

# ピーマン果実の日焼けに関する研究

福元 康文・加藤 徹・東 昭

(農学部そ菜園芸学研究室)

## Studies on the sun-scald of Sweet pepper fruits

Yasufumi FUKUMOTO, Toru KATO and Akira HIGASHI

*Laboratory of Vegetable Crop Science, Faculty of Agriculture.*

### Abstract

Some experiments were carried out to clarify the cause of so-called sun-scald disease in sweet pepper.

1. Sun-scald disease usually occurred on the side of fruits directly exposed to sun-light, firstly appearing as a slight degreening spot, soon after becoming winkle and finally caving in whitened spot. The histological observation of sun-scald and blossom-end rot tissues showed that some hypodermal parenchyma cells were necrosis, but not on the epidermal layer. On the other side blossom-end rot showed dark brown spot with necrotic epidermal layer.

2. Varieties produced middle or large size fruits responded to sun-scald very easily more than that of small size.

3. Fruit became sensitive to high temperature as fruit developed until 30th days after anthesis and resulted in sun-scald, followed by a gradual decline.

4. It was shown that defoliation and dry soil treatments induced the sun-scald.

5. The effect of nitrogen application in sand culture showed that nitrogen application at 100 or 200 ppm induced the sun-scald showing vigorous growth and development, while 0 ppm and high concentration over 200 ppm suppressed it.

6. When house was covered with various covering materials, vinyl and panlite film showing the highest day temperature, induced the sun-scald very severely.

7. Both high light intensity after low light pretreatment and high temperature after low temperature pretreatment induced the sun-scald very severely.

8. Temperature fluctuation of sarcocarp in excised fruits exposed to direct irradiation showed more than 50°C for 20~30 minutes induced sun-scald.

9. The result from the experiment of water content of fruit with and without roots and leaves showed that excised fruits and fruits without roots indicated small amount comparing with fruits with roots and leaves.

10. From these results it may be concluded that sun-scald disease was induced following the high temperature stress more than about 50°C for 20~30 minutes in fruit sarcocarp.

### 緒 言

ピーマンのハウス促成の後期,あるいは夏季露地栽培の果実に日焼け症状と思われる果実(日焼け果)が発生し,生産上大きな障害となっている。しかしながらその発生要因は未だ明らかにされていない上に,その症状が石灰欠乏によって起こる尻ぐされ果<sup>(1)</sup>と似ているために,たびたび混同されているのが実情である。

一方他作物にあっては,果実についてミカン<sup>(2,3)</sup>,ブドウ<sup>(4,5)</sup>,トマト<sup>(6)</sup>,葉についてナシ<sup>(7,8)</sup>などについての障害が報告され高温,乾燥あるいは日光の特定波長がその発生要因とされているが,作物の種類,部位によっても障害発生に対する感受性が異っている。またピーマンのように果実内が空洞なものについての報告は見られない。

そこで本実験では、日焼け果の障害についてその発生機構を明らかにし、その予防対策を確立する目的で行なった。

### 材料および方法

品種はカルホルニアワンダー、新サキガケミドリ、土佐シントウガラシの3品種を用い以下の9実験を行なった。

実験1。日焼け果と尻ぐされ果の比較を見るために、それぞれの発生症状の様相と果実への発生部位について調査し、また発生部位組織の顕微鏡観察も行ない比較検討を行なった。

実験2。日焼け果発生の品種間差異を見るために前述の3品種を用い、5,000分の1アールのワグネルポットで砂耕を行ない、開花後25～30日目の果実をつけた株を好天時の5月17日にガラス室より戸外に出し、果実に直射光線が同じように当たるような同一条件下での日焼け果の発生を見た。戸外へは5月27日まで置きその後ガラス室内に戻し3日後に調査した。処理は1品種5株19～20果を供試した。

実験3。果実の age と日焼け果発生との関係を見るために、新サキガケミドリを用い開花日をラベルし6月15日までビニールハウス内で育成し、それぞれ開花後0～50日目の果実を有する40株160果を供試した。6月16日戸外へ出し日焼け果発生を6月25日に調査した。

実験4。摘葉と土壤水分の影響を見るため、新サキガケミドリを用い培土をつめた直径30 cm の紫焼鉢で、摘葉の有無と鉢土の乾湿を組合せて日焼け果発生について調べた。摘葉区は全葉摘除し、また多湿区は1日3回かん水、乾燥区はかん水をなるべくひかえ葉がしおれを現わす程度までにした。6月17日にビニールハウスから戸外に出し6月29日に調査した。

