プラスチック製の温室について¹⁾

片 山 忠 夫*

国立遺伝学研究所生理遺伝部*

初期の温室は単に冬暖房を与えて生物の生命を維持するのが目的であったが、しだいに恒温恒湿を目標にしたいわゆる Phytotron なるものが考え出され、日本でも 1952 年に国立遺伝学研究所で“調節温室”が作られて以来、各地で建設されている。しかし、とにかく作り、それから研究目的を設備に合せて計画したり、必要以上に厳密に環境を調節したり、本来の姿で活用されていない例が多々ある。従来の温室に比べて桁はずれに多額の資金を準備する必要が生じてくる。そこで、従来の温室、いわば Macro-greenhouse と Phytotron と呼ばれる Micro-greenhouse の 2 種類を考えて、研究目的に沿って設置するべきだという意見が出てくる。前者にしてもまだまだ経費を安くする工夫が必要であり、また洋の東西を問わず研究されている。ここではこの観点からもういぶん参考になると思われる、R. R. MYHILL & R. A. NILAN が J. Sci. Technol. 10: 1—7 に発表した Air Supported Plastic Greenhouse の内容を紹介する。

経 過

ワシントン州立大学農学部で遺伝学者たちはアメリカ原子力局と公衆衛生局からの研究費補助を受けて、長年、放射線突然変異や化学物質誘発突然変異を研究している。研究材料としては主として大麦を使い、X線、 γ 線のほかに多くの化学物質を突然変異の誘発に使った。照射または化学物質処理次代には、突然変異の誘発が成功した場合は種々の程度の葉緑素欠乏が見られる。それに関して、GUSTAFSSON (1940) は葉緑素欠乏突然変異には種々の段階があり、それらを分類する方法を提唱したが、その判定は発芽後 10 日ないし 14 日目に下されると報告している。ここでも同時期まで温室内で育てることを目標とした。しかしこの種の研究を拡大して広範囲にわたって実行するためには、大麦の幼苗がまったく均一に生育できて、しかもあまり経費がかからないような温室がどうしても必要である。あいにく従来の温室同様のものを増設するには資金が充分ではなかったの

この要求は真剣に検討された。

ワシントン州立大学農業機械研究室では、ワシントン農業電化委員会とワシントン水力会社の協力によって 1959 年以来、プラスチック製の空気を充分制御できる温室の建設にとりかかった。その結果、現在までに 4 種類の温室ができ上がった。その第一は、幅 5.4m、長さ 9.9m の広さのもので純粋に実験の目的で作られたものである。第二は Spokane に作られたものでかなり大型化した計画になった。第三は幅 4.2m、長さ 6.9m のもので大学構内に作られたが、これは炭酸ガスの研究が目的の温室であった。最後の温室は幅 6m、長さ 28.8m のものであり Puyallup に作られた。

場 所

ワシントン州立大学農学部では上記 4 種類のうち図 1 で示すように最後のタイプのものを採用した。1962 年 10 月から 3 カ月にわたって農業機械研究室の Mr. W. E. MATSON の協力をえてそのタイプにいくぶん手を加えて設計した。この温室はもちろん前述の目的どおり、突然変異の誘発処理を行なった後の植物体の生育のために使われている。温室を設置した場所は 100m の長さに対して 1m の落差があるような、きわめて緩やかな勾配をもつ所であるが、その点は考慮せず整地しなかった。

スチーム設備、電気工事、給水排水設備を終った後、温室の長軸方向（東西）と平行に一度使用した挽材を使って 3 列のベンチを設置した（図 2 と図 3 参照）。一度

図 1 プラスチック温室の外観 (MYHILL et al., 1964)
東西に長く、2つの窓が見える。

¹⁾ Tadao C. KATAYAMA: On the Air Supported Plastic Greenhouse. (A Review)

* Department of Physiological Genetics, National Institute of Genetics, Misima.

図 2 プラスチック温室の平面図
(MYHILL et al., 1964)
数字はフィート。

図 3 プラスチック温室の断面図
(MYHILL et al., 1964)

図 4 南側および北側ベンチの鳥瞰図
(MYHILL et al., 1964)

使用した挽材を使った理由は、新品を買うと非常に費用がかかるが、この挽材は元来良質のものであったし、連続して遭遇する湿気や高温に抵抗してほとんど反らないからである。

