施設の栽培環境管理に関する研究 (第2報)

石垣イチゴハウス内の気象条件について

川勝義夫・中尾聡明

(徳島農業高等学校専攻科)

Environmental control of greenhouse and plastic cover. II.

Climatic measurement in the vinyl-house for strawberry
grown on stone-wall

Y. KAWAKATSU and T. NAKAO

Advanced course, Tokushima Agricultural High School, Tokushima

Summary

1. A plastic house in which strawberries were grown was subjected to the present investigation. It was of an east-west orientation, composed of four bamboo-supported unit houses interconnected side by side. The house was built on a slope inclined at an angle of 35° . The total area it covered was about 200m^2 . Measurements were carried out chiefly for temperature and air circulation in the house from the 28th to the 30th of January, 1966.

2. At noon (from 11.00 to 14.00) on a fine day,

the highest temperature in the house was 34.2°C in the third unit house. At night (from 22.00 to 5.30) the lower the location of the unit house was, the lower the temperature. There was an ascending air stream over the stone-wall during day and night, which caused the difference of temperature among the unit houses.

3. It seemed quite possible that the difference of temperature had a considerable influence on the growth and production of strawberries in the house.

I. 緒 言

静岡県久能を中心とする山腹利用のイチゴの石垣促成栽培は5~6年前よりビニルハウス栽培に変わり、さらに大発展をとげハウス伸びて天に至るの感がある。山腹利用の石垣イチゴ栽培については従来種々の立場から研究され^(9,11)てきたが、今回は環境気象学的立場からハウスの特殊な形態の一つとして、山腹利用の保温石垣ハウス内におけるイチゴの温度環境について昭和41年1月調査した結果について報告する。

本調査にあたり施設を提供された静岡市の望月義蔵氏、またご協力された静岡県園芸課池谷保緒技師、静岡市農協久能支所堀政博技師、ならびに絶えざるご鞭撻と本稿の校閲を賜わった京都大学塚本洋太郎教授に対し厚くお礼申し上げる。

II. 調査ハウスおよび方法

調査した石垣イチゴハウスは静岡市根古屋(久能山下)望月義蔵氏の経営する標高約15m、平均勾配 35° の山腹に建てられた第1図のような東西棟(9° 東に振つている)⁽⁶⁾、4連棟の竹ほろ式ビニルハウスでその面積は約 200m^2 であつた。前はネギ畑をへて下にさらにビニルハウスがあり、後上方は山腹原野で東に数本の雑木があ

り西は高さ3~4mの竹やぶでかこまれていた。各棟は間口1.3m、高さ1.6mの竹ほろで内部の石垣は約 60° の傾斜がつけられており、7段に石垣板がならべられ高さ90cmとなつている(stone-wall)。西端は各棟を連絡する通路となつており出入口は最下段の第1棟にある。イチゴは9月下旬定植の当地の慣行法により栽培された品種堀田ワンダーで、調査当時は第3果房の収穫始めであつた。

測点は第1図に記されているよう石垣面上10cmを始めとして各棟の中央部および第3棟の東西部の断面、その他室外を含めて地上に計107点、地下には石垣面直下の地下5cmを始めとして内外に33点を配した。

温度は前報と同様、地上は日射防止フードをつけた棒状水銀温度計を、地下部は曲管水銀温度計をそれぞれ用い1月28日朝より30日朝までの3日間、28日の夜を除いて毎時調査を行なつた。風向は線香の煙の流れを利用し、風速は熱線微風計により各棟の中央断面について昼夜それぞれ2回調査した。その他、第3棟中央部に毛髪湿度計および自記温度計を配した。

えた結果はそれぞれ標準器で器差を補正し、各測点について日変化曲線を描いて修正し資料とした。なお、快晴に恵まれた29日より30日の調査を晴天日、28日午

1967年12月15日受理

Fig. 1. Structure of the house and arrangement of measuring points.

●; air temperature ○; soil temperature ㊦; thermograph ㊧; hygrograph
 G—G' line along which vertical temperature gradient was measured.

前中は曇天（雲量 10）でときどきみぞれという天候であつたので曇天日とした。また、ハウス内温度の垂直分布が受熱型である 11 時より 14 時までの間を昼間時間（noon-duration）とし、逆に完全な放熱型でその傾向が比較的安定する 22 時より翌朝の 5 時までの間を夜間時間（night-duration）としてまとめた（第 6 図参照）。

III. 調査結果

A. 晴天日

1. 概要 1 月 29 日は昼間ほとんど雲なく、朝夕東方に多少雲がみられる程度の空気透明な快晴の一日であつた。昼間は西の季節風がつよく 7~8m/sec にも達したが、夜半弱まり日の出時には朝なごのため放射冷却が強く気温の急激な低下がみられた（第 2 図参照）。