実験5。チッソ濃度の影響を見るため、カルホルニアワンダーを用い5,000分の1アールのワグネルポットで砂耕をビニールハウス内で行なった。1番花開時までには、N・P・Kがそれぞれ200 ppm になるような標準培養液で育成し、その後チッソ濃度を0, 100, 200, 400 ppm にした区を設け、また1部株は石灰補給をやめて開花後27日目の12月9日にビニールで全体を被覆し高温処理を行ない、その後の日焼け果発生を調査した。

実験6。被覆材料の違いの影響を見るため新サキガケミドリを用い、5,000分1アールのワグネルポットでビニールハウス内で砂耕した株を供試した。開花開始後27日目の8月7日、それぞれ光線透過量の異なる材料を用いた約1坪の屋根型ハウス内に搬入し、8月10日に日焼け果発生を調査した。また8月7～9日の3日間の最高気温も記録した。

実験7。前処理の影響を見るため、(1)新サキガケミドリを用い、前述の被覆物下で8月24日より1週間育てた。9月1日戸外に出し、9月5日日焼け果発生を調査した。(2)同一品種で温度10°C、15°C、30°Cの前処理の影響を調べた。6月5～13日の8日間前処理し、6月14日から戸外に出し5日目に調査した。なお両実験とも5,000分の1アールのワグネルポットで育成した株を用い、戸外に出した時の果実の age は、開花後(1)が26～30日目、(2)が30～35日目であった。

実験8。果実温度と日焼け果発生を見るため、5,000分の1アールのワグネルポットで育成したカルホルニアワンダーの35日令の収穫した果実を用い、果肉内にセンサーを差し込み温度を測定した。

実験9。果実内含水量の変化を見るため、実験8と同一品種で同一令の果実を供試した。処理は(1)完全な株の果実、(2)株から切り離した果実、(3)根も葉もない株に着生している果実、(4)根のない葉のある株に着生している果実を5日間日陰に放置した後果重を測定し、風乾後の果重との差から対乾量含水量パーセントを算出した。

## 結 果

## 1. 日焼け果と尻ぐされ果の比較

日焼けは果実日射面の脱緑に始まり、やがてしわが寄り始めさらに症状が進むと乾燥し白化皮となる (Fig. 1)。一方尻ぐされ果は初めは同様に脱緑から始まるがやがて黒く変色する (Fig. 2)。また尻ぐされは主に果実の果頂部に現われるが、日焼けは果実の日射面に現われ、果実のいずれの部位でも発生が認められる (Fig. 3)。また障害部の顕微鏡観察によると尻ぐされは表皮組織まで障害が及んでいるが、日焼けは内側の柔組織が犯されて表皮細胞は健全である (Fig. 4)。

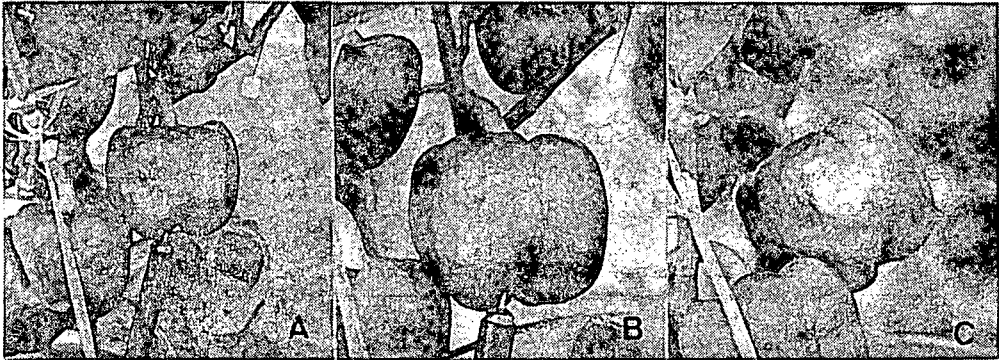


Fig. 1. Process of sun-scald appearance of California Wonder pepper fruit.  
A: Early stage B: Middle stage C: Last stage



Fig. 2. Symptom of blossom-end rot of California Wonder pepper fruit.



Fig. 3. Typical symptom of sun-scald (A) and blossom-end rot (B) of California Wonder pepper fruits.

