ソビエト科学アカデミー 植物生理学研究所の Phytotron¹⁾

花 見 至 晃*

小糸工業株式会社環境調節事業部*

昭和43年4月、筆者はソビエト、ヨーロッパ、東南アジアを訪問する機会をえたので、Phytotron 関係では、Moscow の科学アカデミー所属の植物生理学研究所、およびパリの Phytotron を見学することができた。パリの Phytotron については、本誌において文部省宮山科学官、新潟大相見教授、その他先輩の御紹介もあって、身近なものとして感じていたのであるが、われわれこの関係の技術者として、とくに以前から関心をもっていたのはソビエトの Phytotron の現状であった。

図2 右から、STOROGONOV 副所長、BROVITYNA 技官、および Isakov 主任技師

諸外国の Phytotron の資料で、もっとも不足しているのがソビエトのものであったので、訪問の予約ができたときは特別の期待があった。しかし、時間がかかなり制約されて充分な見学はできなかったが、B. P. STOROGONOV 副所長、V. L. BROVITYNA 技官および機械関係の責任者 N. A. ISAKOV 主任技師らは、筆者を心よく迎えてくれ、研究所の発展段階の説明と案内係をつとめていただいた。その際に入手した資料を中心に、以下 Institute of Plant Physiology, U.S.S.R. の Phytotron を紹介したい。

1. 研究所 Phytotron 建設の経緯

本研究所の本部は、現在 Moscow Leninsky 大通り

¹⁾ Yoshiaki HANAMI*: The Phytotron of the Institute of Plant Physiology, U.S.S.R.

* Enviromental Control Equipment Division. Koito Industries, Ltd. Tokyo.

図1 Phytotron のある建物

33 番地にあつて、Phytotron はまた別のモスコウ市内のややはずれにある Botanicheskaya, U.L 35 に建設されている。この植物生理学研究所は、1890年に創立され、現在十数部門の研究分野にわかれて発展をつづけているが、Phytotron はこれらの分野の主要な研究施設として稼動している。ソビエトでは別名、人工気象ステーションと名づけられている。

1941年ソビエト科学アカデミー会員、N. A. MAKSI-NOV によって設立の必要性が提唱され、建設が開始されたのであるが、第二次大戦によって、その建設は中止され、挫折に至った。

戦後になって、1946年より建設の作業が再開され、N. A. MAKSI-NOV と I. I. TUMANOV の推進によって進められてきたが、TUMANOV 没後(1959年)は、新任理事 A. L. KURSANOV の指揮で継続された。

本格的な建設は1949年に始まり、機械類の設計は、ドイツの Rikhter 社と、それを製作、納入設置する、おなじくドイツの Shijtse & Shijis 社などによって、戦

図3 建物配置

1. メインハウス (ファイトトロン)	6. 網 室
2. 研 究 所 棟	7. 光 周 期 ハウス
3. 補 助 温 室	8. 倉庫付付属建物
4. メカニカル棟ハウス	9. 土壌保存用倉庫
5. ガラス張り育成ハウス	10. 変 電 室

後賠償の形でおこなわれた。しかし、複雑な設計経験と技術がともなわないために、建設終了まで、多くの問題が発生しつづけたと報じている⁽²⁾。

1957年に主体とする研究棟は使用できるようになり、1959年には、その他の建物も完成した。図3は建物の配置である。

以後1962年まで、5カ年間、Phytotronを稼動してわかったことは、空気調和装置類の構造および使用上の欠陥があり、また機械部分の床占有面積が大ききこと、そして、この時期には装置も旧式化したために、1962年根本的な改造をすることになった。そのために、輸入機械は国産化(ソビエト製)とすることとし、1965年、中央部分の機械室が改造され、その他の機械室の改造作業に着手して、現在に至っている。筆者が訪問したときは、

図4 改造後に完成する配置

1. メインハウス(ファイトトロン)	7. 光周期ハウス
2. 研究所棟	8. 育成装置用補助場所
3. 補助ハウス	9. ペンチレーターセンター
4. 温室	10. 変電室
5. ガラス張りハウス	11. 掘抜き井戸
6. 網室	12. 土壌倉庫

それらの作業も、かなり進んでいるようであったし、1970年には完成するとのことであった。完成したときの建物配置は、図4のごとき計画であって、研究棟およびメインハウスの、新旧の面積比は表1のようになるとのことである。