ベンチ

図 4 に示すように、両側、すなわち北側と南側に設置されたベンチは幅 75 cm、長さ 1.5 m、深さ 15 cm の箱に 4 本足を付けた形となり 90 cm の高さとなる。このベンチを長軸方向に連続して並べ、18 台入るので全長 27 m の長いベンチ群ができ上る。中央のベンチは幅が 1.5 m であり、他は南北のベンチとまったく同じ構成である。3 つのベンチはそれぞれ 75 cm の通路を挿む。そこには 3 m で区切られ敷板を置いてある。南北のベンチは図 3 で示されているとおり床面で壁から 60 cm 離れている。各箱の底の方には 2.3 cm 直径の錆止めされたアルミニウム製の蒸気用のパイプを、南北のベンチではそれぞれ 2 本ずつ、中央ベンチでは 4 本配管されている。このパイプには 15 cm 置きに南北両側に交互に 2 mm 直径の穴があけてある。この穴はしたがって箱の側面に向い合った形で配置されていることになる。それぞれのパイプはゴムの止め具を使ってしっかり繋がれている。

箱に詰める砂

ベンチの箱は 15 cm の深さがあるが、これに 12.5 cm だけ細砂と粗砂を 1:1 の割合にして詰めてある。この割合が一番大麦の初期生育に都合がよいのは、おそらく細砂（直径 0.1~0.25 mm）は洗っても比較的根圏から離れないし、一方、水分が過多となり排水せねば都合が悪くても、粗砂（直径 0.5~1 mm）は比較的根圏から離れて乾燥しやすい性質をもつからであろう。

暖房方式

南北のベンチのそれぞれの外側に 10 本を一束にした 55 cm の蒸気によるラジエーターを取付けた。最初は 55 cm のもの 1 系統だけだったが、厳寒に対しては不十分なので 2 系統に切替えた。さらに補助的なラジエーターを前室に設け、換気扇を通じて温室内に入る空気をあらかじめ熱するのに使う。温室の東側に付設してあるこの前室のハンドバルブは一寸した補正ができるようになっており、ソレノイドバルブによって厳密な補正ができるような方式を採用してある。しかしソレノイドバルブ 1 個では不安なので、より適正な環境調節を目指すために第 2 のバルブを挿入できるような余地がある。

パネル

パネルの東西両側は農業機械研究室の手助けを受けて木材を使用することにした。プラスチックを使ったが、2 層になるよう工夫してある。第一層は 6 ミリの厚さ、9.6 m の幅、30 m の長さのものである。付設はまず南北いずれか一方を木片で固定して、その後全部にわたっ

図 5 パネルの固定方法 (MYHILL et al., 1964)

て長軸方向を同時に覆う。プラスチック材は、所々で不均一に張られる恐れがあるので、幅 10cm、厚さ 5cm の枕木を使って人手を 2 群に分ち、温室内外から地際で同時に固定しなければならない。この枕木は図 5 に示されるように、あらかじめ平たくなるように手入れをしておき、30cm 置きにある一定の角度をもって穴をあけて 60cm の深さまで突きささるような補強棒を挿入して安全に使えるように作しておく。

この作業中、作業員はパネルの他の一端が地面に到達するまでに、プラスチックが皺だらけになったり折り目ができたりする危険に悩まされ続けた。プラスチックはこのようにしてちょうど天井の中央がうまくいっているか否かを確認しながら張られる。固定にまだ不安が残るので上述の枕木の上に砂袋を乗せる。さらに念のために第二の枕木を第一の枕木の上に打ちつけて確保する。したがって枕木は 30cm の長さ当り約 7kg に相当する重力をかけられていることになる。このためには、廃棄された鉄道線路を 2.4m ぐらいに切ったものや、あるいは砂礫を詰めた鉄管などを使用すると便利である。

通 気 系

室内の空気の流れを制御するためには、厳重に作られた通気窓と調節装置付きの一つの他の窓が働く。この窓はファンの取付けてある側と反対側の壁に取付けられている。ファンは長さ 37.5cm の羽根をもち、スピードは一段式で 1/2 馬力の力をもち、少々気圧の差ぐらいなら容易に均一にする能力を有する。図 6 で示されているように、温室内に導入される空気はほとんど曲って入

図 6 プラスチック第二層の設置方法 (MYHILL et al., 1964)

るので、外の冷い空気でベンチ上の植物が直接影響されることは少ない。パネルに取付けてある窓が人為的あるいは自動的に閉鎖されると、図 2 内の点線で示された部分や図 3 の断面図でみられるような、中央のベンチの下を東西に走っている通気用ダクトを通して前室に戻り、ふたたび回転するようになっている。このような空気の再回転は温度が非常に下る恐れのある冬季にはどうしても必要なことである。

導入された空気は前室に設置してある蒸気装置によってある程度あらかじめ暖められるので、温室内に導入された後に温室内にすでにある空気と混合しても何ら支障は

表 1 Pullman における 1963 年 3 月の
外気温とそのときの温室内の温度
(MYHILL et al., 1964)