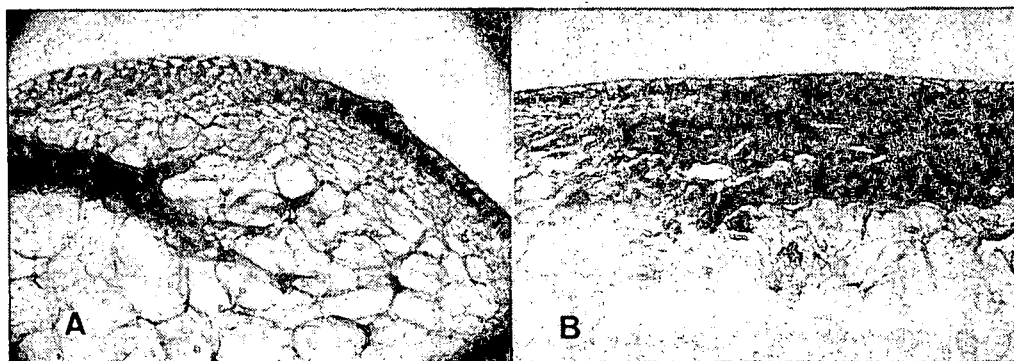


Fig. 4. Histological difference between sun-scald(A) and blossom-end rot fruits.

## 2. 日焼け果発生の品種間差

Table 1, 2 に見られるように、大果種で果肉が厚く空洞量の大きいカルホルニアワンダーで日焼け果の発生率が高く、次いで中果種の新サキガケミドリであり、小果種で果肉が薄く空洞量の小さい土佐シントウガラシではほとんど発生が認められなかった。

Table 1. *Effect of variety on the sun-scald of pepper fruits.*

| Variety              | No. of fruits | No. of sun-scald | Percentage sun-scald |
|----------------------|---------------|------------------|----------------------|
| Califolnia Wonder    | 19            | 11               | 57.9                 |
| Shin-sakigakemidori  | 20            | 11               | 55.0                 |
| Tosa-shishitogarashi | 20            | 1                | 5.0                  |

Table. 2. *Varietal difference in fruit characters.*

| Variety              | Days after flowering | Fruit weight g | Sarcocarp thickness cm | Sarcocarp weight g | Hollow volum cm <sup>3</sup> |
|----------------------|----------------------|----------------|------------------------|--------------------|------------------------------|
| California Wonder    | 15                   | 29.0           | 0.25                   | 13.5               | 16.8                         |
|                      | 25                   | 95.5           | 0.53                   | 75.0               | 66.0                         |
|                      | 40                   | 153.5          | 0.66                   | 133.0              | 129.0                        |
| Shin-sakigakemidori  | 15                   | 21.0           | 0.21                   | 13.5               | 11.0                         |
|                      | 25                   | 51.5           | 0.38                   | 45.0               | 44.5                         |
|                      | 40                   | 77.0           | 0.57                   | 66.0               | 62.0                         |
| Tosa-shishitogarashi | 15                   | 18.0           | 0.20                   | 15.0               | 8.8                          |
|                      | 25                   | 29.0           | 0.30                   | 24.5               | 14.8                         |

## 3. 果実の age と日焼け果発生との関係

Fig. 5 に見られるように、果実の age が若い肥大初期は日焼け果の発生は全然認められないが、その後は age (肥大) の進行とともに、発生率も高くなり、肥大ピークを幾分過ぎた開花後 35日目あたりに発生率のピークが認められた。その後さらに果実の age が進み、肥大が緩慢になってくると、しだいに発生率は低下し、50日目になるとほとんど発生が認められなかった。

