

# 木の実はなぜ熟するのか

中3-D-20 染井 光順

## 目次

はじめに

### 第1章 観察

- 第1節 『ビワの実の観察』
- 第2節 『ミニトマトの実の観察』
- 第3節 『カキの実の観察』
- 第4節 『考察』
- 第5節 『保温効果についての実験』
- 第6節 『まとめ』

### 第2章 果実の成熟とエチレン

- 第1節 果実の成育と呼吸
- 第2節 果実の成熟に伴って起こる変化
- 第3節 植物内に含まれる色素の変化
- 第4節 観察結果との比較

### 第3章 色素と紫外線の関係性

- 第1節 紫外線について
- 第2節 『色素の紫外線カット効果の実験』

### 第4章 実験の情報を入手しての考察

おわりに

参考文献

はじめに

私がこのことについて研究したいと思った理由は二つあります。一つ目は、今までに植物の実が熟する様子を見てきましたが、特に自分の部屋から見えるハッサクの木が段々と緑色から黄色に色付くを見て、なぜこのように色鮮やかに色付くのだろうかと思議に思ったからです。二つ目は、私の大好物がビワであるからです。だから、いつか自分の手でビワを育てようと思っていました。私は、この卒業論文を機に、ビワの生態を調べようと思しました。

これらの内容を調べるために、この論文を書いたので、ぜひ読んでほしいです。

## 第1章 観察

ビワ、ミニトマト及びカキの3種類の植物で観察をした。

### 第1節 『ビワの実の観察』

#### A. 観察の目的

本観察実験は、植物の実が熟するのは、紫外線が照射されることで植物にある何らかの成分が刺激され、果実の色が変化してしまうのかどうかを調べるための実験である。

#### B. 観察の材料

まだ熟れていない緑色のビワの実、UV カットフィルム(図1)、ダンボール箱、ガムテープ、ビニール袋、凧糸

#### C. 観察の概要

- (1) 紫外線を遮断すべく、UV カットフィルムを袋状にして凧糸で縫い合わせたものを用意する。もう一方は、太陽光を遮断すべく、ダンボールを切り取りガムテープで貼り付け、直方体の形にしたもの(図2、3)を用意する。
- (2) 直方体型のダンボールが雨で濡れないようにビニール袋を被せる(図4)。
- (3) 3月下旬、まだ熟れていない緑色のビワの実に一方はUV カットフィルム、もう一方は直方体型のダンボールを被せて、ビワの実の様子を観察する(図5、6)
- (4) 結果を『味』『実の成熟度』『実の色』『最盛期』『実の大きさ』の観点から判断する。

(図1) UV カットフィルム



(図2)ダンボール



(図3)ダンボールの中



(図4)ダンボールにビニール袋を被せた



(図5) UV カットフィルムを被せた  
ビワの実



(図6)ダンボールを被せた  
ビワの実



D. 観察と結果

<観察期間> 2023年4月2日 14時30分 [天候] 曇り から  
2023年6月14日 19時00分 [天候] 曇り まで

◎4月2日 14時30分 [天候] 曇り◎

	何も付けていない実	UVカットフィルムに包んだ実	ダンボール箱に包んだ実
実の色	<p>緑色</p> 	<p>緑色</p> 	<p>緑色</p> 

◎5月28日 16時00分 [天候] 晴れ◎

	何も付けていない実	UVカットフィルムに包んだ実	ダンボール箱に包んだ実
実の色	<p>黄緑色</p> 	<p>黄色(一部橙)</p> 	<p>黄色(一部橙)</p> 
腐った実の数	0	1	2

●6月14日 19時00分 [天候] 曇り●

大変良い…◎、やや良い…○、やや悪い…△、悪い…×

	何も付けていない実	UVカットフィルムに包んだ実	ダンボール箱に包んだ実
味	◎	○	△
実の成熟度	◎	◎	◎
実の色	オレンジ色 	オレンジ色 	オレンジ色 
最盛期	6月11日	6月8日	6月10日
実の大きさ	◎	◎	◎
総合評価	◎	○	△

<結果を見てわかったこと>

- ・UVカットフィルムに包んだ実とは他の実と比べて、成長が早い傾向が見られる。ただし、個体差があり、必ずしも実が大きくなるとは限らない。
- ・ダンボール箱に包んだ実とは味以外は何も付けていない実と結果がほぼ一緒である。