2. Phytotron

Phytotronは地下1階、地上2階の建物、すなわち、メインハウスに設備され、地階は、機械室、低温室、人工光線付キャビネット設置室、暗室、写真、映写室、および土壌殺菌場所などがあり、1階には運転室、人工光線付育成室、低温用キャビネット設置場所、ガラス屋根付き展示ホール(中央ホール)、スペクトル分析室、マスマスペクトロメーター室、その他の研究室がある。2階は、組織培養室、隔離培養用特殊ルーム、自然光線調節温室、研究作業室、および会議室などがある。各階の平面図を図5、図6、図7に示す。

図5 地階平面図

表1 メインハウスおよび研究所棟の面積構成 (m²)

場 所 名 称	メ イン ハ ウ ス		研 究 所 棟		総 面 積	
	改築以前	改築以後	改築以前	改築以後	改築以前	改築以後
環 境 調 節 室	440	510	—	—	440	510
機 械 室	2110	1290	410	400	2520	1690
技 術 部 門	200	445	300	15	500	460
研 究 所	690	730	420	580	1110	1310
特殊用途キャビン	215	400	160	450	375	850
会 議 室, 展 示 室	90	270	—	—	90	270
行政管理, 補助作業部分	155	80	345	265	500	345
倉 庫	170	275	120	190	290	465
図書館, 読書室, 図書保存室	—	—	90	90	90	90

ガスクロマトグラフ、電子顕微鏡室、図書室などは、研究棟にあるとのことであった。

3. 温湿度の調節範囲

Phytotron は、育成 compartment と cabinet で全体の構成がなされ、さらに、つぎのグループに分割されていた。

図 6 1 階平面図

図 7 2 階平面図

図 8 中央ホール

主体を加温においた 19 の人工光線付温暖育成室と、冷却に重点をおいた 14 の寒冷育成室，自然光線+補光育成室が 4 室，低温室を含む，いわゆる温度調節室が 9 室，温湿度調節人工光線付キャビネットが 3 台，培養ルーム 1 室，低温キャビネットが 7 台である。温湿度調節範囲，人工光線の種類を表 2 に示す。

人工光線付キャビネットは、 $1\text{m} \times 1\text{m} \times 1.2\text{mH}$ のものが 3 台であったが、これは小さい植物で研究作業をおこなう際にとくに好都合であることと、運転経費においても廉価のため、ということであった。これらのキャビネットも、高さの変更ができるリフトが付けられており、性能は $10 \sim 40^\circ\text{C}$ ， $50 \sim 90\%$ ，人工光線はクセノンランプ、反射型白熱灯，蛍光灯が取付けられ，クセノンランプと反射型白熱灯のものは，天井ガラスの上に，水スクリーンを経て，ランプを点灯する構造である。制御盤は右側に設置され，温湿度プログラムコントロールが取付

図 9 自然光線育成室栽培状況

図 10 補光用クセノンランプ

表 2 Phytotron の調節範囲その他

種 別	調 節 範 囲		光 線 源 (ランプ形式)	室 数	総 面 積 m ²
	温 度 °C	湿 度 %			
人工光線付育成温暖室	15~40	20~90	螢 光 灯	14	94
			反 射 型 白 熱 灯	2	11
			クセノンランプ	2	11
			ネオンランプ	1	8
人工光線付寒冷育成室	0~30	50~90	螢 光 灯	7	42
			水 銀 ラ ン プ	2	11
			反 射 型 白 熱 灯	1	5
自然光線+補光付育成室					
夏 期	20~45	20~90	自然光+螢光灯	2	48
冬 期	0~20	50~90	" "	2	48
人工光線付育成キャビネット	15~40	50~90	クセノン 白 熱 灯	3	3
			螢 光 灯		
温 度 調 節 室 (低 温 室)	15~40	50~90	—	1	12
	0~15		—	5	120
	-10~+10		—	3	54
	-20~0		—	1	6
低温キャビネット	-30~+100		—	3	3
	-60~+100		—	4	3.5

注：1. 説明文と本表による室数に多少の差があるのは、表に示されないものがあると思われる。

2. この表では自然光線室の補光は螢光灯になっているが、筆者が訪問したときは水銀灯、およびクセノンランプのものもあった。

けられている。また地温調節装置も取付けられる。空気循環は、ガラス下 20cm くらいのスペースで、両面より吹出し、床吸込である。

4. 人工光線について

(1) 光源線の種類

Compartment 上部に取付けられた人工光線の光線源としての管球の種類は、クセノンランプ、水銀灯、反射型白熱球、螢光灯、カラー螢光灯、ネオン灯、ナトリウム

灯が使用されていた。これらはすべてソビエト製品であって、各管球の仕様は表3に示す。

クセノンランプは、6kW、10kW、20kW の3種類で、10kW および 20kW のガラス長は、90cm および 180cm であって空冷式、6kW は管長 25cm で水冷式である。

