

夏期における大型ブドウ温室の 微気象観測例

木村和義・高須謙一

近年種々の農作物の栽培は、自然の恣意性、季節性からある程度脱却し、人為的に制御された環境において行なわれる傾向が顕著である。これに伴い多種の環境要素の制御や制御施設の大型化、装置化が進められるようになった。岡山大学付属農場においても、マスクットブドウの大型温室を中心とした果樹園装置化システム農場が建設されている。このような大型装置化された温室内環境の実態及び温室にとりつけられた換気扇の効果については、農業気象学や農業工学的な面から観測が行なわれ、理論的考察がなされている(1, 2, 3, 4, 5)。

本報告においては、ブドウ樹の最も生育の盛んな夏期において、大型温室内の温度分布の把握と温度管理のための資料を得るため、枝葉のある部分(棚面)での温度、湿度を中心に地温の観測例も含めて報告し検討を加えた。又当該温室は天窗下に有圧換気扇およびラインフロー型換気扇がそれぞれ16個ずつ設置されているが、これら換気扇作動時の棚面気温、湿度について測定を行ない、換気扇作動による降温効果についても検討した。

本研究は文部省総合研究「大型温室における環境とその調節に関する研究」の一環として行なわれたものである。本観測を行なうに当たり、種々の有益な御助言、御援助を賜った岡山大学農学部島村和夫教授、逸見浩昭氏、中野幹夫氏及び付属農場職員各位に厚くお礼申し上げる。また観測および資料の整理に尽力された則武越夫、木元栄子、平井尚子の各氏に深謝する。

観測方法

本報告において観測の対象とされた大型装置化温室は岡山市津島岡山大学農学部付属農場内にあり、温室の形態は第1図の如く、面積 492 m^2 ($20.5\text{ m} \times 24\text{ m}$)、南北棟で屋根勾配4/10、中央高6 m、腰部高2.5 m、天窗幅1.2 m (開口部面積 57.6 m^2)、横窓の幅2.2 m、2段開(開口部面積 105.6 m^2)でブドウ棚の高さは1.9 mの水平であった。強制換気装置として有圧換気扇及びラインフロー型換気扇を併用し、天窗下に設置され、換気回数110回/hrになるように設計してある。

ブドウ樹(マスクット・オブ・アレキサンドリア)は1972年に定植されたもので、観測を行なったときの棚面繁茂率は1973年約15%、1974年約50%、1976年ほぼ100%であった。これら各年の夏期の微気象の実態を知るため、1973年8月、大型温室と野外ブドウ畑($100\text{ m} \times 100\text{ m}$)について気温、地温の比較を行ない、1974年と1976年の8月においては、ブドウ樹棚面付近を中心に36個の熱電対を設置し、温湿度、地温を自記記録

した。更に昼間1時間おきに20分ずつ換気扇を作動させ、強制換気による気温、湿度の変化について観測を行なった。又外気温と比較するため、温室外南側の4mのところの高さ150cmの気温を測定した。これら観測結果のうち比較的天気の良い日を選び報告する。報告された観測日の風向は南西又は西風で、風速も0~2mであった。又観測期間中の温室の南北のドア（4m幅）、東西の側窓、天窗は昼夜とも開かれていた。