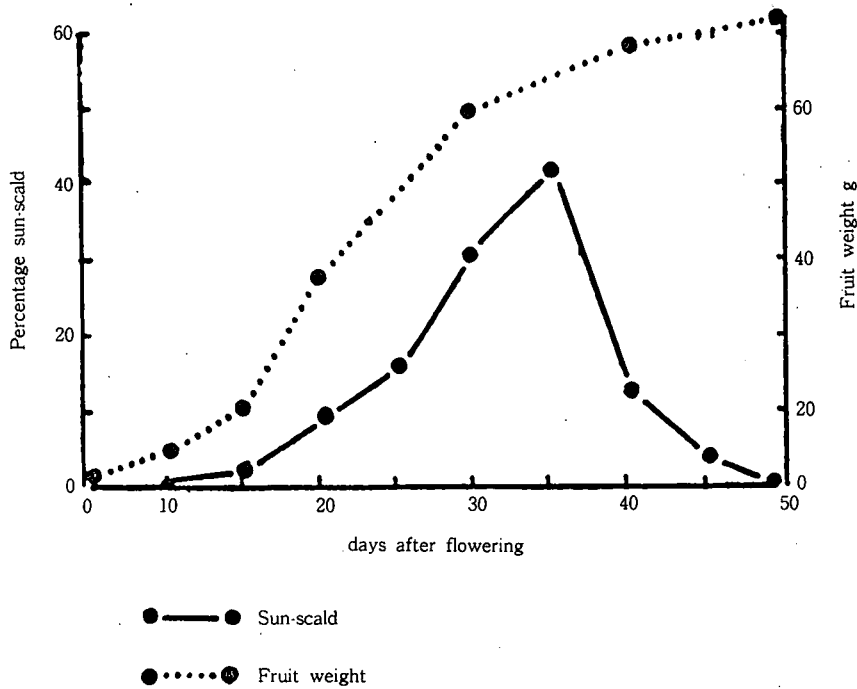


Fig. 5. Effect of fruit age on the occurrence of sun-scaud of Shin-sakigakemidori pepper fruit.

#### 4. 摘葉と土壤水分の影響

Table. 3 に見られるとおり、土壤の乾燥によって日焼け果は著しく発生したが、摘葉を行うと発生が抑制され、摘葉多湿区では全然発生が見られなかった。

Table 3. Effects of defoliation and dry soil treatment on the sun-scaud of Shin-sakigakemidori pepper fruits.

| Treatment    |          | No. of plants | No. of fruits | No. of sun-scaud | Percentage sun-scaud |
|--------------|----------|---------------|---------------|------------------|----------------------|
| Defoliated   | Dry soil | 6             | 46            | 5                | 10.9                 |
|              | Wet soil | 6             | 47            | 0                | 0.0                  |
| Undefoliated | Dry soil | 6             | 51            | 14               | 27.5                 |
|              | Wet soil | 6             | 44            | 3                | 6.8                  |

#### 5. チッソ濃度の影響

Fig. 6 に見られるように、チッソ量が多くても少なくても日焼け果発生率は少なく、發育良好な 100 ppm, 200 ppm で多く発生した。無石灰区では発生が少なく、逆に尻ぐされ果が発生した。

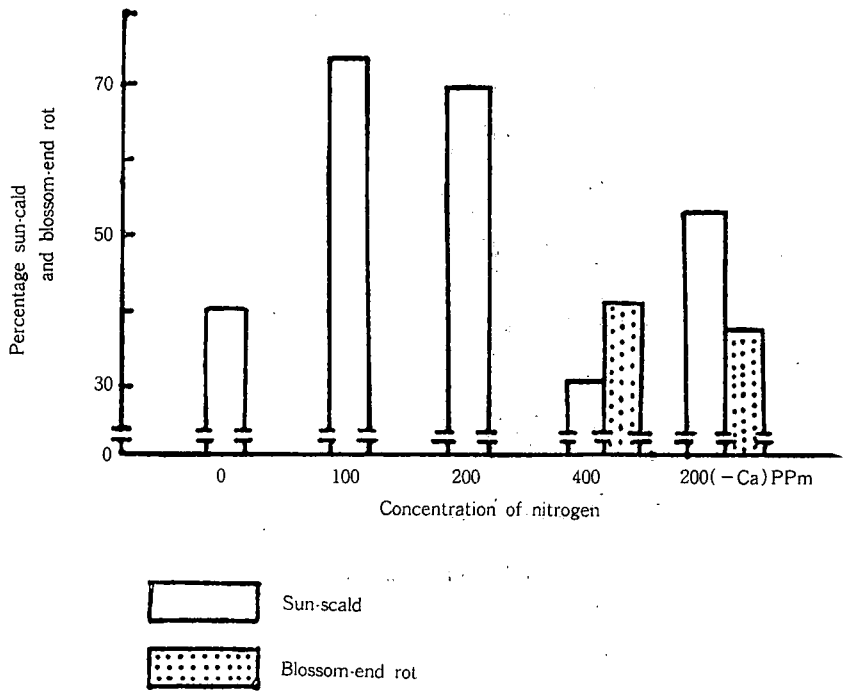


Fig. 6. Effect of various concentration of nitrogen on sun-scald and blossom-end rot of California Wonder pepper fruits.