#### E. 反省点

- ・UVカットフィルムがどの程度、紫外線を遮断するのか、本当に遮断するのか、それを詳しく調べる前に観察実験を始めてしまった。
- ・コントロール実験の設定をもう少し考えるべきであった。
- ・観察途中で大雨が降ったので、ダンボールが湿ってしまい、余計に湿度が高くなってしまった。また、保温効果も認められ、それが果実の成長にどの程度影響したかもっと調べるべきであった。
- ・ダンボール箱を密封してしまい、通気性があまり良くない環境で観察を行ってしまい、実を腐らせてしまった。

## 第2節 『ミニトマトの実の観察』

### A. 観察の目的

ビワの実以外の実でも同じ結果が出るのか気になったため、観察実験をすることにした。

### B. 観察の材料

まだ熟れていない緑色のミニトマトの実、透明のビニール、黒のビニール、穴あけパンチ

### C. 観察の概要

前回の反省点も踏まえながら、観察していく。

- (1) 透明のビニールと黒のビニールを二重の袋状にする(図7)。  
→雨を弾くビニールに統一させ、UVカットフィルムは用いない。
- (2) 袋状にした透明のビニールと黒のビニールに穴あけパンチで8mm くらいの穴を至るところにあける(図8、9)。  
→穴を開けることで、通気性を最大限まで良くし、実が腐りにくくする。
- (3) 8月上旬、まだ熟れていない緑色のミニトマトの実の房に、一方は透明ビニール袋、もう一方は黒いビニール袋を被せて、ミニトマトの実の様子を観察する(図10、11)。
- (4) 結果を『味』『実の成熟度』『実の色』『最盛期』『実の大きさ』の観点から判断する。

(図 7) 黒のビニールと透明ビニールを袋状にする



(図 8) 透明ビニールに穴を開ける



(図 9) 黒のビニールに穴を開ける



(図 10) 透明ビニールを被せた  
ミニトマトの実



(図 11) 黒のビニールを被せた  
ミニトマトの実






D. 観察と結果

<観察期間> 2023年7月8日 15時00分 [天候] 晴れ から  
 2023年8月2日 15時30分 [天候] 晴れ まで

◎7月8日 15時00分 [天候] 晴れ◎

	何も付けていない実	透明ビニール袋に包んだ実	黒のビニール袋に包んだ実
実の色	緑色 	緑色 	緑色 

◎7月19日 17時15分 [天候] 曇り◎

	何も付けていない実	透明ビニール袋に包んだ実	黒のビニール袋に包んだ実
実の色	黄緑色 	黄緑色(一部薄橙) 	黄緑色 
腐った実の数	0	0	1

◎7月27日 15時15分 [天候] 曇り◎

	何も付けていない実	透明ビニール袋に包んだ実	黒のビニール袋に包んだ実
実の色	橙色(一部赤) 	橙色(一部赤) 	黄色(一部橙) 

●8月2日 15時30分 [天候] 晴れ●

大変良い…◎、やや良い…○、やや悪い…△、悪い…×

	何も付けていない実	透明ビニール袋に包んだ実	黒のビニール袋に包んだ実
味	○	◎	×
実の成熟度	◎	◎	△
実の色	赤色	赤色	橙色
最盛期	8月1日	7月31日	計測不可能
実の大きさ	◎	◎	◎
総合評価	◎	◎	×

<結果を見てわかったこと>

- ・黒のビニール袋に包んだ実は、他の実と比べて、成長が遅い傾向が見られる。
- ・結果はビワの実と違って、実の大きさは変わらないが、実の色が変わった。
- ・透明ビニール袋で包んだ実は、何も付けていない実よりも微妙に成長が早い傾向が見られた。

E. 反省点

- ・黒のビニール袋の中が暑くなり過ぎてしまい、実を腐らせてしまった。

### 第3節 『カキの実の観察』

#### A. 観察の目的

ビワ、ミニトマトの実以外の実でどのような結果が出るのか気になったため、さらに、観察実験を行った。

#### B. 観察の材料

まだ熟れていない緑色のカキの実、透明のビニール、黒のビニール、穴あけパンチ

#### C. 観察の概要

- (1) 透明のビニールと黒のビニールを二重の袋状にする。
- (2) 袋状にした透明のビニールと黒のビニールに穴あけパンチで8mm くらいの穴を至るところにあける。
- (3) 7月上旬、まだ熟れていない緑色のカキの実に一方は透明ビニール袋、もう一方は黒のビニール袋を被せて、カキの実の様子を観察する。
- (4) 結果を『味』『実の成熟度』『実の色』『最盛期』『実の大きさ』の観点から判断する。

