocą dwóch wentylatorów, jeden o mocy 22,1 kW służy do włączania, drugi o mocy 8,8 kW do wydalenia powietrza z fitotronu. Trzecia część powietrza, w ilości 38 000 m<sup>3</sup>/godz. poruszana silnikiem o mocy 33,1 kW, rozdzielana jest na dwie partie, jedna w ilości 34 000 m<sup>3</sup>/godz. w postaci powietrza podgrzanego do +15°C doprowadzana jest do pomieszczeń ze sztucznym oświetleniem oraz do szklarni, druga w ilości 4000 m<sup>3</sup>/godz. w postaci powietrza osuszonego a następnie podgrzanego do +15°C, dostarczana jest do ochładzania lamp klimatyzatorów w ośmiu salach, ponadto do przestrzeni między szklanymi ścianami wszystkich szklarni oraz wszędzie tam, gdzie istnieje ryzyko skraplania się pary wodnej na ochłodzonych ścianach.

Oczyszczanie powietrza odbywa się za pomocą filtracji mechanicznej, poprzez



Rys. 3. Schemat urządzenia klimatyzacyjnego w szklarni; A — woda, B — kanał doprowadzający powietrze do przestrzeni między ścianami szklarni, C — regulacja temperatury w przestrzeni między ścianami szklarni, D — powietrze świeże-osuszone, E — sondy powietrzne, F — powietrze świeże-podgrzane, G — rejestracja powietrza 300 m<sup>3</sup>/godz., H — chłodnia, I — urządzenie ciepłne, J — odparowywacz, K — wentylator, K' — wentylator 4 500 m<sup>3</sup>/godz., L — regulacja temperatury powietrza wilgotnego, M — regulacja temperatury powietrza osuszonego, N — obieg wody 80°C, O — para, P — woda skroplona, R — ciecz chłodząca -2°C, S — rejestracja powietrza 200 m<sup>3</sup>/godz.



Ryc. 4. Schemat urządzenia klimatyzacyjnego w pomieszczeniu bez światła dziennego; A — oświetlenie, B — sondy powietrzne, C — powietrze świeże-podgrzane, D — wentylator 300 m<sup>3</sup>/godz., E — chłodnia, F — urządzenie ciepłne, G — odparowywacz 8 000 kal/godz., H — obieg wody 80°C, I — para, J — woda skroplona, K — obieg cieczy chłodzącej -2°C, L — regulacja temperatury powietrza suchego, M — regulacja temperatury powietrza wilgotnego



zastosowanie następujących filtrów: gęsta siatka, wata szklana, filtr papierowy impregnowany związkami arsenu i filtr olejowy (zatrzymując 100% kurzu i 99,8% dymów). Wkrótce zastosowane będzie filtrowanie powietrza na węglu aktywnym, 1 kg węgla dla 100 m<sup>3</sup> powietrza na godz.

#### ZAOPATRZENIE W WODĘ

Całkowite zaopatrzenie fitotronu w wodę wynosi 10 m<sup>3</sup> na godz., które dostarcza Lyońskie Towarzystwo Wód. Własna wieża ciśnień pozwala na cyrkulację wody, której ogólne zużycie jest 3 razy większe od miejskiego w Gif-sur-Yvette. Cyrkulacja wody podzielona jest na kilka obiegów, z których trzy służą wyłącznie do chłodzenia maszyn, pozostałe m. in. do ochładzania ścian szklarni, do ogrzewania sal fitotronu oraz do wytwarzania wilgoci w pomieszczeniach. Do ciągłego obiegu wody do ochładzania ścian szklarni służy 58 zbiorników na jedną szklarnię. Całkowite zużycie wody z tego obiegu na skutek parowania wynosi ok. 6 m<sup>3</sup>/godz.

Obieg wody cieplej do wytwarzania niezbędnej wilgoci powietrza w salach fitotronu zużywa około 1 m<sup>3</sup> wody/godz. Dla uzyskania dużej wilgotności powietrza w niektórych salach oraz do utrzymania właściwego stężenia siarczanu litu w kathabarach, zużywa się około 2 m<sup>3</sup> wody/godz. Kathabary — to nazwa urządzenia, które służy do osuszania powietrza poprzez zastosowanie soli litu. Regeneracja soli następuje przez podgrzanie jej gorącą wodą. Kathabary produkuje firma Technische Handelmaatschappij gebz. Van Swaay, La Haye, Holandia.

Do każdej sali fitotronu doprowadzono wodę wodociągową do mycia pomieszczeń oraz wodę oczyszczoną na jonitach do podlewania roślin i przygotowywania różnych roztworów. Ogólne zużycie wody na te cele wynosi ok. 10 m<sup>3</sup> na dzień. Ponadto do przygotowywania pożywek mineralnych, dziennie zużywa się ok. 4 m<sup>3</sup> wody, specjalnie oczyszczonej. Woda oczyszczona na jonitach oraz woda specjalna do pożywek jest niezbędnym warunkiem do sprawnego funkcjonowania fitotronu. W większości doświadczeń rośliny hodzi się na wacie szklanej, wermikulicie lub żwirze. Do podlewania roślin używa się tylko wodę oczyszczoną na jonitach. Pożywki mineralne Hoaglanda stosuje się według sposobu, podanego przez M. Nitscha.