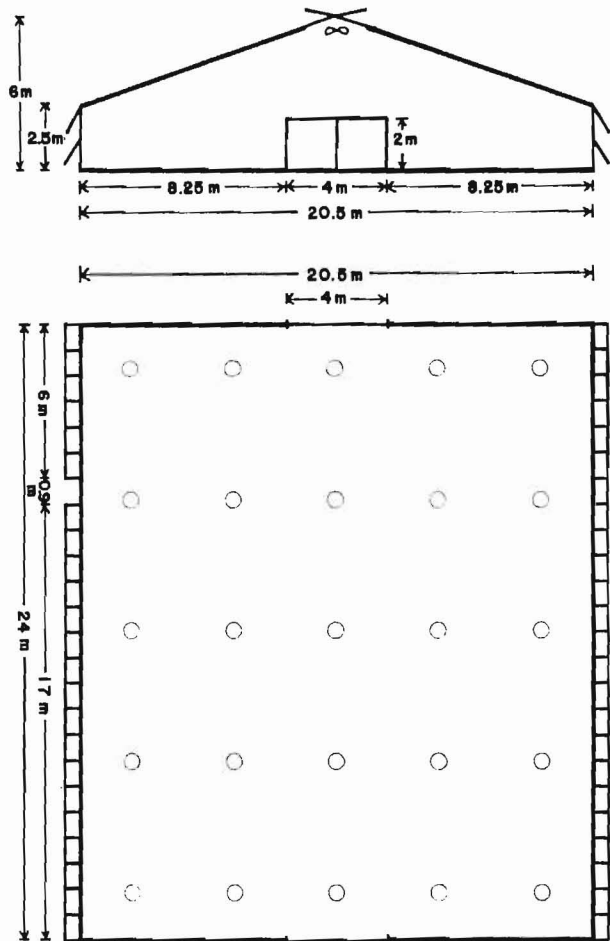
観測結果

1. 1973年（棚面繁茂率約15%）の観測

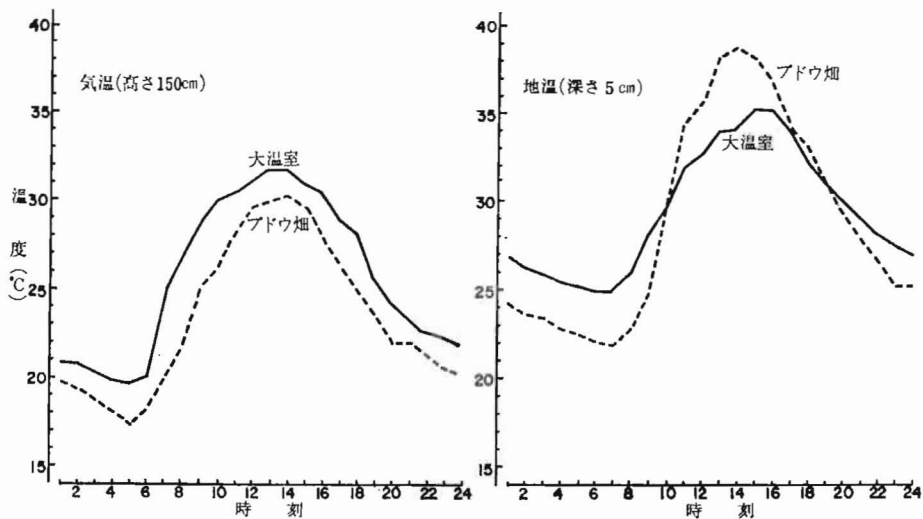
観測を行なった大型温室とブドウ畑は隣接しており、ブドウ樹の生育状態はほぼ同じであった。観測は1973年8月中下旬毎日行なわれたが、各日も同じような傾向であり、8月15日及び23日の観測結果について述べる。これらの日は温室の南北ドア、天窗、側窓は全開され、換気扇は温室内気温が30℃以上になったときに作動した。観測点はブドウ畑、大型温室ともその中央付近におき、熱電対により高さ300、150、10cmの気温、深さ5cmの地温を測定した。

(a) 気温地温の日変化

大型温室、ブドウ畑の高さ150cmの気温及び深さ5cmの地温の日変化が第2図に示してある。昼間大型温室の気温は外気温（ブドウ畑）と比較して約2℃高い。しかし換気扇の作動していない午前7時から10時ごろまでは4~5℃高温であった。夜間においても温室の方が1~2℃高かった。地温（深さ5cm）はブドウ畑の方が昼間温室より高く、14時には約5℃高温である。最高地温発現時刻はブドウ畑で14時頃、大型温室で16時頃であった。逆に夜には大型温室の方が約3℃高温であり、これは温室においては野外のブドウ畑に比較して日較差が少ないことを示している。大型温室はフレーム率が25



第1図 大型装置化温室（岡山大学農学部附属農場）の平面図及び側面図 ○印は温室内観測点

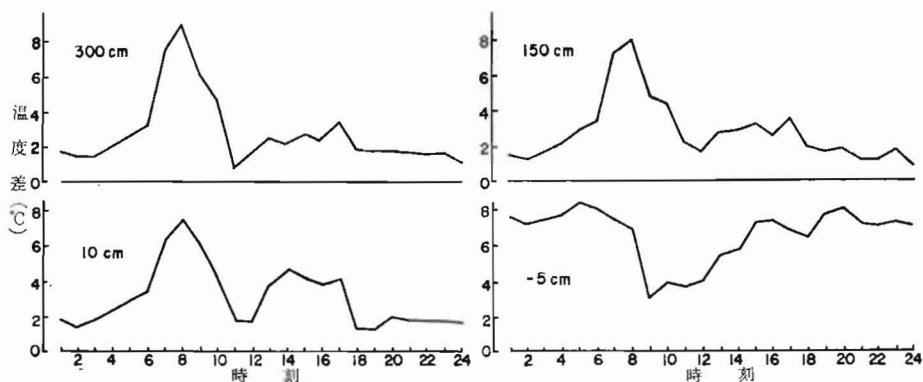


第2図 大型装置化温室とブドウ畑の気温及び地温の日変化 (1973年8月23日)

%にも及んでいるために地表面に到達する日射がかなり少なくなっていることによっており、又夜間においては放熱が少ないため野外ほど地温が低くならないものと考えられる。

(b) 大型温室気温、地温と外気温との偏差

第3図は1973年8月15日の外気温(温室南側高さ150cm)と大型温室中央部の気温、地温の偏差を示したものである。換気扇の作動していない6時から10時においては外気温と比較して非常に高温であり、偏差のもっとも大きい午前8時においては、高さ300cm



第3図 大型装置化温室の気温、地温(高さ150cmの外気温からの偏差)を示す。
1973年8月15日)

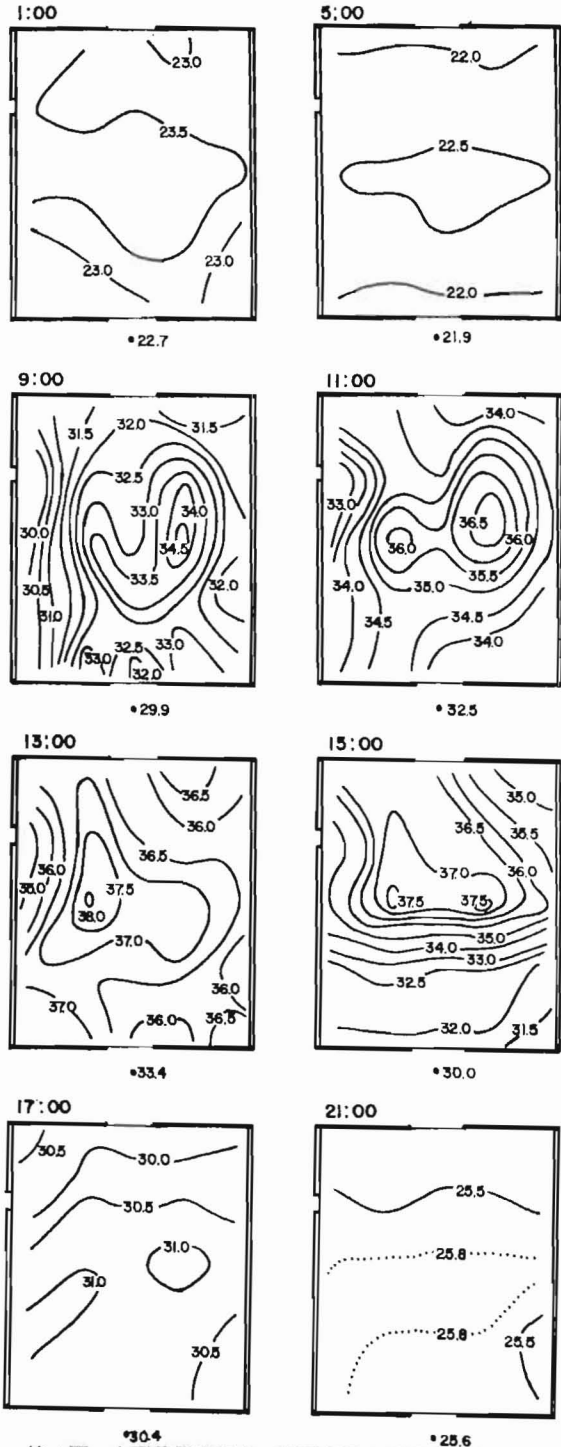
で9°C、150cmで8°C、10cmで7.5°C高温であった。10時以後換気扇が作動していた昼間においては2~3°C高い程度であり、17時以後の換気扇の作動停止後においては1~2°C高い傾向があった。地温は夜間外気温と比較して7~8°C高く、9~12時まで約4°C、13時から日没まで5~7°C高い傾向があった。