#### D. 観察と結果

<観察期間> 2023年7月8日 15時00分 [天候] 晴れ から  
2023年11月12日 16時00分 [天候] 曇り まで

◎7月8日 15時00分 [天候] 晴れ◎

	何も付けていない実	透明ビニール袋に包んだ実	黒のビニール袋に包んだ実
実の色	緑色	緑色	緑色

◎11月1日 17時15分 [天候] 曇り◎

	何も付けていない実	透明ビニール袋に包んだ実	黒のビニール袋に包んだ実
実の色	薄橙色	薄橙色	薄橙色

●11月12日 16時00分 [天候] 曇り●

大変良い…◎、やや良い…○、やや悪い…△、悪い…×

	何も付けていない実	透明ビニール袋に包んだ実	黒のビニール袋に包んだ実
味	◎	◎	△
実の硬さ	◎	○	○
実の色	朱色	金赤色	橙色
最盛期	11月12日	11月10日	計測不可能
実の大きさ	◎	◎	◎
総合評価	◎	◎	×

<結果を見てわかったこと>

- ・黒のビニール袋に包んだ実は、他の実と比べて成長が遅い傾向が見られる。
- ・透明ビニール袋で包んだ実は、何も付けていない実よりも微妙に成長が早い傾向が見られた。
- ・結果がミニトマトの観察結果と似ている。

#### E. 反省点

- ・あまり観察する時間を取れなかったため、もっと細かい推移を調べることができなかった。

#### 第4節 『考察』

ビワ、ミニトマト、カキの実の観察を通して、

A. 透明のビニールに包んだ実は成長が早くなったのはなぜだろうか。透明のビニールには保温効果がある可能性があり、作物が良く育つ適温になったことで成長が早くなったと考えられる。

B. なぜ黒のビニールに包んだ実は実が腐りやすいのか。温度が高くなりすぎたことで実が腐ってしまったと考えられる。黒のビニールは熱を吸収したことで袋の中の気温が高くなりすぎてしまったと考えられる。

→透明ビニールと黒のビニールには保温効果があるのかどうか実験を行う。

C. 黒のビニールに包まれたミニトマトとカキの実は全体的に成長が遅れていたのに対し、ビワの実は成熟したが、なぜ味は糖度が低かったのだろうか。黒のビニールは、糖の生成に悪影響があったと推測できる。

→植物ホルモンや色素について調べる

## 第5節 『保温効果についての実験』

### A. 実験の目的

透明ビニールと黒のビニールには保温効果があるのか確かめるために、実験を行った。

### B. 実験の材料

透明のビニール、黒のビニール、厚紙、セロハンテープ、洗濯バサミ、アルコール温度計

### C. 実験の概要

- (1) 透明のビニールの箱と太陽光を遮断する黒のビニールの箱を用意した。
- (2) いずれも外気が入らないように密封してその中に温度計をセットした。(図 12、13)
- (3) 両方の箱を同時に開けて素早く温度を計った。

(図 12)



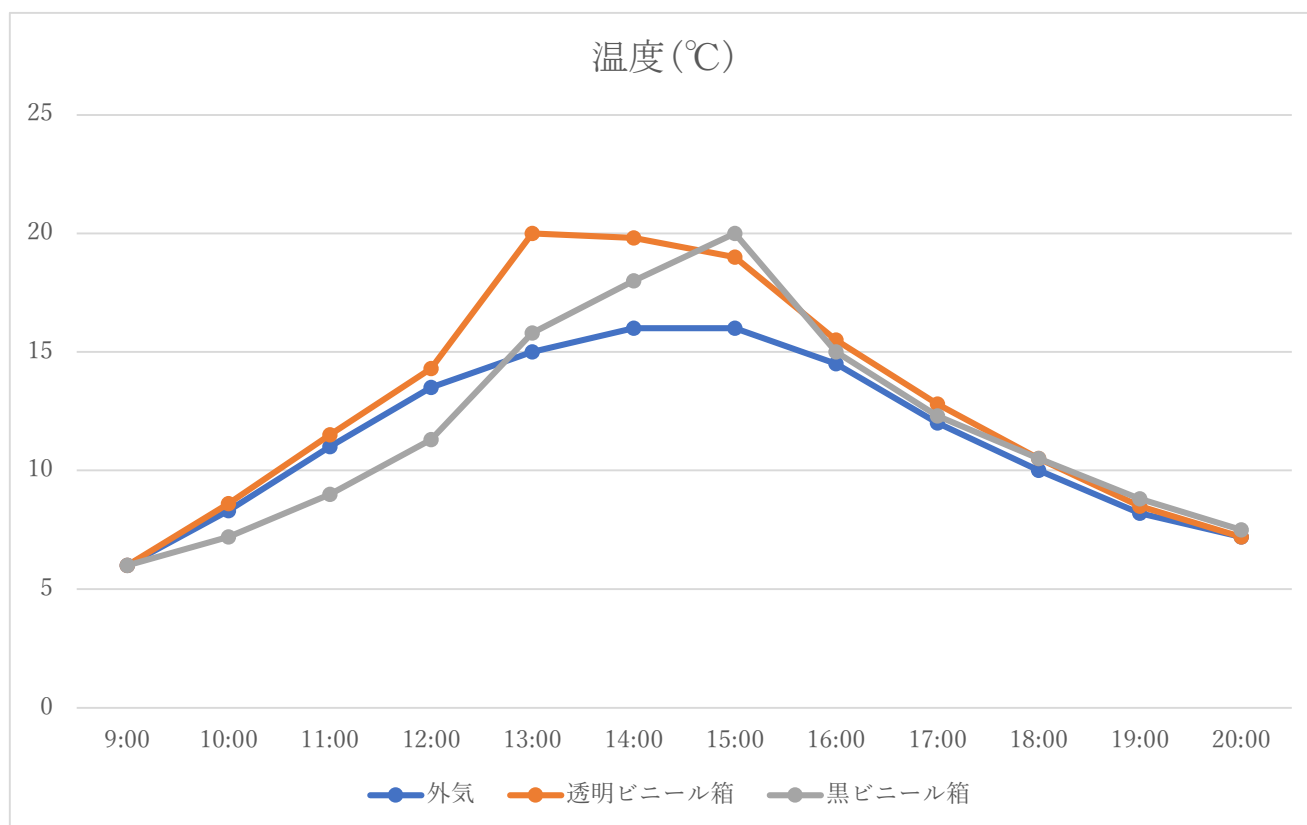
(図 13)