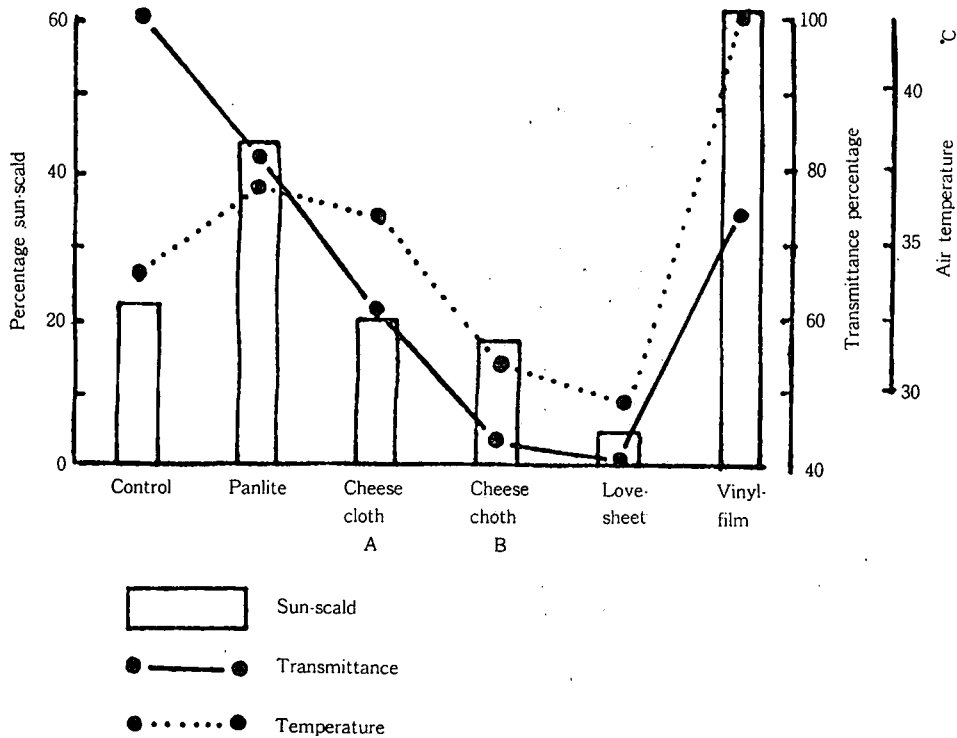


Fig. 7. Effect of various covering materials on sun-scald of Shin-sakigakemidori pepper fruits.

## 6. 被覆材料の違いによる影響

Fig. 7 に見られるように、無被覆区を除き、光線透過量の多い区ほど発生率が高くなり、ラブシート区で最も低く、ビニール区、パンライト区で高い値を示した。これは気温の上昇と密接な相関があり、日焼け果の発生は気温の上昇によって引き起こされている。

## 7. 前処理の影響

Fig. 8 に見られるように、光線透過量の少ないラブシート前処理区で日焼け果が多発した。逆に光線透過量の多い、パンライト、ビニール前処理区では発生率が低下した。また温度前処理について見ると、Tabl 4 に見られるように、低温前処理で発生が多くなり、特に10°C前処理区では発生が著しかった。

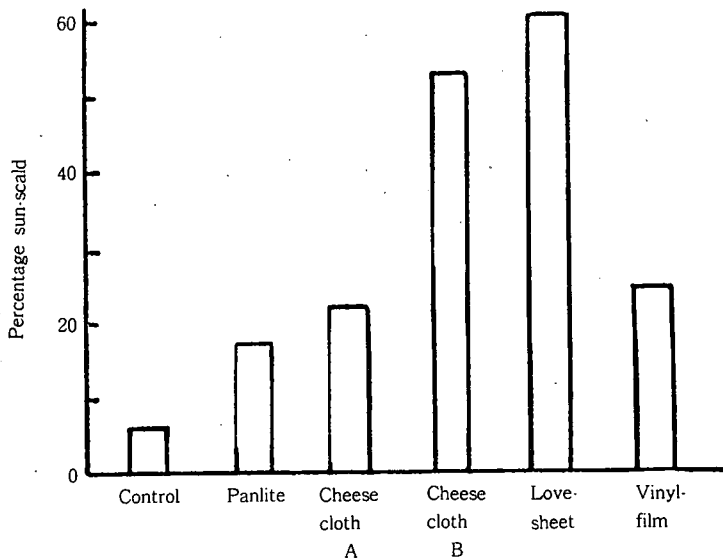


Fig. 8. Effect of various covering materials pretreatment (1 week) on sun-scaud of Shin-sakigakemidori pepper fruits.