ハウス内気温は昼間、側窓の開閉により多少不規則な変化をするが外気温より 16~17°C 高く、日没とともにその差はちままり夜間はほとんど差がなくなっている。

地温についても地下の深さによつて多少違うが地下 10 cm では昼間 15°C、夜間 10°C ほど高く、根群の分布するところは厳寒期でも最低 12°C は確保されイチゴの生育に適していることがわかる。

ハウス内相対湿度は昼間窓の開閉で変化するが 40% 前後に乾燥するのに対し、夜間時間には温度低下のため 96% にもなっている。

2. 棟別室内温度の日変化 最下段の第 1 棟から最上段の第 4 棟までの石垣面上 10 cm のイチゴの繁茂する気層温度の日変化を、各測点の平均値で棟別に示したものが第 3 図である。日の出とともに太陽エネルギーをえてどの棟の温度も急上昇し、9 時の側窓開放で棟によつて温度が多少変化するが、つづいてまた上昇し 12 時より 14 時の間にそれぞれ最高温度に達し、その後、日射の減少とともに温度は急冷し夜半から早朝 6 時の最低温度まで極めて徐々にさがる。この場合下段棟ほど低

Fig. 2. Diurnal change of several environmental factors of the measuring house (Shizuoka, 1966).

温となつて棟別に温度が安定する。

3. ハウス内における温度分布 夜間時間における各測点の平均温度によつてハウス内気温の分布状況を示したものが第4図であり、下段棟より上段棟ほど温度が高く最高は第4棟における 8°C であり、各棟の間にはそれぞれ 0.4°C ぐらいの差（第3表参照）がみられた。同一棟でも午後の日射と通路間仕切りの保温作用で出入口戸付近を除いて概して各棟の西側が多少高温気味に推移した。

空朝 5 時過ぎより季節風がやみ朝なぎ状態となり外気温降下のためハウスのビニル・フィルム内面に結水がみられたが、日の出とともにそれは第 5 図にみられるように上段の第 4 棟から下段の第 3 ～ 第 2 棟へと解け始め 5 分ぐらいで全部融解した。これは最低気温が上段棟ほど高いうえ、今まで冷却されていた石垣や通路面に急に日射が当たるため急激な対流による上昇気流がハウス内に生じ、下段棟から上段棟へと暖気が移動し、さらに蓄積されるためであろうと考えられる。日の出とともにハウス内の温度分布は夜間時間の放熱型から移行型へ、さら

Fig. 3. Diurnal change of average temperature in each unit-house at 10cm above stone-wall, on a clear fine day. (January 29-30, 1966)

に対照的な昼間時間の受熱型へと変わる。第 6 図はこれら日変化の状況を第 3 棟中央部の垂直温度勾配（第 1 図の G—G' 線についての）によつて示したもので、これら放熱、移行および受熱の三つの型がよくあらわれている。昼間時間における各測点の平均温度の分布状況は第 7 図に示すよう棟によつて違い、第 3 棟が 32.2℃ で最も高く、第 1 棟が 28.5℃ で最も低い。全体的には出入口戸付近を除いて 13 時ごろまでは概して高温部は東側にあるがその後、西側に移行する。また前述したように 12～14 時の間にそれぞれ最高温度に達するが、どの棟も平均 30℃ 以上でとくに第 3 棟は 34.2℃ にもなった。

4. ハウス内における気流 ハウスの中央断面について昼夜の風向と風速を図示したのが第8図であり、図から昼夜の別なく石垣面に沿つて地上 20cm ぐらいまでの範囲を下段の棟より上段の棟へ向う他の部位にくらべかなり早い気流があることがわかる。各ハウス内の石垣面に対する日射はほぼ平等とみられるので、棟によつて温度分布の差ができる原因はこの気流による熱の輸送（暖気の移動）であろうと考えられる。

Fig. 4. Distribution diagram of average temperature in the house on a clear night (January 29~30, 1966). ; part above 8°C.

Fig. 5. Melting of ice formed on vinyl-film of the upper unit-house by radiation of rising sun (at 7. A.M. January 30, 1966).

昼間は第4棟の側窓が開放されるためこの気流は煙突効果によつてさらに進められ、下段棟の熱は上段の棟に輸送されるが第4棟だけは側窓から外冷気の流入のため温度上昇が押えられ前述したような棟別の温度差が生じたものと考えられる。とくに夜間時間はハウスが完全密閉の状態にあるため暖気は一方的に上段の棟へ移動し第4棟に蓄積され、下段より上段棟へと前述の第3図のような階段的温度差を生じるものと考えられる。

B. 曇天日

1月28日の午前中は曇天で時々みぞれがぱらつくという天候であつたので、少ない資料であるが比較的條件の安定した10時より12時の間、主として温度につ

Fig. 6. Diurnal change of vertical temperature gradient at the centre of the house on a fine day (along G—G' line in Fig. 1, January 29~30, 1966).