#### D. 実験と結果

<観察日> 2023年12月14日 9時00分、天候 晴れ から  
2023年12月14日 20時00分、天候 晴れ まで

	外気	透明ビニール箱	黒ビニール箱
9:00	6°C	6°C	6°C
10:00	8.3°C	8.6°C	7.2°C
11:00	11°C	11.5°C	9°C
12:00	13.5°C	14.3°C	11.3°C
13:00	15°C	20°C	15.8°C
14:00	16°C	19.8°C	18°C
15:00	16°C	19°C	20°C
16:00	14.5°C	15.5°C	15°C
17:00	12°C	12.8°C	12.3°C
18:00	10°C	10.5°C	10.5°C
19:00	8.2°C	8.5°C	8.8°C
20:00	7.2°C	7.2°C	7.5°C



<結果を見てわかったこと>

- ・透明のビニールに包まれた箱は、外気の温度よりも少しずつ上昇し、午後1時に最高温度(20°C)に達し、3時以降に急激に下がり始める。

→透明ビニールに包まれた箱は、午後 5 時頃まで保温効果がある。

- ・黒のビニールに包まれた箱は、最初の午前 11 時頃までは温度が外気を下回るが、午後 1 時頃から温度が上昇し、透明ビニール袋よりも 2 時間遅れて最高温度の 20℃に達する。以後午後 8 時を過ぎても温度が外気を上回り、透明ビニール箱よりも保温効果が認められた。

→黒のビニールに包まれた箱は、熱を吸収しやすく、透明ビニールよりも保温効果があると考えられる。

#### E. 反省点

- ・外気で計っていた温度計の球部が少しずれて固定されていたので、実験結果が 0.1℃程度誤差がある。

### 第 6 節 『まとめ』

保温効果についての実験を通して、

- A. 透明のビニールに包んだ実は成長が早くなったのはなぜだろうか。  
…透明のビニールには保温効果があるが、透明であるため日没とともに外気と同様に温度が下がったから。
- B. なぜ黒のビニールに包んだ実は腐りやすいのか。  
…外気の温度が高く、日没が過ぎても熱がこもりやすかったから。