2. 1974年（棚面繁茂率約50%）
の観測

1974年においてはブドウ樹は自然換気状態で栽培されていた。8月において大型装置化温室内のブドウ樹は繁茂率約50%で、温室中央部域のブドウ枝葉の生育は窓ぎわの樹に比べ悪かった。自然換気時と強制換気時の棚面（高さ190 cm）の気温、湿度の水平分布について調べた。

(a) 自然換気状態における棚面気温水平分布

1974年8月1日のブドウ棚面の気温の水平分布を検討すると、1~5時においては外気温と比べて温室中央部でも1°C位しか高くないが、日出とともに急激に室内の気温は上昇し始め7時頃にはすでに4~5°C高かった。又午前中には温室中央東側がもっとも高い気温を示し、午後は中央部西側が高い傾向があった。この温室における最高気温は外気温が34°Cのとき38~39°Cに達した。18時頃日没とともに室内気温は急激に低下し、夜間は外気温に比べて約1°Cしか高くない。一般に昼間、中央部で4~5°C、窓ぎわで2~3°C外気温よりも高い傾向がみられた。即ち窓ぎわと中央部では2~3°Cの違いがみられる。観測例として1, 5, 9, 11, 13, 15, 17, 21時の棚面気温の水平分布が第4図に示されている。なお棚面付近の温度の垂直分布については図示されていないが、繁茂が少ないため棚面上下の温度差は殆んど認められなかった。



第4図 大型装置化温室の棚面気温水平分布（自然換気状態1974年8月1日）
図中の数字は気温(°C)、図左上の数字は時刻を示す。

(b) 強制換気状態における棚面気温、湿度

(1) 温室中央部の気温、湿度

当該大温室は夏期高温になるのを防ぐため強制換気を行ない、外気温より 2°C 上昇を目標に設計されていたが、大型温室棚面の気温、湿度に対する換気扇作動の効果を知るため、1974年8月2日の温室中央部の東西列に6測定点を設置し、自然換気時(12時40分)及び換気扇作動時(始動12時50分、13時測定)の気温、湿度を測定したのが第5図に示されている。この際自然換気時と換気扇作動時とは20分のずれがあるが、外気温および外気湿度には殆んど差がなかった。自然換気時と比較して、強制換気時の棚面気温は約 3°C 低くなり、湿度は約5%上昇した。測定点の違いによる温度、湿度分布カーブの傾向は換気扇作動時及び自然換気時とでほとんど変りなかった。

(2) 棚面気温水平分布に対する換気扇作動の影響

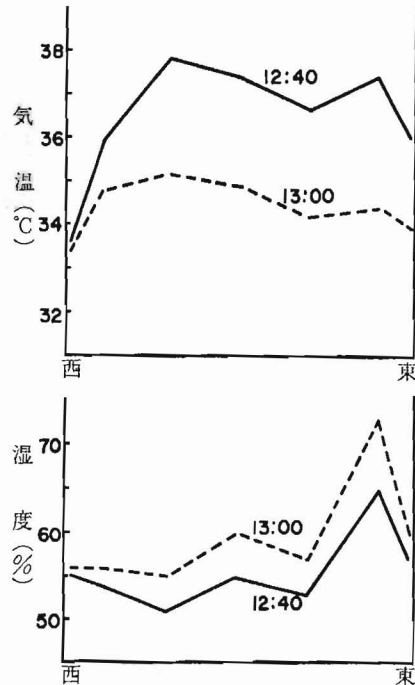
1974年8月1日の11,12,13,14時の自然換気状態と強制換気状態の棚面気温水平分布を図

示したのが第6図である。第6図左側は自然換気状態で10:50~11:00, 11:50~12:00, 12:50~13:00, 13:50~14:00の各時刻の10分間棚面気温の平均値を図示し、上記時刻の01分から20分まで換気扇を作動し、気温の安定した各時刻の10分から20分までの10分間の平均棚面気温分布を第6図右側に図示してある。

自然換気状態において、外気温と中央部高温域とを比較した場合、11時 4.0°C 、12時 5.6°C 、13時 4.6°C 、14時 3.7°C 高温であったが、換気扇を作動すると、各々 1.6°C 、 1.7°C 、 1.5°C 、 0.8°C 高い程度であった。即ち換気扇作動時には自然換気状態よりも $3\sim 4^{\circ}\text{C}$ 棚面気温を低くし、又温室内容ぎわと中央部との気温の差を少なくし、かなり均一化された温度分布を得ることが出来る。