Table 4. Effect of temperature pretreatment (8 days) on the occurrence of sun-scaud of Shin-sakigakemidori pepper fruits.

| Pre-treatment | No. of fruits | No. of sun-scaud | Percentage sun-scaud |
|---------------|---------------|------------------|----------------------|
| 10° C         | 18            | 16               | 88.9                 |
| 15° C         | 18            | 7                | 38.9                 |
| 30° C         | 14            | 3                | 21.4                 |

## 8. 果実温度

Fig. 9 に見られるように、日射面の果肉内温度が52~53°Cに上昇したものは20~30分で日焼けが発生したが、47~48°Cでは1 hr 位高温状態が持続しても、日焼けの発生は認められなかった。なおこれらは収穫した果実について行なったものであるが、夏季の実験中樹上の果実でも50°C以上になることはめずらしくなかった。

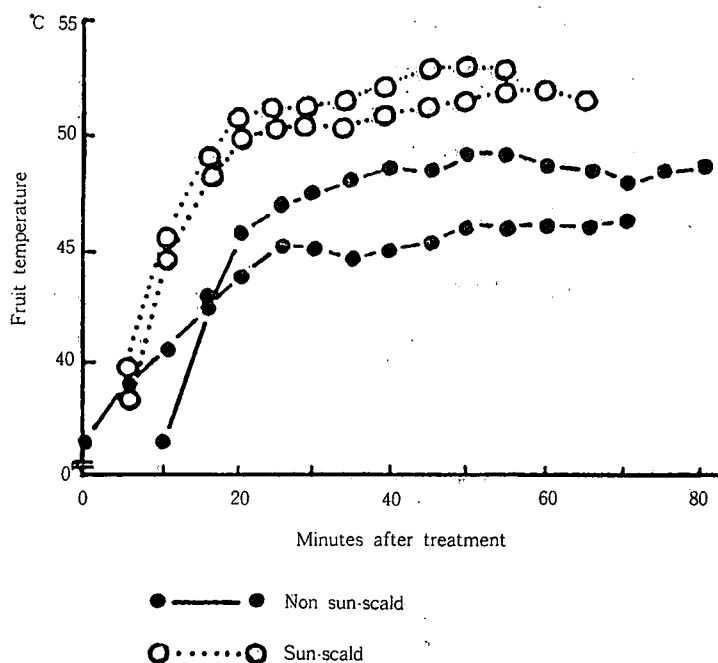


Fig. 9. Fruit temperature fluctuation of excised California Wonder pepper fruit exposed to direct irradiation as related to sun-scald.

#### 9. 果実内含水量の変化

Tabl 5 に見られるように、完全な株に着果している無処理果に比べ、株から切り離れた果実、根も葉もない株に着生している果実、根のない葉のある株に着生している果実は果実内含水量が減少し、指数で表わすとそれぞれ90.0, 73.4, 63.8となり特に根がなく葉のあるものは、茎葉からの蒸散により果実内の水分が失われていた。

Table 5. Water content of fruits as effected by presence or absence of roots and leaves of California Wonder.

| Treatment                         | Percentage of Water per dry weight | Index |
|-----------------------------------|------------------------------------|-------|
| Fruits with roots and leaves      | 1827.6                             | 100.0 |
| Excised fruits                    | 1643.9                             | 90.0  |
| Fruits without roots and leaves   | 1341.7                             | 73.4  |
| Fruits without roots, with leaves | 1166.7                             | 63.8  |

#### 考 察

従来ピーマン果実の日焼けは、高温時に多発することから、高温が何らかの影響を与えていると考えられてきた。しかしながら症状が尻ぐされ果と似ており区別が判然としないものも多く、また尻ぐされ果も高温時に発生する<sup>(1)</sup>ことから、しばしば混同されて考えられてきた。これらの違いは肉眼的には発生部位とその変色の仕方では判別でき、日射面で白く乾燥してきたら日焼け果と考えてよい (Fig. 1, 2, 3)。組織上はその障害が表皮にまで及んでいるかどうかで決まり、表皮細胞