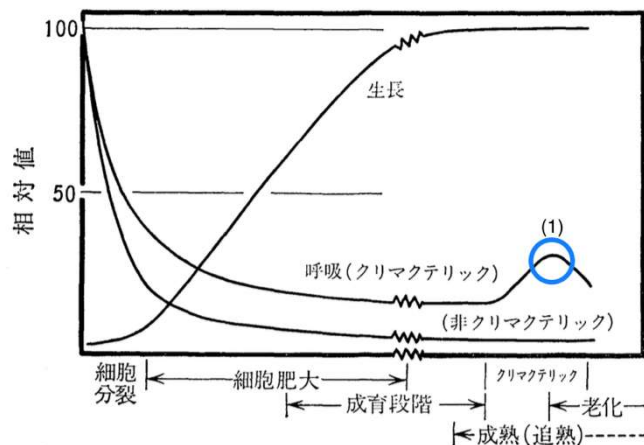
## 第2章 果実の成熟とエチレン

果実の一生は、開花、受精に始まり、細胞分裂、肥大により生育が進み、やがて十分な成育段階に達する。このうち、成育時期から成熟時期に移行するときに、生理学的、生化学的に大きな変化が見られる。主に、「呼吸の増大、クロロフィルの分解、果肉の軟化、でんぷんの糖化」などである。本章では、これらの変化を一つ一つまとめていきたいと思う。この中でも、「クリマクテリック」と名付けられた呼吸の増大は特に有名であり、成熟現象の一つの大きな指標となっている。これらの変化は、果実の生長から老化への移行現象ともみなすことができる。

クリマクテリック呼吸の増大は「エチレン」により引き起こされる。「エチレン」は果実の成熟に関する植物ホルモンとみなされていたが、近年、さまざまな研究がなされ、「エチレン」は果実の成熟をはじめ、落葉、落果、植物の生長抑制などを引き起こし、老化を促進するホルモンともいえることが報告されている。

### 第1節 果実の成育と呼吸

果実の成育と呼吸との関連図のように示される。果実細胞分裂の後、肥大し、やがて階に達する。未熟の果実は呼吸であるが、生長するに従って量は減少し、十分に成育した後は著しく低下する。しかし、種類によっては老化に入る前時的に呼吸の上昇がみられ



は、右は、細胞成育段階で呼吸が盛んで呼吸果実に“一時的に呼吸の上昇”がみられるもの

出典：『化学と生物』 Vol. 16, No. 4 p. 218 より

増加を「クリマクテリック」という。また、クリマクテリックの認められる果実を「クリマクテリック果実」といい、クリマクテリックの認められない果実を「非クリマクテリック果実」という。

「クリマクテリック果実」には、アボカド、バナナ、洋ナシ、リンゴ、トマト、メロンなどがあり、「非クリマクテリック果実」には、柑橘果実(ミカン、オレンジ、グレープフルーツ、レモンなど)がある。

では、非クリマクテリック果実に属する果実はなぜ“一時的に呼吸の上昇” [(1)] が見られないのだろうか。柑橘系の成熟果実は、リンゴ、バ

ナナ、アボカド、洋ナシなどと異なり、通常エチレンが生成されない。このことは、柑橘果実がクリマクテリックをなさない理由でもある。呼吸のクリマクテリックは、エチレンにより引き起こされ、柑橘系の果実でも外からエチレンを与えれば呼吸は増

大する。また、柑橘系の果実は幼果のエチレンをつくる時期にはエチレンが大量に生成され、エチレン生成に伴って呼吸の増加がみられる。

## 第2節 果実の成熟に伴って起こる変化

果実の成熟に伴って起こる他の現象についても調べてみた。その一つの例が果実の軟化である。果実の軟化は、未熟な果実に多く含まれる「不溶性ペクチン」が、果実が成熟するにつれて減少し、「可溶性ペクチン」が増大することで起こる。「ペクチン」とは、植物の細胞壁を構成している食物繊維の一種であり、水に溶けない「不溶性」と水に溶ける「可溶性」の2種類がある。また、ペクチンはジャムなどにも使われており、果実に溶け込まないペクチンが減少し、果実に溶け込むペクチンが増加することで、甘い果実が出来上がるのである。

それと時を同じくして、でんぷんが糖に変化する。緑色果実の20~25%を占めるでんぷんは、果実の成熟に伴って分解され、完熟したものでは1~2%になってしまう。これに対して、糖は緑色果実では1~2%であったものが完熟したものでは15~20%にまで増加する。

同様に、細胞膜の透過性も増大する。膜孔の大きさを大きくすることで、細胞膜から果実への糖の通過性を良くし、果実の甘味が増加する。この現象に、エチレンが関与していることは報告されており、エチレンが膜の透過性の増大をひき起こしているとされている。

### 第3節 植物内に含まれる色素の変化

「クロロフィル」は、植物が光合成をする際の太陽の光を吸収する役割を果たす色素(またの名を葉緑素)であり、葉の「緑色」の成分としてよく知られている。その「クロロフィルの分解」は、通常の代謝回転だけでなく、秋の紅葉、葉の老化、果実の登熟など、私たちの身の周りで植物から「緑色」が消失するすべての現象で起きている。