反射型白熱球は、300W および 500W のものが使用されており、ガラス球の内面に反射面をもったものであるため、通常の電球より効率がよいために選定されたと

図 11 人工光線キャビネット

図 12 人工光線キャビネット内部
ガラス下に小孔の吹出口がみえる。

図 13 電動リフトの状況

表 3 光 線 の 種 類

種 類	ランプパワー W	光 線 色 彩	スペクトル形状		エネルギー erg/cm ² sec × 10 ³	照 度 lux × 10 ³
			放射範囲 mmμ	可 視 中 の 放 射 ピーク		
クセノン ДКСТ*	20000	スペクトルとして太陽光に近い	260~1200	470(スペクトルはほとんど平均)	550	137
クセノン ДКСТ	10000	//	260~1200		270	67
クセノン ДКСТВ	6000	//	330~1200		500	125
反射型白熱線 3H	300, 500	黄色味をおびる	360~2000	700	250	63
蛍光水銀灯 ДРЛ	500, 1000	青-緑光線	334~850	545, 577	90	22
水 銀 灯 ДР	500, 1000	青	330~590	436~460	110	30
ネ オ ン НД-2	475	赤	585~700	640	100	15
ナトリウム ДНА-0-140	140	黄	589~	589	70	30
螢 光 ラ ン プ						
赤 色 光 線 Л-37	30	赤 色	600~680	660~670	40	9
// //	80	//	600~680	660~670	45	10
青 色 光 線 Л-30	30	青	360~580	400, 436	50	12.5
// //	80	//	360~580	400, 436	55	13.7
緑 色 光 線 К-35	30	緑	49~580	530	35	15
// //	80	//	49~580	530	35	15
白 色 光 線 ЛБ-30	30	白	380~700	580~620	45	13
// БС	40	//	380~700	580~620	50	14
// //	80	//	380~700	580~620	55	15.7
// //	125	//	380~700	580~620	120	34
昼 光 色 ДС-30, ЛД-Ц 30	30	//	380~700	436, 540	35	8.8

* 製品記号のため原表のままを記す。

思われる。

水銀灯は、500 W, 750 W, 1000 W のものが使用され、
蛍光体処理をしたものと、しないものがあつた。

蛍光灯は、30, 40, 80, 125 W のものが使用され、白
色と昼光色で、カラー蛍光灯は 30 W で、Pink, Blue,
Grren であつた。

(2) 人工光線の照射と付属するメカニズム

人工光線用の管球の取付け位置は、ほとんど上部より
照射する方式であつたが、このことと関連する重要なこ
とは、人工光線室はみなスイッチで電氣的に操作でき、
光線源から、0.2m~1.4m の範囲で任意の位置に調節
できるリフトが両壁面に装備されていたことである。

改造前は、光源の位置が上下するように装備したが、
たびたびの光源位置の変更による電氣的な接触不良で故
障し、また光源の位置により、室内の温度調節に悪影響
がでたという。

クセノンランプ、反射型白熱灯、水銀灯を取付けた育
成室は、天井部は遮蔽ガラス張りで、クセノン灯使用の
育成室は 20kW が2灯取付けられ、白熱球は 500 W が
36 個取付けられている。水銀灯使用の育成室は 1kW
が 20 灯取付けてある。いずれも 6m² 内外の室面積で
あり、クセノン灯室、白熱灯室の遮蔽ガラスには、10cm
厚の水フィルターが設けてある。蛍光灯を使用した育成
室は遮蔽ガラスはない。

図 14 蛍光灯を点灯したところ

図 15 白熱球の点灯状況

図 16 温暖育成室の方式

1. チンバー	8. 噴霧チャンパー
2. ベンチレーター	9. ポンプ
3. 光源	10. 2段ヒーター
4. ウォータースクリーン (しゃへい用)	11. 送風機
5. 混合チャンパー	12. 冷却水槽
6. フィルター	13. リフト
7. 1段ヒーター	

図 17 寒冷育成室の方式

1. チンバー	8. 噴霧チャンパー
2. ベンチレーター	9. ポンプ
3. 光源	10. 2段ヒーター
4. ウォータースクリーン (しゃへい用)	11. 送風機
5. 混合チャンパー	12. 冷凍機
6. フィルター	13. リフト stand
7. 1段ヒーター	14. 冷却コイル