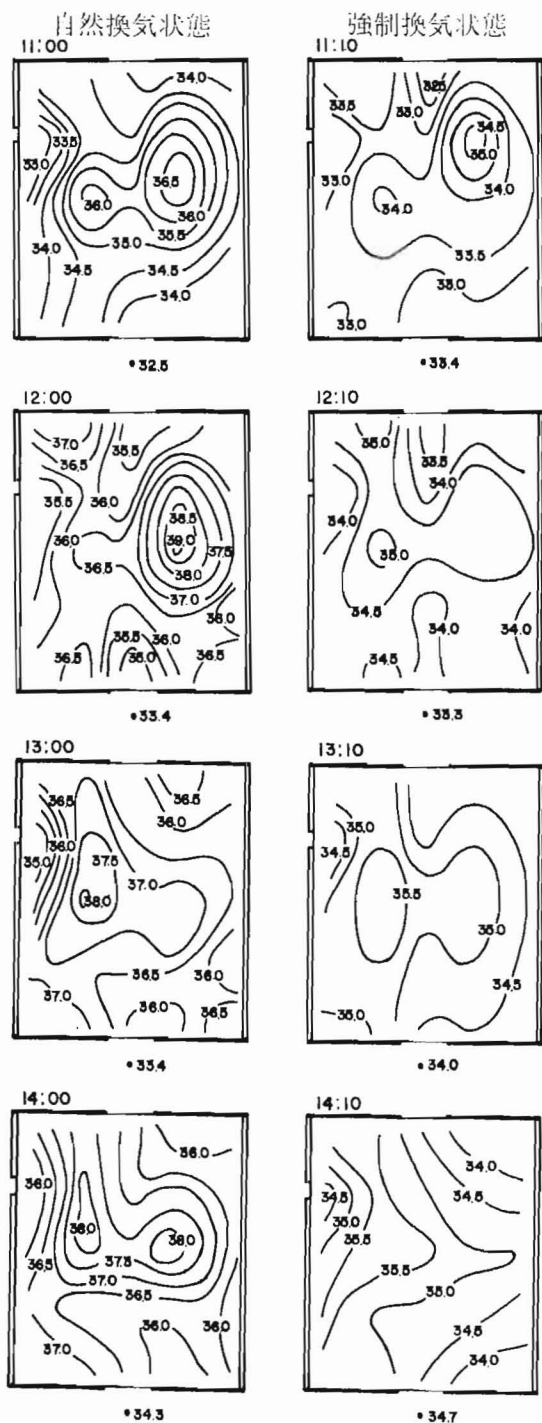
3. 1976年(棚面繁茂率100%)の観測

1976年8月においては、大型温室内のブドウ樹は棚面にほぼ完全に繁茂し、棚(枝葉)の厚さ約20cmであった。そのため1973年、1974年に棚面として測定した部位(高さ190cm)は1976年には棚底面になっていた。自然換気状態と強制換気状態における温室の気温、湿度、地温の垂直分布及び棚底面の気温の水平分布について調べた。



第5図 大型装置化温室の棚面気温、湿度に対する換気扇作動の影響(1974年8月2日)

— 自然換気状態 - - - 強制換気状態



第6図 大型装置化温室の棚面気温に対する換気扇作動の影響 (1974年8月1日)

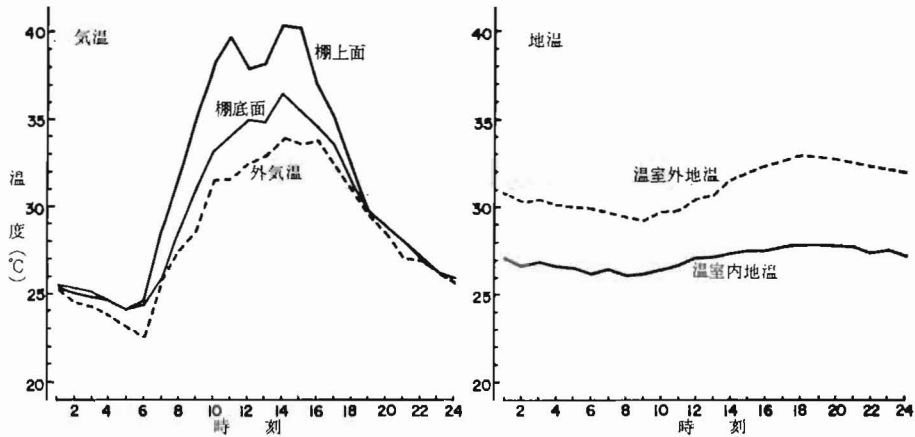
図中の数字は気温(°C), 図左上の数字は時刻を示す。

(a) 自然換気状態における観測

(1) 温室中央部の気温, 地温の日変化

1976年8月12日における温室中央部の棚上面付近(高さ210cm), 棚底面付近(190cm)及び温室内地温(深さ20cm), 温室外の気温(高さ150cm), 地温(深さ20cm)の日変化について第7図に示してある。

高さ190cm(棚底面)の気温は外気温と比較して日中2°C前後高い傾向があるが, 1974年の同じ高さにおいては4~5°C外気温より高かったため, 繁茂した状態では2~3°C降温していることになる。しかし棚上面付近では外気温より日中6~8°C高温になり, 棚上面が一つの受熱活動面になっていることを示している。棚上面において12, 13時の気温が多少低くなっているが, これは温室中央部南北棟にそった天窓部直下に大型の換気扇が設置してあるため測定部付近が陰になり, 直接日射がさし込まない影響が出ているのではないかと考えられる。夜間においては棚上面, 棚底面とも外気温とほとんど等しいか又は1°C位高い程度であった。温室内地温(深さ20cm)は昼夜とも27°C前後で, 外地温よりも4~5°C低く, 又日較差も少ない安定した状態にある。14時頃根群のもっとも多いと思われる深さ20cmの地温は棚上面付近の気温と比較すると約12°Cも低いことになる。