クロロフィルの分解は基本的に、“エチレン”、“アブシジン酸”(種子の休眠やストレス応答に関わる重要な植物ホルモン)は促進的に、“サイトカイニン”(葉の老化抑制、光合成の活性化など重要な植物ホルモン)や“ジベレリン”(茎の伸張、発芽や開花の促進、子房の肥大など重要な植物ホルモン)は抑制的に働く。そして、「クロロフィル」は“クロロフィラーゼ酵素”で加水分解(水と反応することで起こる分解反応)されて、「緑色」を失う。また、強い酸性液状で、「クロロフィル」の分子内のマグネシウムが取れると、“フェオフィチン”という黄緑色の物質になり、緑色が褪せる。果肉の細胞には、「クロロフィル」を含む葉緑体が、幼果の間だけ含まれているが、生長につれて葉緑素が壊れて、「有色体(雑色体)」に変化する。「有色体」は、主に、赤色色素系の“カロチノイド”のうちの、橙色の“カロテン”、黄色の“キサントフィル”、その他赤色色素等の色素を合成、貯蔵する。

これらの色彩変化は常に大量の“カロチノイド色素”を蓄積し、果実が熟すと、葉緑体が有色体に変化するのがその例である。よって、果実が色付く理由は、葉緑体に含まれる「クロロフィル」が分解されて、「有色体」に変化し“カロチノイド色素”が合成されることで、赤色に色づくからである。

#### 第4節 観察結果との比較

まず、トマトはクリマクテリック果実で、ビワ、カキは非クリマクテリック果実である。ここで、論文にまとめられている内容を表にまとめると、下図のようになる。

	クリマクテリック	一時的な呼吸の上昇	成熟果実のエチレンの生成	幼果のエチレンの生成
ビワ	非	×	×	○
ミニトマト	有	○	○	×
カキ	非	×	×	○

また、上の事柄を確認事項とする。

エチレンを与える(または生成する)→呼吸の増大→果実の成熟

① 何も包んでいない実と透明ビニールに包んだ実に現れた差について考える。

A. 透明のビニールに包んだ実の成長が早くなったのはなぜだろうか。

仮説:袋で覆ったことで、エチレンの濃度が高くなったから。

(第1章では、透明のビニールには保温効果があるが、透明であるため日没とともに外気と同様に下がったからと結論づけた。)

(本論文 14 ページ 第1章 第6節 『まとめ』より)

② 「袋の中でエチレンが高濃度になり、それが実の味や最盛期の時期に関与している」という仮説から、実験結果を見る。

●ビワ(非クリマクテリック)●

	何も付けていない実	UV カットフィルムに包んだ実
味	◎	○
最盛期	6月11日	6月8日

→味に関して、

何も付けていない実とはUVカットフィルムに包んだ実よりも甘味があった。そもそも、非クリマクテリック果実はエチレンを放出しないので、袋の中がエチレン高濃度になることはない。よって、ビワの実では、袋の有無で実の甘味に差が出ないはずだ。従って、ビワの味にエチレンが関与しているという仮説は、事実と矛盾していることが認められた。

→最盛期に関して、

UV カットフィルムに包んだ実は何も付けていない実よりも最盛期の時期が早かった。そもそも、非クリマクテリック果実は、袋の中がエチレン高濃度になることはない。よって、ビワの実では、袋の有無で実の最盛期の時期に差が出ないはずだ。従って、ビワの最盛期の時期にエチレンが関与しているという仮説は、事実と矛盾していることが認められた。

●ミニトマト(クリマクテリック)●

	何も付けていない実	透明ビニール袋に包んだ実
味	○	◎
最盛期	8月1日	7月31日

→味に関して、

透明ビニールに包んだ実は何も付けていない実よりも甘味があった。そもそも、クリマクテリック果実はエチレンを放出するので、袋の中がエチレン高濃度になった可能性がある。よって、ミニトマトの実では、袋の有無で実の甘味に差が出て、透明ビニール袋に包まれた実の方が、甘味が強くなるはずだ。従って、ミニトマトの味にエチレンが関与しているという仮説は、事実と整合していることが認められた。

→最盛期に関して、

透明ビニールに包んだ実は何も付けていない実よりも最盛期の時期が早かった。そもそも、クリマクテリック果実は、袋の中がエチレン高濃度になった可能性がある。よって、ミニトマトの実では、袋の有無で実の最盛期の時期に差が出て、透明ビニール袋に包まれた実の方が早く成熟を迎えるはずだ。従って、ミニトマトの最盛期の時期にエチレンが関与しているという仮説は、事実と整合していることが認められた。

●カキ(非クリマクテリック)●

	何も付けていない実	透明ビニール袋に包んだ実
味	◎	◎
最盛期	11月12日	11月10日

→味に関して、

何も付けていない実と透明ビニールに包んだ実とで味に差が生じなかった。そもそも、非クリマクテリック果実は、袋の中がエチレン高濃度になることはない。よって、カキの実では、袋の有無で実の甘味に差が出ないはずだ。従って、カキの味にエチレンが関与しているという仮説は、事実と整合していることが認められた。