が健全であれば日焼け果である (Fig. 4)。また中・大果種で日焼け果が発生しやすく、小果種はほとんど発生が認められないが (Table 1), 中・大果種は小果種より果肉が厚く空洞量が多い (Table 2)。中川ら<sup>(9,10,11)</sup>によると果実の熱収支は  $F = I - R - A$  で表わされ  $F$  : 果実に貯えられる熱量,  $I$  : 果実に入射する短波軸射量,  $R$  : 果実より放射される長波軸射量,  $A$  : 果実より拡散によって失われる熱量,  $I$  及び  $R$  は果実の大きさに無関係であり,  $A$  は果実の熱伝達係数に比例する。熱伝達係数  $h$  は  $h = \frac{\lambda}{(2r)^{0.4}} \times 0.33 \left( \frac{u}{v} \right)^{0.6}$  で表わされる。 $\lambda$  : 空気熱伝導率,  $r$  : 果実の半径,  $v$  : 空気動粘性係数,  $u$  : 風速, 熱伝達係数  $h$  は果実の半径の 0.4 乗に逆比例し果実表面と気温の間の差は大きい果実ほど大きくなると予想している。これらはブドウ果実のような球果実についてであるが、ピーマン果実でも同様に考えられ、しかも果実内空洞の大きさがさらに温度較差を大きくしたと思われる。従って大型品種や緑熟した果実に日焼けの発生が多く見られたのは (Table 1, Fig 5), 果実が大きく空洞量も大きい (Table 2), より高温になりやすかったのではないかとと思われる。若果や老果で発生が少なかったが (Fig. 5), 若果は上述のように果実温が上がりにくいことと、果実自身の水分代謝に対する活力が旺盛で、果実上昇を水分転流で防げたためと思われる。また果実の大きい老果は、細胞が硬化して高温になっても障害が現われにくくなり発生が抑制されたものと思われる。無摘葉乾燥区で日焼け果の発生が多かったのも (Table 3), 無摘葉の場合は摘葉区に比べ葉からの蒸散が多く、果実内の水分が減少し (Table 5), また土壌の乾燥によって水分転流が少なくなり、比熱の大きい水の動きが減少し日射面の果実温が上がりやすくなったためと思われる。着葉が多いと日焼け果になりやすいことはブドウ<sup>(4,5)</sup>でも述べられている。しかしミカンでは着葉の多少は影響せず、むしろ強剪定すると発生しやすくなるとされている<sup>(2,3)</sup>。同様にピーマンでも強剪定後によく日焼け果になりやすいことも観察されるが、これらは果実に日光が当たりやすくなるためであり、果実への日当りが同条件であれば、着葉数の多少の面から考えて逆の結果が生じるものと推察された。また生育時のチッソ濃度の影響では、生育の旺盛な区で多発したのも (Fig. 6), 着葉数の多少が水分を媒介として果実温に影響したものと思われる。被覆材料の違いは光線透過量が多く、気温の上昇しやすい区は日焼け果が多かったが (Fig. 7), ミカン<sup>(2,3)</sup>, ブドウ<sup>(5)</sup>でも袋掛の種類によって同様なことが明らかにされている。前処理の影響では、弱日照処理区で日焼けとなりやすかったが (Fig. 8), ミカンの日焼け<sup>(2,3)</sup>, ナシの葉やけ<sup>(7)</sup>が降雨あるいは低日照の続いた後障害が現われやすいことと一致する。また低温前処理でも発生が多くなったが (Table 4), いずれも前処理の影響によって、処理時根からの吸水が順調になされず、水分不足となり前述の乾燥処理 (Table 3) と同現象をきたし、果実温の上昇を引き起こしたものと思われる。低温前処理後葉温が高くなることはキササネ<sup>(12)</sup>でも述べられている。吸水が順調に行われないと果実内含水量が著しく減少することは第 5 表で明らかである。ピーマンの場合果実温が 52~53°C が 20~30 分で発生したが (Fig 9), 収穫されたブドウでは 48°C 1 時間で障害が現われており<sup>(5)</sup>, 温度と時間の関係はさらに詳しく研究する必要がある。また高温が細胞にどのように作用して壊死に致らしめるかについて、中川ら<sup>(5)</sup>は高温により異常呼吸が促進され、細胞内にアセトアルデヒドが蓄積されるためであると述べている。ピーマンの場合でも同様に高温に伴う異常呼吸の害であることは充分考えられるがさらに詳細な検討が必要であらう。