Date	Int. Air Temp. (H)	Int. Air Temp. (L)	Ext. Air Temp. (H)	Ext. Air Temp. (L)
1	31	25	5.0	-0.6
2	39	24	5.0	-1.1
3	38	26	4.5	-6.1
4	30	21	5.6	-5.6
5	38	23	5.0	-1.6
6	30	22	8.9	-1.1
7	31	20	8.3	-3.9
8	30	20	11.7	-2.2
9	29	19	11.7	-1.7
10	38	22	8.3	-0.6
11	29	22	7.8	-0.6
12	32	18	7.2	-2.2
13	31	21	8.9	-2.2
14	30	20	6.7	1.1
15	28	23	3.3	-2.2
16	28	20	5.6	-2.8
17	29	24	9.4	-2.8
18	33	23	7.8	-1.1
19	32	23	6.7	1.1
20	32	21	16.1	2.2
21	32	19	18.3	6.8
22	33	20	16.7	2.8
23	30	19	12.8	3.9
24	39	20	10.0	0.0
25	32	21	17.8	1.1
26	30	15*	16.7	-1.7
27	27	22	10.0	3.3
28	33	22	12.2	3.3
29	35	25	10.0	1.1
30	32	19	11.1	-1.6
31	30	25	7.2	2.2

Int.: 温室内, Ext.: 温室外, H: 最高温度, L: 最低温度.

* 加熱を行なわなかった日.

無い。すべての窓はその外側がプラスチックの2層で覆うことができる。窓を覆っているスライディングする排気装置は内側で開閉できる。第二層を閉じる前に取入口とか折返しの通気ダクトなど数個所で Thermo-hydrograph によって温度の変異などが記録される。その結果の一例を表1に示す。日によって 7~8°C ほどの変異がみられるが、かなりこの方式でうまく調節できているといえることができる。

放熱防止対策

温室からの熱の逃亡を防ぐために図6に示すように、すでに作られたプラスチック第一層の上にさらにプラスチックの第二層を作る。第一層と第二層のすき間は、ちょうど天井の位置で5cm程度、地際ではわずか1.5mmぐらいである。この2層の間隔は、前室と反対側に設置された1/40馬力のモーターによる送風の助けにより充分保持される。この風圧はしかもきわめて小さい程度である。この第二層を設置することにより、第一層だけだった場合に逃げていた熱量の約25%が防げる計算となる。

さらに温室の床やパネルの端などの隙間からの熱逃亡を防ぐために、図5に示すように地際にプラスチック層とその周囲に土を約30cmほど積上げる。この方法により、温室内部の温度は外気温が-25°Cのときでも、+25°C±5°Cに維持することができる。

冷 却

春になり暖かい日が続くと、以上述べた道具立て以外に何らかの温度調節装置を考えなければならない。前述のファンと同じ形式の第二のファンを第一のファンの下に取付けてみると、これの助けで従来よりも早く調節できて急激な温度の上昇を防ぐことができる。さらに前室の空気取入れ窓に水分蒸散を利用したクーラーを取付けることによって、温室に入る空気はあらかじめ冷却されるようにする。この窓は外気温が22°Cを越えるとサーモスタットによって作動するようにしておく。一方、内窓は温室内部の気温が21°Cを越えると開くように同じくサーモスタットにより調節できるようになっている。

測 定 値

ベンチ上の砂中の温度は温度計により数週間にわたって測定された。表2に示すごとく日平均温度は約19°Cで夜の平均温度は約13°Cである。ここで示された最低温度は、毎日夕方の日没前にベンチに灌水し

た影響が含まれている。その証拠に夜間になって最低温度よりも約3°C上昇している。温室は東西に長く建てられているので、温度は西側よりも東側が、また北側よりも南側がそれぞれ高くなっており、その一面は表2でうかがうことができる。

消 毒

種子を播種する前に蒸気でベンチの中の土壌はすべて消毒される。ベンチは一様に4mmの厚さの厚手プラスチック製膜で覆ったのち、蒸気を通す。蒸気が完全に土

図7 温室の内部 (MYHILL et al., 1964)

3列のベンチと通路の敷板を示している。

表2 1963年3月におけるベンチ内の温度 (MYHILL et al., 1964)

Date	Bench 1			Bench 2			Bench 3		
	High	Low	Ave.	High	Low	Ave.	High	Low	Ave.
7	22	12	17	22	13	17.5	22	15	18.5
8	22	13.5	12.8	24	12	18	23	13	18
9	24	11	17.5	22	11	16.5	23	12	17.5
10	20	15	17.5	19	15	17	20	14	17
11	20	11	15.5	22	12	17	23	13	18
12	20	10	15	20	11	15.5	21	13	17
13	18	10	14	22	11	15.5	24	12	18
14	20	11	15.5	17	12	14.5	18	14	16
15	17	11	14	19	12	15.5	20	14	17
16	18	10	14	18	12	15	19	12	15.5
17	16	11	13.5	24	12	18	25	13	19
18	23	12	17.5	20	13	16.5	22	15	18.5
19	18	14	16	22	15	18.5	22	17	19.5
20	20	13	16.5	23	13	18	27	14	20.5
21	22	14	18	25	15	20	30	18	24
22	24	15	19.5	24	15	19.5	28	11	19.5
23	22	10	16	24	11	17	27	13	20
24	22	12	17	21	12	16.5	21	13	17
25	18	16	17	21	12	16.5	27	14	20.5
26	23	14	18.5	20	13	16.5	21	19	20
27	18	16	17	24	16	20	27	19	23
28	22	14	18						
Average	20.5	12.5	16.2	22.0	13.0	17.3	23.3	14.2	18.8