→最盛期に関して、

透明ビニールに包んだ実は何も付けていない実よりも最盛期の時期が早かった。そもそも、非クリマクテリック果実は、袋の中がエチレン高濃度になることはない。よって、カキの実では、袋の有無で実の最盛期の時期に差が出ないはずだ。従って、カキの最盛期の時期にエチレンが関与しているという仮説は、事実と矛盾していることが認められた。

表にまとめると、

	味	最盛期
ビワ	矛盾	矛盾
ミニトマト	整合	整合
カキ	整合	矛盾

③ 矛盾の理由を考察する。

- ・非クリマクテリック果実は、幼果の時に大量にエチレンを生成するので、それにより実を包んでいる袋の中のエチレンが高濃度になり、成長が促進された。
- ・袋に包まれたことで温度が上がり、その影響で成熟を促進させた。  
→温度について、

毎日の平均気温を合計したものを積算温度という。例えば、スイカの果実の成熟には一定の日数がかかるが、日数よりもむしろ毎日の気温の累積が重要であり、それは800～1,000℃とみられている。つまり快晴が続いた場合、日数は少なくても累計がこのぐらいの積算になれば成熟に達するとみられている。

(出典:農業園芸用語集)

- ・透明のビニールに包まれた箱は、外気の温度よりも少しずつ上昇し、**午後1時に最高温度(20℃)**に達し、3時以降に**急激**に下がり始める。  
→透明ビニールに包まれた箱は、**午後5時頃まで保温効果**がある。

(本論文 14 ページ 第1章 第5節 『保温効果についての実験』より)

よって、袋の中の温度が高くなったことで、早めに積算温度に達し、成熟に達したと考えられる。

④ 考察の内容から実験結果を見る

(1) 非クリマクテリック果実は、幼果の時に大量にエチレンを生成するので、それにより実を包んでいる袋の中のエチレンが高濃度になり、成長が促進された。

この視点から考えると、

	味	最盛期
ビワ	矛盾→矛盾	矛盾→整合
ミニトマト	整合	整合
カキ	整合	矛盾→整合

(2) 袋に包まれたことで温度が上がり、その影響で成熟を促進させた。

この視点から考えると、

	味	最盛期
ビワ	矛盾→矛盾	矛盾→整合
ミニトマト	整合	整合
カキ	整合	矛盾→整合

ビワの味に関しては、未だに矛盾している。

⑤ 矛盾の理由を考察する。

B. UV カットフィルムに包んだビワの実は何も包んでいない実と比べて、なぜ甘味が減少したのだろうか。

⑥ ここで紫外線について、第3章で調べることにした。

### 第3章 色素と紫外線との関係性

#### 第1節 紫外線について

植物の実が色付くのは、色素によるものだと推察できたが、紫外線との関係性は全くないといえるだろうか。本節では、この疑問を解決するべく、紫外線について調べた。紫外線は、可視光線で最も波長が短い紫の光よりもさらに短波長の光で、人の目には見えない。波長の長い順に UV-A、UV-B、UV-C に分けられる。(下図)



太陽光中の UV-A は、大気圏でほとんど吸収されずに地表に達する。UV-A は人にとって日焼けの原因になる。UV-B は一部が地表に到達する。地表に届く紫外線のうち、UV-A が 92%で、UV-B が 8%である。太陽光中の UV-C はオゾン層により吸収されほとんど地表に達しない。

植物は紫外線により DNA の化学構造に損傷をうけることがあるが、ある程度はそれを修復する機構がはたらく。また、クロロフィル(葉緑素)やアントシアニン(アサガオの花、紫キャベツの葉などの植物に広くに含まれる赤・青・紫の色素)などの色素が紫外線をカットすると考えられている。以下の実験では、これらの色素の紫外線カット効果が示されている。

## 第2節 『色素の紫外線カット効果の実験』

この実験はインターネット上の実験である。

### A. 実験の概要

紫外線試験紙の上に色素の抽出液入りの容器を置き、そこに太陽光又はブラックライト[主に UV-A]の光を当てる。紫外線試験紙が発色するかどうかで、色素の紫外線カット効果をみる。