#### OGRZEWANIE

Centrala termiczna fitotronu w Gif-sur-Yvette może dostarczyć 15 milionów kalorii/godz. w postaci pary wodnej o temp. 180°C, która doprowadzana jest do fitotronu dwoma głównymi kanałami. Pierwszym kanałem, woda-para o temp. 130°C doprowadzana jest do regeneracji roztworu siarczanu litu w kathabarach, które znajdują się w 3 salach o niskiej temp. oraz w 2 salach o wysokiej temp. Całkowite zużycie ciepła rozprowadzane pierwszym kanałem wynosi 460 000 kal/godz. Drugim kanałem, ciepło w postaci pary o niskim sprężaniu, w ilości

190 000 kal/godz. dostarczane jest do urządzeń klimatyzatorów wytwarzających wysokie temperatury.

Niskie temperatury uzyskuje się poprzez system chłodni wspólny dla całego fitotronu, składający się z trzech grup urządzeń typu absorpcyjnego i dwu grup urządzeń typu sprężarkowego. Maksymalne wytworzenie jednostek wynosi 3 miliony frigorii na godz. Trzy grupy urządzeń typu absorpcyjnego, każda po 650 000 frigorii/godz. pracuje z czynnikiem chłodzącym Freon 11 z dwoma stopniami sprężania i silnikiem o mocy 254 kW. Ten rodzaj urządzeń chłodniczych poprzez obieg mieszaniny etyleno-glikolowej o temp.  $-2^{\circ}\text{C}$  rozprowadza około 1 300 000 frigorii/godz. do poszczególnych klimatyzatorów. Dwie grupy urządzeń typu sprężarkowego, każda po 90 000 frigorii/godz. pracuje z czynnikiem chłodzącym Freon 22 z silnikiem o mocy 48 kW. Ten rodzaj urządzeń chłodniczych poprzez obieg mieszaniny etylenoglikolowej o temp.  $-20^{\circ}\text{C}$  rozprowadza około 150 000 frigorii/godz. do pojemników niskich temperatur, znajdujących się w pomieszczeniach o temp. niższej od  $0^{\circ}\text{C}$ .

#### ENERGIA ELEKTRYCZNA

W celu wyeliminowania przerw w dopływie energii elektrycznej, fitotron posiada dwa kable dopływu prądu. Pierwsze źródło prądu o mocy 2000 kW i drugie o mocy 4000 kW, połączone są systemem automatycznego włączania. Energia elektryczna doprowadzana jest pod napięciem 220 lub 380V. Pierwszy kabel dopływu prądu posiada 3 transformatory o łącznej mocy 1650 kW. 1 i 2 transformator, każdy po 600 kW połączone są równolegle, dostarczając energię głównie do wentylatorów oraz pomp i silników pomocniczych, które zużywają ok. 440 kW. Transformator 3 o mocy 450 kW dostarcza energię elektryczną do oświetlenia. Drugi kabel dopływu prądu posiada 5 transformatorów, w tym jeden 250 kW i cztery po 315 kW, dostarczając energię do poszczególnych chłodni z mieszaniną chłodzącą  $-2^{\circ}\text{C}$  oraz do dwóch lodówek z mieszaniną chłodzącą  $-20^{\circ}\text{C}$ . Dodatkowy transformator o mocy 25 kW dostarcza energię do przełączników kontrolno-regulujących.

#### OBSŁUGA I PERSPEKTYWY ROZBUDOWY FITOTRONU

Fitotron pracujący dniem i nocą wymaga dużej ilości obsługi technicznej. W roku 1956 zespół pracowników technicznych liczył 5 osób, w 1963 r. liczba ich wzrosła do 53, w tym 6 pracowników inżynierskich, 17 rzemieślników oraz 15 ogrodników. Zespół pracowników naukowych w 1956 r. liczył 12 osób, od 1959 r. liczba ich wynosi 35—40. W fitotronie wielu asystentów przygotowuje prace doktorskie.

a) w latach 1955—1959 fitotron obejmował 200 m<sup>2</sup> upraw eksperymentalnych w szklarniach prymitywnych, 100 m<sup>2</sup> upraw ogrodniczych (kolekcja), 17 000 m<sup>2</sup> pól doświadczalnych do rozmnażania materiałów, 260 m<sup>2</sup> doświadczeń z fotoperiodyzmem, jarowaniem i okresem spoczynku. 12 m<sup>2</sup> zajmowały doświadczenia z jarowaniem w niskich temperaturach ( $0^{\circ}\text{C}$ ,  $3^{\circ}\text{C}$  i  $7^{\circ}\text{C}$ ),