対策の面からは、バランスのとれた樹の生育をはかり根からの吸水が順調に行われるようにし、また温度管理に注意を払い、低温・降雨に伴う低日照の続いた後は、ハウス内の温度が急上昇しないように換気に注意し、かん水にも十分の注意を払い、葉水をしてやることも必要であらう。また晴天で風の強い日は特に注意が必要である。

## 摘 要

ピーマン果実の日焼け果と呼ばれている障害について、原因を明らかにするためいくつかの実験を行なった。

1. 日焼け果は一般に直射日光を受けた部位に現われ、先ず脱緑が見られ、次いでしわができやがてその部位がへこみ白く乾燥してくる。組織学的に観察すると柔細胞は壊死が認められたが、表皮細胞は健全であった。一方尻ぐされ果は黒く変色し、表皮細胞も壊死した。

2. 中・大果種は小果種より日焼け果になりやすかった。

3. 開花後30日目の果実は日焼けになりやすかったが、それ以後になるとだんだんと発生率が減少してきた。

4. 摘葉と土壌の乾燥によって日焼け果の発生が助長された。

5. チッソ施用の影響を見ると、チッソ濃度が 100 ppm, 200 ppm の時、樹は旺盛な生育を示し、日焼け果の発生が多かった。一方 0 ppm あるいは 200 ppm 以上になると発生は減少した。

6. 種々の被覆資材の影響を見ると、ビニル、パンライト被覆区は日中高温となり日焼け果の発生が甚しかった。

7. 弱光や低温の前処理後、日焼け果の発生が著しくなった。

8. 果肉内温度を測定したところ、50°C 以上が20~30分間続くと日焼け果となった。

9. 果実内含水量を収穫果と根・葉の有・無のそれぞれの場合の果実で見ると、根・葉有のコントロール区の果実に比べ、収穫果のあるいは根を切った場合の果実は対乾量含水率が減少した。

10. 以上より、ピーマンの日焼け果は果肉内温度が50°C 以上に20~30分間あると高温によるストレスで発生するものと思われた。

## 引 用 文 献

- 1) 福元康文・岩崎昭雄・服部一朋, ピーマンの尻ぐされ果発生に関する研究(第1報) 尻ぐされ果発生要因について, 園芸学会中四国支部大会発表要旨, 508 (1979)
- 2) 大垣智昭・富田英司, 早生温州果の日焼け障害防止に関する研究(第1報) 気象及び栽培上の発生条件並びに防止法試験(1), 神農試験芸分場研究報告, 8, 6—10 (1960)
- 3) ———・関野 茂・牛山欽司, 早生温州果の日焼け障害防止に関する研究(第2報) 防止試験(2)と袋掛時期介びに, 被害度と気象条件, 光線の波長との関係, 神農試験芸分場研究報告, 10, 17—24 (1962)
- 4) 中川昌一, 葡萄果実の生理障害に関する研究(予報), 農業及園芸, 25(1), 1033—1034 (1950)
- 5) ———・南条嘉泰・平田尚美, ブドウ果実の日射病(生活的障害)に関する研究, 園学雑, 29(4), 264—272 (1960)
- 6) 加藤 徹, 症病から見た野菜の生育障害診断, p. 26, タキイ種苗, (1980)
- 7) 熊代克己・佐藤幸雄・建石繁明, ナシの葉やけに関する研究(第1報) 症状および気象条件と葉やけ発生との関係, 園学雑, 40(4), 343—346 (1971)
- 8) 飯塚一郎・渡部俊三・山本隆儀, 西洋ナシの葉やけに関する研究 IV 葉やけの微気象的調査, 農業気象, 28(3), 181—184 (1973)
- 9) 中川行夫, 植物体温に関する研究(第2報), 農業気象, 13(1), 17—21 (1958)
- 10) ———, 植物体温に関する研究(第3報) 苹果の袋掛栽培の環境について, 農業気象, 14(2), 57—60 (1959)
- 11) ———, 植物体温に関する研究(第4報) 果実内の温度分布について, 農業気象, 14(2), 61—64 (1959)
- 12) Drake, B. G and F. B. Salisbury, Aftereffects of low and high temperature pretreatment on leaf resistance, transpiration, and leaf temperature in Xanthium, plant physiol., 50, 572—575 (1972)

(昭和57年9月30日受理)

(昭和58年3月12日発行)