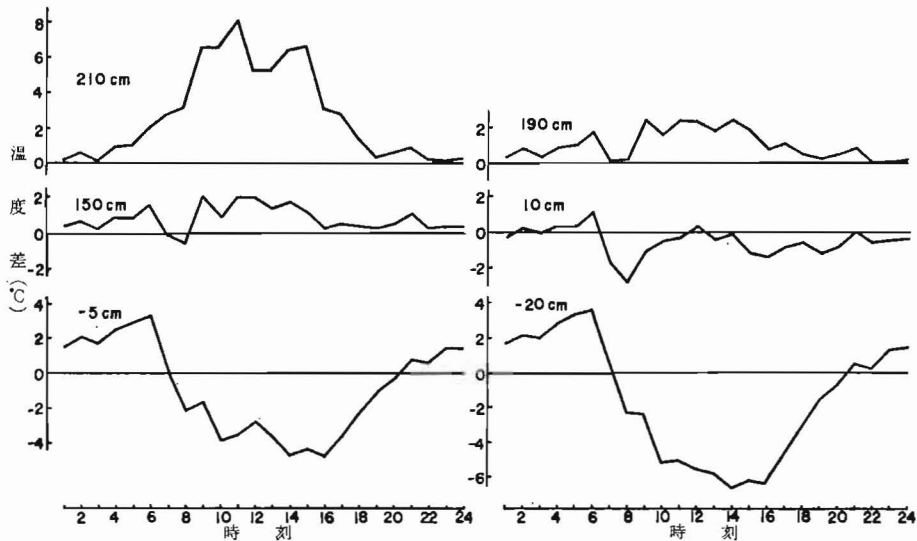


第7図 大型装置化温室の棚面気温及び地温の日変化 (1976年8月12日)

気温測定高: 棚上面 (高さ 210 cm), 棚底面 (高さ 190 cm), 外気温 (高さ 150 cm)
 地温は温室内, 温室外とも深さ 20 cm

(2) 温室内気温、地温と外気温との偏差

8月12日の外気温と大型温室内各高さ、深さの温度がどの程度偏差があるかを示したのが第8図である。夜間においては各高さにおいて外気温よりも少々高いか又は等しい傾向があった。昼間棚上面においては外気温より6~8°Cも高温であるが、棚底面及び高さ150 cmでは約2°C高い程度であった。又高さ10 cmにおいては外気温よりもむしろ1°C前後低い傾向があった。温室内地温は夜間において深さ5 cm, 20 cmとも外気温よりも2~3°C高いが、昼間は深さ5 cmで3~4°C, 深さ20 cmで4~6°Cも低かった。



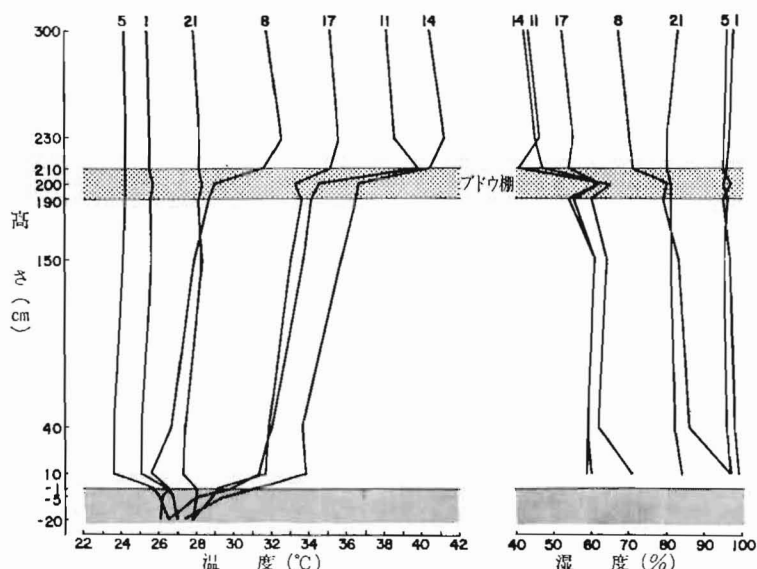
第8図 大型装置化温室の気温及び地温 (高さ 150 cm の外気温からの偏差で示す。1976年8月12日)

(3) 気温、地温、湿度の垂直分布

8月12日の大型温室中央部の高さ300, 230, 210(棚上面), 200(棚中央), 190(棚底面), 150, 40, 10 cmの気温、湿度及び深さ1, 5, 20 cmの地温についてその垂直分布を示したのが第9図である。

1, 5, 21時において棚の上下とも温度差がなく、垂直に立った分布線で、棚面の影響はほとんどみられなかったが、

日中は下方より徐々に気温が高くなり、棚上面付近で極端に気温が上昇し、顕著な極大がみられた。棚上面付近は棚底面と比較して、8時において3°C, 11時5.7°C, 14時4.0°C, 17時1.6°C高温であった。



第9図 大型装置化温室の気温、地温、湿度の垂直分布(1976年8月12日)
図の垂直分布線上部の数字は時刻を示す。

地温は棚面の枝葉の繁茂によ

り、日射が地表面に直接さし込まないため、日中それ程上昇せず、深さ1 cmの最高地温は31.0°C, 5 cmで29.4°C, 20 cmで27.8°Cであった。棚上面の日較差は16.3°Cもあるにもかかわらず、地温の日較差は1 cmで5.4°C, 5 cmで3.2°C, 20 cmで1.6°Cと少なく、又1973年の温室内地温(深さ5 cm)の日較差は約10°Cもあり、棚面が繁茂した状態では地温が非常に安定した状態にある。

湿度は日中地表面より高くなるに従って、徐々に低くなるが、棚付近でかなりの変異がみられる。即ち棚中央付近はいつも棚上面及び下面に比べて湿度が高く、棚上面が最も低い値を示す。例えば、14時において棚上面47%, 棚中央62%, 棚底面55%であり、棚中央の湿度は地上高さ10 cmの湿度よりも高い値を示した。これはこの部分の通風悪く、葉面からの蒸散による水分の拡散が少ないためであろうと考えられる。しかし夜間においては棚上、中、下面及び棚下とも殆んど差がなくなった。