b) od 1960 r. fitotron zajmował 330 m<sup>2</sup> upraw pod szkłem w 8 przegrodach (niby szklarnie) z możliwością stosowania różnych temperatur o dokładności  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ , w tym 3 przegrody z możliwością zaciemniania do doświadczeń z fotoperiodyzmem. 340 m<sup>2</sup> doświadczeń w piwnicach o naturalnej wentylacji ze sztucznym oświetleniem z możliwością stosowania światła monochromatycznego. Ponadto fitotron posiadał 5 małych komór sklimatyzowanych o pojemności 1 m<sup>3</sup>,

c) od 1962 r. prawie połowa fitotyonu była gotowa, tj. 4 szklarnie o łącznej powierzchni 140 m<sup>2</sup> oraz 7 pomieszczeń z oświetleniem sztucznym o powierzchni 168 m<sup>2</sup>,

d) w końcu 1963 r. do połowy 1964 r. fitotron zajmował 280 m<sup>2</sup> w szklarni i 288 m<sup>2</sup> w pomieszczeniach ze sztucznym oświetleniem.

W przyszłości zamierza się następującą rozbudowę fitotyonu: 1) budowę drugiego piętra laboratorium, 2) budowę w północnej części fitotyonu pomieszczeń z niskimi temperaturami z oświetleniem naturalnym do badań nad jarowaniem, 3) budowę pomieszczeń z silnym oświetleniem monochromatycznym do badań nad wpływem światła o różnej długości fal na wzrost i rozwój roślin. W tym celu trzeba będzie zainstalować iluminatory o dużej mocy oraz monochromatory, 4) budowę nowego skrzydła fitotyonu z wysokimi salami ze sztucznym oświetleniem dla roślin wysokich, tropikalnych, drzewiastych, 5) budowę szklarni, wyposażonej w przenośne małe kamery, podobne jak w fitotronie australijskim w Canberra, przeznaczone m. in. do badań nad rozmnażaniem roślin w warunkach różnego klimatu, bez uciążliwego przenoszenia roślin, 6) budowę sal podobnych jak w fitotronie w Beni-Abbès o klimacie Sahary, tj. ze stałym silnym oświetleniem słonecznym, trwającym cały rok lub regulowanym w zależności od rodzaju badań.

#### PIERWSZE WYNIKI BADAŃ

Już w początkach budowy fitotyonu rozpoczęto badania nad rozmnażaniem wegetatywnym u *Anagallis arvensis* i *Chrysanthemum indicum*. Przez stosowanie określonych fotoperiodów u tych dwóch rodzajów uzyskano w różnych okresach kwiaty produkcyjne. Prof. Wellensiek odkrył możliwość zastąpienia jarowania, działania niskich temperatur przez zastosowanie krótkiego dnia u *Scabiosa succisa*. Badania w fitotronie w Gif-sur-Yvette przyczyniły się do podkreślenia roli niskich temperatur w procesie jarowania roślin uprawnych. Wiele wstępnych badań dotyczyło wpływu natężenia światła na długość trwania faz rozwoju roślin. Ponadto wyizolowano nowe substancje wzrostowe, niektóre z nich uzyskano w stanie krystalicznym. Zaobserwowano absorpcję przez chlorofil w dwu pasmach widma czerwonego w spektrum jasnym i ciemnym, wpływającym na odwracalne zmiany chlorofilu.

W sposób ogólny należy stwierdzić, że w fitotronie w Gif-sur-Yvette prowadzone, nadal będą prace nad jarowaniem i wpływem niskich temperatur na rośliny uprawne, z równoczesną kontrolą innych czynników zewnętrznych. Badania nad fotoperio-

dyzmem prowadzone będą na ok. 10 gatunkach roślin uprawnych z ustaleniem minimalnego czasu fotoperiodu niezbędnego do wydania kwiatów. Równocześnie zamierza się prowadzić badania nad fotoperiodyzmem oraz wpływem wilgoci i suszy na wzrost i rozwój roślin. W fitotronie prowadzone będą badania nad przystosowaniem pszenicy twardej do warunków klimatu francuskiego. Ponadto zamierza się kontynuować badania nad regulatorami wzrostowymi.

Prof. Chouard na jednym z Kongresów UNESCO przedstawił nową metodę zwaną „fitotroniczną“ wykorzystania fitotronu, w celu zaopatrzenia ludzkości w żywność. Dokładne poznanie czynników środowiska, dzięki badaniom fitotronowym przyczyni się do ogólnego postępu nauki. W obecnej chwili trudno wyobrazić pracę badawczą w laboratoriach genetyki, hodowli roślin, fizjologii roślin, ekologii, fitopatologii itp. bez fitotronu. Budowa fitotronu, wyposażonego w coraz to nowocześniejszą aparaturę jest przedsięwzięciem bardzo kosztownym.

*Zakład Biofizyki Roślin Uprawnych IHAR w Radzikowie*

Panu Prof. dr P. Strebeyko Kierownikowi Zakładu Biofizyki Roślin Uprawnych IHAR w Radzikowie wyrażam podziękowanie za udostępnienie materiałów inż. Bilderlinga oraz za cenną dyskusję w trakcie opracowywania niniejszego artykułu.