Fig. 7. Distribution diagram of average temperature at noon on a fine day in the house (January 29, 1966) ■ : part below 30°C

Fig. 8. Air circulation in the house (January 29, 1966)
→ : wind direction numbers : wind velocity (cm/sec)

いて調査した結果をまとめたものが第1表である。各棟間の温度差は約 1°C であり、上段の棟ほど温度が高く、その垂直勾配は絶対値は少し大きい第9図のように放熱型で晴天日の夜間時間に類似していた。

かん水直後の 10 時 30 分ころからハウス内に霧の発生をみたが、温度の高い第4棟で最も強く下段の棟ほど弱く、低温の第1棟はほとんど発生しなかつた（第10図参照）。これは棟による気象条件の相違が原因と考えられる。

IV. 考 察

イチゴは低温性の小型果菜類で、その生育、果実肥大の適温は昼間 17~20°C、夜間 10~12°C で^(5,7,8,10)、30°C を越すと生育はおさえられ、35°C 以上では不稔花粉が増加する⁽²⁾。一方、イチゴは低温に比較的強い作物であるが -2°C の低温に遭遇すると花粉の発芽がわるくなり、雌ずいは褐変、幼果は枯死し奇型果の発生が多くなる、そして一般に 8°C 以下では果実の発育が遅延す

Fig. 9. Vertical temperature gradient on cloudy day (along G—G' line in Fig. 1, January 28, 1966)

Fig. 10. Phenomena of setting fog in the house after irrigation (the upper, the thicker it was, January 28, 1966)

Table 1. Average temperature in each unit-house on a cloudy day. (January 28, 1966)

Unit house	Time			Average
	10	11	12	
4 th-house	10.4	11.5	12.9	11.7
3 rd-house	9.7	10.8	11.9	10.8
2 nd-house	8.3	9.6	11.1	9.7
1 st-house	7.7	8.6	9.9	8.6

るという^(1,3,4)。

また、イチゴの石垣栽培には低温による収穫の「中休み」といわれる⁽¹¹⁾現象があるが、このころに当たる2

月中旬に生育および果実の生産高を調査した結果は第2表のようである。調査の個体数や回数も少ないので確実なことはいえないが一応の参考資料としてみると、摘葉などのため葉数には大差はないが葉柄長、収穫量および1果重の間には一定の傾向がみとめられ、上段の棟ほどすぐれている。この傾向はこの地域全般のハウスで認められ実態とよく一致する。(第10図の両棟における石垣面上のイチゴの生育状況を参照)。

いま作物体の繁茂している石垣面上10cmにおける平均値で種々の温度条件を棟別に比較すると第3表のようである。このハウスで第3棟は日平均温度が高いにもかかわらず生育、果実の生産ともに第4棟に劣るのは最高温度の平均値が34.2°Cにもなり昼間30°C以上の高温にさらされる時間が長いためと考えられる。

これに対し下段の第1, 2棟の生育、収量が劣るのは主として夜間ハウス内における上段の棟への熱輸送による熱損失で低温になり、8°C以下の低温状態にさらされる時間がかかなり長いからであると思われる。このようにイチゴ栽培には実用上の管理適温があり、これをはずれると生育はおさえられて果実の生産も悪くなる。したがって昼間20~25°C、夜間最低10°Cを管理の適温⁽¹²⁾とし、ここでは30°C以上と8°C以下を栽培環境の管理不適温とすると、不適温度にさらされる時間が長いほど生育はおさえられ収量は減少するものと考えられる。そこで測点別の日変化曲線から不適温度にさらされる時間数を求め、そのハウス内における分布を示した

Table 2. Differences in growth and fruit production between the unit-houses (February 16, 1966).

Unit-house	Growth of strawberry		Production of fruits		
	No. of leaves	Length of petiole cm	Yield kg	No. of fruits	Weight of one fruit g
4 th-house	7.5	5.2	3.10	355	8.7
3 rd-house	7.8	5.2	3.01	359	8.4
2 nd-house	7.1	5.0	2.90	371	7.8
1 st-house	7.8	4.5	2.47	348	7.1

のが第 11 図である。さらに棟別に管理不適温にさらされる時間数を求めてみると第 3 表右欄のようであり第 2 表の葉柄長、収穫量および 1 果重の棟による傾向が大体一致している。