(4) 棚面の気温水平分布

大型温室の棚底面(高さ190 cm)の36個所(1974年の観測時と同じ)に熱電対を設置し、棚面気温を測定し、その水平分布を検討した。観測例として8月7日の1, 5, 9, 11, 13, 15, 17, 21時の棚面気温の水平分布が第10図に示されている。

一般に温室中央部は窓ぎわよりも昼夜を通じて高温であるが、日中外気温と比較して

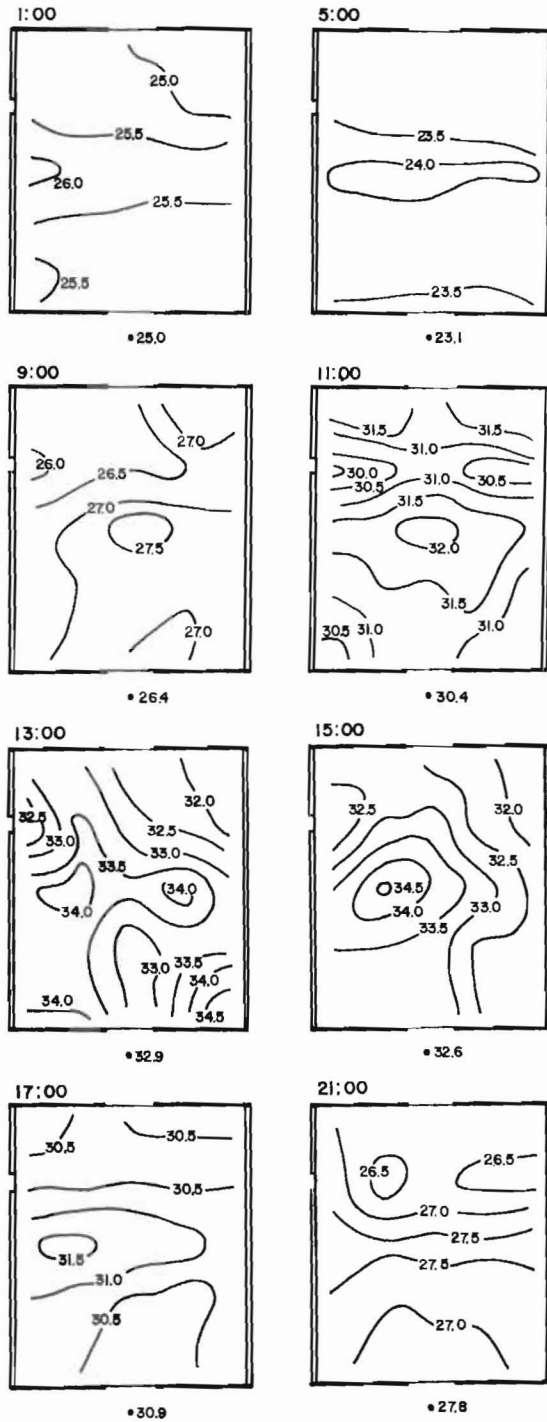
1~2°C 高温である程度である。即ち9時1.0°C, 11時1.6°C, 13時1.1°C, 15時1.9°C, 17時0.6°C高い。又夜間においては中央部でも外気温とほとんど差異がない。これは1974年の観測では昼間外気温よりも4~5°Cも高かったのに比べ、1976年は外気温との差がかなり小さい。このように外気温との差が少なくなったことはブドウ樹の枝葉の繁茂による太陽光の地表面への直射が殆んどなくなったため、受熱面が1974年の場合と違って棚上面に移ったためであると考えられる。

(b) 強制換気状態における観測

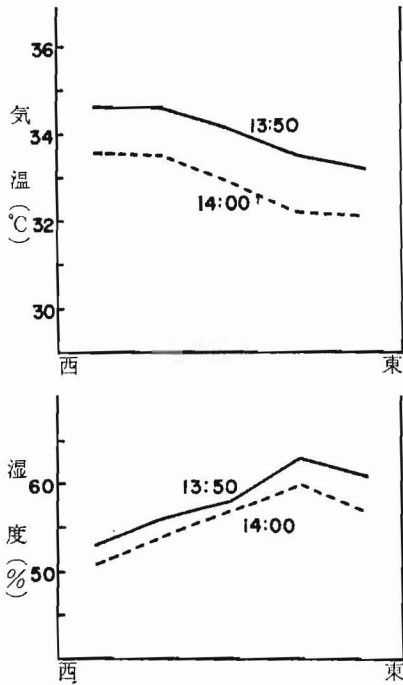
(1) 温室中央部の気温、湿度

大型温室棚底面の気温、湿度に対する換気扇作動の効果を知るため、8月6日の温室中央部の東西列に6測定点を設置し、自然換気時(13時50分)及び換気扇作動時(始動13時51分、14時測定)の気温、湿度を比較したのが第11図である。この際自然換気時と換気扇作動時とは約10分の差があるが、温室外気温及び湿度は殆んど差がなかった。

換気扇を動かし、強制換気を行なったとき、自然換気状態より約1°C棚底気温が低くなり、湿度は2~3%程度低下した。これらの結果は1974年の同じ高さの測定で気温は約3°C低下したのに比べ少ないが、前述の如くこの測定高は棚底面になっており、自然換気状態でも外気温より1.5~2°C



第10図 大型装置化温室の棚面気温水平分布(自然換気状態 1976年8月7日)
 図中の数字は気温(°C), 図左上の数字は時刻を示す。



第11図 大型装置化温室の棚面気温、湿度に対する換気扇作動の影響 (1976年8月6日)