Bench 1: 北側, Bench 2: 中央, Bench 3: 南側のベンチ。

壤中を浸透するには4時間以上かかる。土壤消毒中の蒸気の温度は120°Cから140°Cの間になるよう調節されている。実験中使用する予定の棒やラベル類もプラスチックの膜の下に入れて、同時に消毒されるようにしておく。消毒終了後の熱が完全に土壤から抜けた後にラベルを立てて、大麦を穂のまま脱粒させずに播種する。

建設費

全設備費用は\$4,646(約170万円)であり、その内訳は設備材料費\$2,300(約83万円)と労賃\$2,346(約87万円)であった。

現況と反省

温室内の植物の生長は、適当に温度や湿度を調節され大麦にとっては充分な光線がえられるお蔭できわめて均一である。しかし南北両側のベンチの一部は、連続して取入口から空気が流れ込み直接当たるので、どうしてもよく乾燥する場所がある。しかしそこでは、注意深く灌水

することによって、植えてある植物を他の場所の植物と同じように遜色なく生育させることができる。

素材はプラスチック製であるが充分期待にこたえて烈風や積雪に耐えているといわなければならないだろう。二度危険に曝されたことがある。一度は緻密な雪がたっぷり積り、おまけに氷が外層にくっついたために、有難くない強力な圧力が温室内におよぼされたときであり、もう一度も似たような現象で、耐久力の不足を感じさせた。しかし、いずれの場合も48時間内のでき事であった。ちょうど葉緑素突然変異の判定の時期であったが、たいして損失にはならなかった。しかしこのような危機は、温室内に2~3本のアーチを挿入して補強することで充分防止できる見通しである。そのためには60cm×10cmぐらゐの固いコンクリート材の基礎を南側と北側の基部に付設した上に、厚さ5cm、幅10cmの角材を使ってアーチとするだけで充分に耐えるだろう。

新刊雑誌

化学と生物

Vol. 5, No. 8 (1967年8月発行)

編集/日本農芸化学会
月刊, B5判 64頁, 190円

《主要目次》

- 〈解説〉 ペプチドの化学合成・泉屋信夫/細胞性粘菌の発生における諸問題・藪野恭三、竹内郁夫/食品の組織化学・市川収/高血圧の生化学的要因・山村雄一
- 〈講座〉 酵素反応速度論(Ⅳ)・広海啓太郎/微生物のスクリーニング法(Ⅲ)・相田 浩
- 〈研究の進歩〉 大麦の発芽・四方治五郎/海産動物の循環濾過式飼育法/平山和次
- 〈今日の話題〉 代謝研究への新応用テーマ二題・佐橋佳一/酵母細胞に対する植物ホルモンの作用・柳島直彦/ α -glucosidaseの多様性・千葉誠哉/遊離 Higher-Garbon 糖質・水野 卓
- 〈化学の窓〉 ジベレリンのマススペクトル・室伏 旭
- 〈生物コーナー〉 ヘモグロビンの電気泳動像よりみたサケ・マス類の分類・橋本周久
- 宇宙生化学と地球生化学・飯塚 廣
- 〈用語解説〉〈学界の動き〉〈海外だより〉

植物の化学調節

Vol. 2, No. 2 (1967年10月発行)

編集/植物化学調節研究会
B5判 80頁, 500円

《主要目次》

- 〈総説〉 光合成の生化学的研究・宮地重達/ジベレリン生産の遺伝的支配・勝見允行/イネ種子の休眠と発芽・高橋成人/果樹の薬剤摘果・町田裕/わい化剤に関する最近の研究概観・太田敏郎
- 〈研究ノート〉 カキの脱渋および貯蔵に関する研究・北川博敏/草木植物の休眠芽の比較生理・岡上伸雄/クワの側芽の発芽におよぼすTIBA散布の影響・大山勝夫・間 和夫
- 〈技術ノート〉 植物生長物質の検索とRaphanus test法・竹松哲夫
- 〈談話室〉 植物の化学調節と私・大政正隆
- 〈資料〉〈抄録〉〈解説〉

東京都文京区本郷 東大構内 発売 東京大学出版会 振替 東京 59964 電記 811-8814