5. 空気調節の方式

Pytotron 用機械室に設置 (地階) された空調機械と、それぞれの育成 Compartment を設定条件に調節するための空気調節の方式は、大別して、Air-Washer による露点制御方式と、Fan-Coil Unit による直膨式であった。また、Compartment への空気循環のための吹出口は、遮蔽用天井ガラスの下 (蛍光灯の場合は管球の下部) の両側で、吸込口は床にある室が多かった。図 16 は人工光線付温暖育成室で、図 17 は同じく寒冷育成室用の方式である。

自然光線室と、湿度調節をしない室、および低温室などは、Fan-Coil Unit を室内に設置したいわゆる吊下げ直膨コイル式であった。

人工光線付寒冷育成室の空調機では、露点が 3°C 以下になると、冷却コイルの水結が始まるので、プログラムタイマーによって、氷解装置が作動するようになっている。この作動間隔は、1 昼夜に 1 回で、15~20 分、それによる短時間の温度上昇は $2\sim 3^{\circ}\text{C}$ という。

低温用キャビネットは -30°C までは、冷凍機 1 段圧縮、それ以下の温度では 2 段圧縮であって、冷媒は、F-12, F-22 であった。冷却水は、Cooling Tower ではなく地下水を利用している。地下水の温度は平均 8°C ぐらいのことである。

図 18 自然光線室の空調機
手前にクセノンランプがみえる。

図 19 地階にある空調機

図 20 空調機用操作盤

6. 所見とむすび

報告が断片的になったが、見学して感じた印象をまとめてみたい。

Phytotron 設置の目的が、ソビエトの気象環境の再現と、植物生理学研究にあるためか、50 以上におよぶ環境調節をした Compartment および Cabinet のうち、自然光線室は 4 室（他に研究棟にも温度調節されていない多くのガラス室がある）のみで、その他は人工光線、および暗室として設計されていた。

調節を対象とする Compartment の総面積と、機械室の総面積の比は、機械室に約 3 倍強の面積が配慮されていた。

改造前の状態は、一部分の残がいを見ることしかできなかったが、現在稼動中および改造進行中のものはすべて、1 室 1 機械のユニット式であって、機械室の天井高が充分あるためと、ダクトの引きまわしの方法が特殊であるため、空調機は縦型で設計され、その一部の装置は、性能をとくに重視する場合、現在われわれが Phytotron に採用している、直膨コイルを組込んだ Air-Washer による露点制御方式であった。

すべての人工光線室、およびキャビネットに、光源よりの距離を任意に選定するために、電動機による移動リフトが取り付けられていたこと。

装置の大半は、研究所内のマシンショップで製作されたものが多く、堅牢であり（きれいな仕上がりとはいえないが）、性能本位で考案されたという感が強かった。

人工光線用管球の種類については、とくに珍しいものはないようであった。

諸外国においても、わが国においてもそうであるが、育成室の要求するスペクトル分布をできるだけ忠実に照射するために、異種の管球を組合せる例が多い。資料¹⁾によると白熱灯と蛍光灯の組合せによって 40,000 lux をえられたと報告されているが、このたびは、光源を種類別に系列化した考え方が設計上に反映したのか、その他の理由によるのか、また筆者が見落とししたのか、そのようなランプの構成が見られなかった。

表 3 のエネルギー、および照度の値は、測定条件も記されていないので推測となるが、かなり光線源に接近して計測した値と思われる。筆者が中央ホールの掛図で説明を受けた値とは、かなりの相違があるように思う。

たしかに模様の大きい Phytotron であったが、管理は充分にゆきとどいていた。とくに、型式は古いと思われる機械であっても充分にその要をなして稼動していた。このことは、管理技術者の不足している日本の現状を考えると、うらやましいことであった。

短時間の訪問であったので、総てを把握することはできなかったために、紹介に誤りがなかったかと心配であるが、結論として感じとったことは、戦後、日の浅いわが国の Phytotron の現状を考察して通観するとき、リフト設備など学ぶべきこともあるが、一般にはそんな色もないといえるであろう。

おわりに資料を提供された、ソ連科学アカデミー植物生理学研究所副所長 B. P. STOROGONOV 博士に深謝します。また、出発に際し助言をいただいた文部省宮山科学官、小糸工業株式会社、加藤社長、露文の和訳に協力いただいた岡本熙、藤田成美のかたがたに感謝します。

文 献

- (1) ТУМАНОВ, И. И., 1959 Советский фитотрон. Природа p. 112~117.
- (2) ФАМИНЦЫНА, А. С., 1967 История и современное состояние физиологии растений в Академии Начк. p. 186~213.