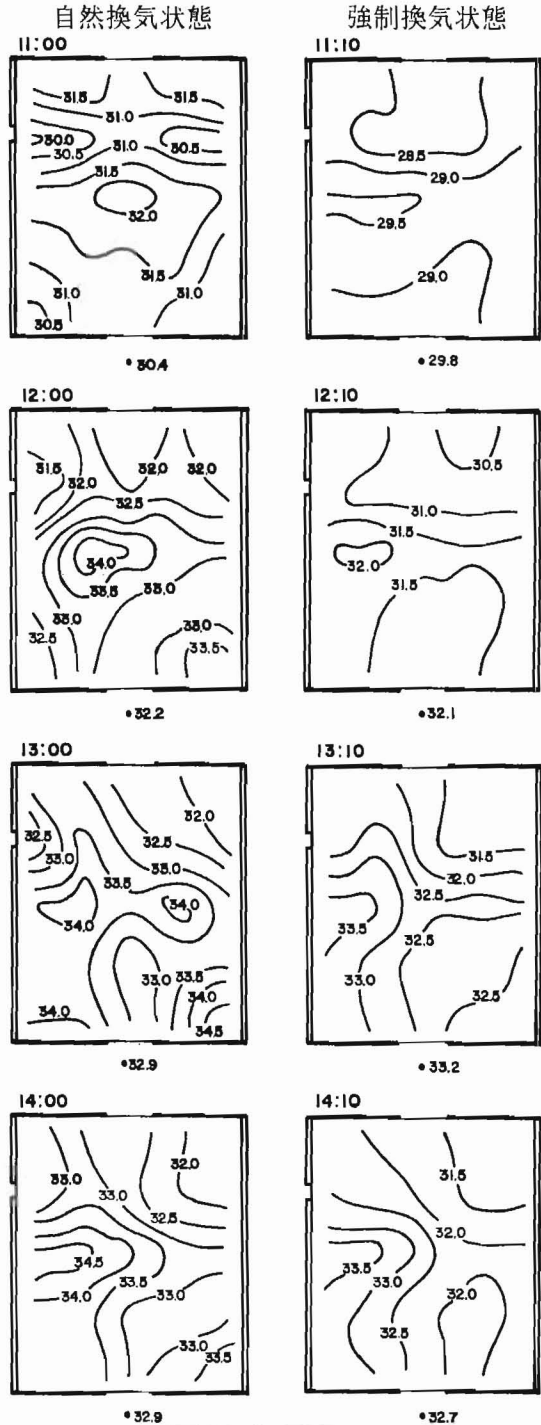
— 自然換気状態 ——— 強制換気状態

位しか高くないので、換気扇を動かしてもそれ程降温しないものと考えられる。湿度については1974年には換気扇を動かすと5%上昇したが、繁茂した状態ではむしろ室内棚下の湿度が外部湿度より高いため2~3%低下した結果になったと考えられる。

(2) 棚面気温水平分布に対する換気扇作動の影響

前述の自然換気状態での棚底面の気温は外気温と比較して、昼間1~2°C高かったが、換気扇を作動したとき、どのような気温水平分布を示すか調べられた。

1976年8月7日11, 12, 13, 14時の自然換気状態と換気扇作動状態



第12図 大型装置化温室の棚面気温に対する換気扇作動の影響 (1976年8月7日)

図中の数字は気温(°C), 図左上の数字は時刻を示す。

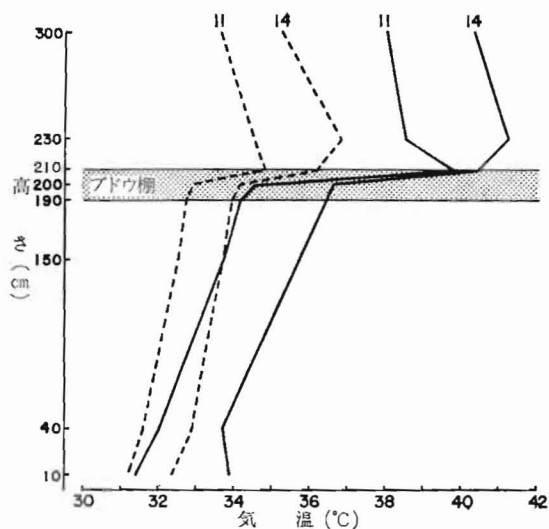
の棚底面 気温分布について図示したのが第 12 図である。図の左側は自然換気状態で、10:50~11:00, 11:50~12:00, 12:50~13:00, 13:50~14:00 の各 10 分間の棚底面気温の平均値を図示し、上記定時刻の 01 分から 20 分まで換気扇を作動し、気温の安定した各時刻の 10 分から 20 分までの 10 分間の平均棚底面気温の分布を図の右側に図示してある。自然換気状態において、中央部の気温は 11 時 1.6°C, 12 時 1.8°C, 13 時 1.1°C, 14 時 1.6°C 外気温より高かったが、換気扇を作動した場合、温室内の最高温部でも、外気温とほとんど同じであった。

(3) 気温垂直分布に対する換気扇作動の影響

8 月 12 日において 11 時, 14 時の自然換気時と各時刻の 10 分後に換気扇を作動した場合の気温垂直分布について図示したのが第 13 図である。

自然換気状態の棚上面において 11 時が 39.7°C, 14 時が 40.4°C に達しているが、換気扇を作動すると各々 34.8°C, 36.2°C になり、4~5°C 降温したことになる。又 11 時と 14 時の外気温は 31.7°C 及び 34.0°C であったので、換気扇作動時において、棚上面気温は外気温より 3.1°C 及び 2.2°C 高いことになる。さらに 14 時における各高さの気温は棚中央で 2.1°C, 棚底面で 2.2°C, 高さ 150 cm で 2.0°C, 高さ 40 cm で 0.8°C, 高さ 10 cm で 1.5°C 強制換気により降温した。

前述の観測とこれらの結果から、大型温室ブドウ棚気温と外気温との偏差は昼間自然換気状態の棚上面で 6~8°C, 棚中央及び底面で約 2°C 高温であり、強制換気状態では前者で 2~3°C 高く、後者では外気温とほぼ等しい状態になっている。



第13図 大型装置化温室の気温垂直分布に対する換気扇作動の影響 (1976年8月12日)
 — 自然換気状態 ——— 強制換気状態
 垂直分布線上部の数字は時刻を示す。