### B. 実験の材料

緑葉4～5枚、冷凍のブルーベリーの実10粒ほど、エタノール、水、紫外線発色えのぐ、白紙、紫外線を通す透明な容器、ブラックライト

### C. 実験の内容

(1) 紫外線を受けると、発色する紫外線発色えのぐを白紙に塗って乾燥させ、紫外線試験紙とする。

(2) 80℃程度のお湯に緑葉4～5枚を1分浸す。これをペーパータオルに挟んで水分をとる。この葉をガラス瓶に入れ、葉が浸る程度の消毒用エタノールを加えて1晩おく。クロロフィルが抽出されて、エタノールは緑色になる。同様に、アントシアニンも抽出する。冷凍のブルーベリーの実10粒ほどガラス瓶に入れ、浸る程度の水を加える。時間とともに、皮に含まれるアントシアニンが水に溶け出す。

(3) 紫外線を透す透明な容器2つのうち、1つにはクロロフィル溶液を、もう1つには水を入れる。これらの容器を、紫外線試験紙の上に置き、太陽光やブラックライトの光を照射する。試験紙の色は数秒で変わるので、そのようになったら、2つの容器を試験紙から外して、その下になっていた部分の色を見る。アントシアニンの場合にも同様のようにする。

#### D. 実験の結果

エタノール入りの容器、水入りの容器を置いた部分は、発色がよく抑えられたというほどではなかった。つまり、エタノールや水には紫外線カット効果はなかったと考えられる。一方、クロロフィルのエタノール溶液、アントシアニン水溶液を置いた部分は発色していなかった。すなわち、クロロフィル、アントシアニンとも紫外線をカットする効果が認められた。(下図)



#### E. 実験からわかったこと

- ・植物に含まれる色素には、紫外線を遮る紫外線カット効果がある。

### 第4章 実験の情報を入手しての考察

第3章より、植物に含まれる色素には紫外線をカットする効果があることがわかった。

UV カットフィルムに包んだビワの実は何も包んでいない実と比べて、なぜ甘味が減少したのだろうか。

考察:

・色素には紫外線カット効果があることが証明されている。よって、ビワの実にUV カットフィルムを被せる以前から、既に色素の紫外線カット効果が成されているため、紫外線は実の味や最盛期の時期については関与していないと言わざるを得ない。UV カットフィルムに包んだビワの実の甘味が減少したのは、湿度など気候が関係しているのかもしれない。本論文では、それについて証明できなかったのが悔やまれる。

おわりに

これまで述べてきたことから、果実の実が色付くのは紫外線によるものではなく、色素が取って代わることで起こることがわかりました。果実の実が色付くのは、当たり前のことのように思えて、実は内部には複雑な仕組みで成り立っていることが理解できる良い機会になりました。その意味で、とても価値のある1年になりました。

今回、ビワ、ミニトマト、カキでしか観察できませんでしたが、これからはもっと色々な植物で観察したいと思います。さらに、今回のテーマは『木の実はなぜ熟するのか』でありましたが、もっとテーマの幅を広げて、いろいろな考察を試みたいと意気込んでいます。

最後になりましたが、この論文は一人では完成することはできませんでした。学年主任という御立場でお忙しい中、この論文制作に携わってくださった松谷先生、参考文献を執筆された方々に、心より感謝を申し上げます。ありがとうございました。

## 参考文献

使用素材「ラミネート専用フィルム UVカット (A4サイズ用 サイズ 216×303mm フィルム厚:100 $\mu$ m)」発売元 株式会社アスカ

(リンク先) : <http://www.asmix.co.jp>

「果実の成熟(追熟)とエチレン」 著:兵藤 宏 Hiroshi HYODO

『化学と生物』 Vol. 16, No. 4 p.217-227 より

「植物の葉の緑色はどのようにして分解されるか? クロロフィル分解研究の現状」 著:土屋 徹, 太田啓之, 高宮建一郎 Tohru TSUCHIYA, Hiroyuki OHTA, Ken-ichiro TAKAMIYA

『化学と生物』 Vol. 39, No. 9, 2001 p.580-587 より

「カンキツ果実の緑色の生理をみる|キトロロギスト X の記録-FC2」 FC2 Home

(リンク先): <http://citrologist.blog94.fc2.com/blog-entry-342.html>

「農業園芸用語集」 タキイ種苗株式会社

(リンク先): <https://www.takii.co.jp/glossary/se.html>

「植物色素の紫外線カット効果」 生物実験室 16

(リンク先): <http://www2.tokai.or.jp/seed/seed/seibutsu16.htm>

『新課程 フォトサイエンス生物図録』 監修:鳩田正和 坂井建雄 園池公毅 田村実  
中野賢太郎 成川礼 湯本貴和 和田洋  
数研出版 2021年 発行

「Wikipedia」

(リンク先):

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%A8%E3%83%81%E3%83%AC%E3%83%B3>