以上は晴天日の資料による考察であるが、当地方の 12～2 月における晴天日数は静岡および御前崎の値から推定すると月平均 22 日前後（75%）であり、曇・雨天

日が晴天日の夜間時間の傾向に本調査ではよく類似しており、かつ本調査は冬季最寒期の平均を代表していると思われるので、上記第 3 表右欄と第 2 表との関係を裏付けるものとみて差支えないかと思われる。

以上の考察から、作物は適温に管理するのが理想であるが、本調査においては第 3 棟は昼間高温のため、また第 1・2 棟は夜間の低温のためイチゴが管理不適温に長時間さらさ

れた結果上段の棟ほど生育がよく収量が増加したものと考えられる。

イチゴの石垣栽培はビニルハウスの利用により毎日の防寒作業が省力化され収かくにも天候に支配されず、量ともに向上したが、この場合には昼間、温度が上がりすぎないように通気をはかるための換気窓を増設し、夜間は逆に温度確保のため各棟の谷部に隔壁（カーテン）ま

Table 3. Temperature characteristics of each unit-house on clear fine day (January 29～30, 1966)

Unit-house	Daily average temp.	Daily maximum and minimum temp.				Temp. at noon [⊗] and night ^{⊗⊗}			Hours under unfavourable temp.		
		Maximum	Minimum	Difference	Mean	Noon	Night	Difference	Above 30	Below 8	Total hours
4 th-house	14.9	31.1	5.1	26.1	18.1	29.3	8.0	21.4	1.93	6.25	7.8
3 rd-house	15.8	34.2	4.8	29.4	19.5	32.2	7.7	24.4	3.40	6.94	10.3
2 nd-house	13.8	31.1	3.9	27.4	17.8	26.4	7.0	22.4	1.98	9.14	10.8
1 st-house	13.7	30.6	3.4	27.2	17.0	28.5	6.6	21.9	1.54	9.96	11.5

⊗ : from 11.00 to 14.00

⊗⊗ : from 22.00 to 5.00

Fig. 11. Distribution diagram of hours under unfavourable temperature (January ; 29-30, 1966).

■ : parts under 10 hrs.

たは回転板を設けて暖気の移動をおさえ、棟別の温度差を少なくするよう配慮する必要があると思われた。

V. 摘 要

1. 調査した石垣イチゴハウスは静岡市根古屋の望月義蔵氏の経営する標高約 15m の平均勾配 35° の山腹を利用した東西棟・4 連棟の竹はろ式ビニルハウスでその面積は約 200m² で、9 月下旬定植の当地の慣行法によって堀田ワンダーが栽培されていた。

2. 調査は主としてハウス内温度と気流について 1 月 28 日より 30 日の間に行なわれた。その結果、昼間の最高温度は晴天日の第 3 棟において記録した 34.2°C であり、夜間の最低温度は第 1 棟の 6.6°C であった。そして夜間は上段の棟ほど温度が高く第 4 棟で 8.0°C であった。

3. ハウス内には昼夜をとわず石垣面にそう上昇気流があつて暖気が上段の棟へ移動する。この熱輸送が上下棟間の温度差を生ずる原因と考えられた。

4. このようなハウス内の棟による温度の差はイチゴの生育・果実の生産にもかなり影響をおよぼしていると考えられるので、その原因となつている熱輸送を制御する方法を講じる必要があると思われた。

引 用 文 献

1. 相原四郎・川村邦夫 1963. イチゴ花粉の低温抵

抗性ならびに貯蔵性, 園芸学会 (秋季) 発表要旨: 20.

2. 浅井繁利・田中幸孝 1965. 半促成イチゴ栽培の問題点, 農及園, 40 (10): 1541—1542.

3. 本多藤雄・二井内清之 1963. イチゴの授精と果実の発育障害, 園芸学会九州支部会発表要旨, [5].

4. ———・浅井繁利・田中幸孝 1964. 促成イチゴの低温障害について, 園芸学会 (秋季) 発表要旨: 30.

5. 熊沢三郎 1965. 総合蔬菜園芸各論, 養賢堂: 142—161.

6. LAWRENCE, W. J. C. 1963. Science and the glass house. OLIVER and BOYD (London): 107—157.

7. 松浦秀止・杉山忠治 1962: 石垣イチゴの品質に関する試験 (第 1 報), 園芸学会 (秋季) 発表要旨: 31.

8. 杉山直儀 1966. 蔬菜総論, 養賢堂: 67—75.

9. 坪井八十二 1961. 農業気象ハンドブック, 養賢堂: 318—319.

10. WENT, F. W. 1957. Experimental control of plant growth. RONALD PRESS: 129—138.

11. 山崎肯哉 1961. 久能石垣福羽イチゴの温度管理について, 園芸学会 (春季) 発表要旨: 27.

12. 矢富良宗 1965. イチゴ栽培の新技術, 農耕と園芸別冊 (誠文堂新光社): 83—87, 100—103.