考 察

1973, 1974 年 (繁茂率の低い時) は、日射が地表面まではいり込むため、日中温室中央部の棚面 (190 cm の高さ) は外気温と比較して 4~5°C 高温である。しかし強制換気を行えば外気温よりも 1.5~2.0°C 高い程度であり、盛夏においても最高気温をほぼ 35°C 以下に下げることが出来ると考えられる。当該温室は 1974 年には換気扇の運転を中止してブドウ樹は栽培されており、ブドウ樹の生育状況を調べた結果中央部付近は窓ぎわと比べて生育が悪い傾向があった (島村, 景山 1975)。これは中央部の高温およびそれ

がひきおこす湿度、土壌温度、土壌水分の変化がブドウ樹の生育に対して悪い影響を与え、又生育の不均一を生じたものと考えられる。もし生育期の春から夏にかけて換気扇を動かして栽培されているならば、中央部付近における生育がもっと良く、温室全体均一な生育状態が保たれたであろうと推測される。

1976年8月においてはブドウ樹の枝葉は棚面をほぼ完全に被っており、繁茂率の低い時期と比べ微気象特性はかなり異なっていた。棚面が日中受熱面となるため棚上方と下方で微気象の差異がみられた。即ち棚下においては日中気温も外気温と比較して自然換気状態で 2°C 高い程度で、強制換気時には殆んど外気温と同じになる。又地温も深さ20cmで日中でも 27°C 前後で低く、日較差も 1.6°C と少なく、非常に安定した状態である。しかし枝葉の茂った棚上面は自然換気状態で非常に高温(日中 40°C 以上)になっており、棚(厚さ20cm)の上面と底面で温度差が $5\sim 6^{\circ}\text{C}$ にもなる。これは光合成などの生理活動の盛んな葉の展開しているところは非常に高温にさらされていることになる。これは実際の栽培上、かなり問題があるのではないかと考えられる。しかし強制換気を行なうと棚上面においても外気温より $2\sim 3^{\circ}\text{C}$ 高い程度まで降温する。強制換気的设计基準では外気温 $+2^{\circ}\text{C}$ を目標に設計されており、観測結果はほぼこれを満足している。

夜間における気温の垂直分布をみると、ほとんど垂直に立った状態で、棚の影響は殆んどみられない。露地のブドウ棚の微気象特性として、夜間棚面の放熱による顕著な低温の傾向がみられることが知られている(坪井, 中川 1953)。本調査においては棚面付近が顕著な低い温度を示すような傾向はなかった。これも温室内におけるブドウ棚面の微気象の特性の1つかもしれない。このような大型温室における微気象の特性が実際の栽培上の諸問題とどのような関係があるかは今後検討する必要がある。

摘 要

大型装置化温室の微気象の特徴を知り、ブドウ樹の生育との関係について解明するため1973年(棚面繁茂率約15%)、1974年(棚面繁茂率約50%)、1976年(棚面繁茂率100%)の夏期の大型温室の気温、湿度、地温について微気象観測を行ない、又天窗下に設置されている換気扇の作動の効果についても検討した。

1) 1973年8月大型温室はブドウ畑と比較して、自然換気時の気温は昼間 $4\sim 5^{\circ}\text{C}$ 高く、強制換気時で約 2°C 高温であった。夜間はブドウ畑よりも $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ 高い傾向であった。地温(深さ5cm)は昼間ブドウ畑の方が温室内よりも約 5°C 高温であり、逆に夜間は温室の方が約 3°C 高温であった。即ち温室内では日較差が少なかった。

2) 1974年8月自然換気状態における棚面気温の水平分布を調べた結果、午前中には温室中央部東側がもっとも高い温度を示し、午後には中央部西側が高い傾向があった。外気温 34°C のとき、温室中央部で $38\sim 39^{\circ}\text{C}$ に達した。即ち外気温と比べて $4\sim 5^{\circ}\text{C}$ 高温であった。日中換気扇を作動すると棚面温度は自然換気時より $3\sim 4^{\circ}\text{C}$ 低くなり、外気温よりも $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ 高い程度であり、温室内がかなり均一化された温度分布を示した。

3) 1976年8月のブドウ樹の枝葉(厚さ20cm)が棚面を完全に被った状態においては、1973、1974年とは異なった微気象特性を示した。ブドウ棚上面が日中受熱面となるため、棚上面付近では外気温より $6\sim 8^{\circ}\text{C}$ 高温になり、棚底面では約 2°C 高い程度であ

った。即ち棚の上面と底面とでは温度差が4~6°Cであった。強制換気を行なうと棚上面の気温は外気温より2~3°C高い程度に降温し、棚底面では外気温とほぼ同じ温度になった。夜間における温室内気温の垂直分布はほぼ垂直に立った状態で棚の影響はほとんどみられなかった。

棚面が完全に繁茂したときの地温は日中、それ程上昇せず、深さ5cmで最高29.4°C、深さ20cmで27.8°Cであり、日較差はそれぞれ3.2°C、1.6°Cと少なく、非常に安定した状態であった。湿度は日中、棚中央がいつも棚上面及び下面に比べて高く、棚上面が最も低い値を示した。しかし夜間においては棚の上、中、下面及び棚下とも殆んど差がなかった。

文 献

1. 岩切 敏. 1969. ガラス室の気象 (I) — 気温環境について —, 農業気象 24: 177-184.
2. 三原義秋他. 1976. 園芸施設環境制御装置の設計規準に関する総合研究 (最終報告書)
3. 長野敏英. 1974. 換気による施設園芸の環境調節. “農水産分野における環境工学” 杉二郎教授還暦記念事業会
4. 島村和夫・景山詳弘. 1975. 大型温室における果樹の生育. 昭49総合研究 研究報告集録 (農学編 I), 日本学術振興会 173-175.
5. 瀬尾琢郎. 1962. ビニールハウスの微気象観測例. 農学研究 49: 145-165.
6. 坪井八十二・中川行夫. 1953. 葡萄園の微気象特性 (1). 農業気象 8: 77-80.