

## 青色波長영역이 결여된 태양광이 作物의 生產性 및 耐冷性의 향상에 미치는 효과

### II. 미토콘드리아膜의 營脂質不飽和度의 증가

정 진·김 창숙

(1986. 11. 24 접수)

## Effect of Blue Color-deficient Sunlight on the Productivity and Cold Tolerance of Crop Plants

### II. On the unsaturation of mitochondrial phospholipid

Jin Jung, Chang-sook Kim

#### Abstract

The fatty acid compositions of phospholipids extracted from leaves and leaf mitochondria, which were sampled from several horticultural plants grown under blue color-deficient sunlight (BCDS), were determined and compared with those from plants grown under natural white colored sunlight (WCS).

It was found that the mitochondria isolated from plants grown under BCDS contained phospholipid whose degree of unsaturation in unit of number of double bonds per lipid molecule was remarkably higher than that from plants grown under WCS, the relative increment being 8~49%. This was significantly larger than the relative increment, 4~8% for total phospholipid extracted from whole leaves grown under BCDS compared to WCS.

This observation demonstrated that the blue light effect of sunlight on the chemical property of cellular membranes, as long as it was concerned with fatty acid composition, arose mainly at the mitochondrial membrane.

Also observing that the degree of unsaturation of mitochondrial phospholipid was much lower than that of total phospholipid, it was interpreted that this was the consequence of rather active oxidative destruction of lipid-fatty acid components occurring in mitochondrial membrane by the reactive oxygen species, especially superoxide( $O_2^-$ ), which was known to be

\* 서울대학교 농과대학 농화학과 (Department of Agricultural Chemistry College of Agriculture, Seoul National University Suwon, Korea)

produced in mitochondrial inner membrane through the side reactions of the respiratory electron transport chain and also probably through the photosensitized reaction involving oxygen induced by blue colored light.

Thus, it may be tentatively concluded that the extent of photosensitization in mitochondrial membrane could be considerably reduced under BCDS resulting in lowering of the  $O_2^-$  level in the respirating organelle.

The possible involvement of photodynamic action in membrane oxidation was also indicated by the fact that the typical fat-soluble antioxidant,  $\alpha$ -tocopherol, was found to be contained on a higher level in leaves under BCDS than those under WCS.

## I. 序 論

青色光이 결여된 태양광下에서 자란 작물은 白色光 하의 對照區에 비하여 耐冷性이 향상되며, 이러한 生理機能의 변화는 미토콘드리아의 호흡활성轉移溫度의 하강으로 반영되었음을 관찰하고 이를 前報<sup>(1)</sup>에 보고하였다.

미토콘드리아의 呼吸活性전이온도는 그 膜의 相轉移 온도와 일치하며<sup>(2,3)</sup>, 또한 상전이온도는 膜의 구성물질들의 성질 특히 膜脂質의 지방산不飽和度의 지배를 받는 것으로 알려져 있다.<sup>(4,5)</sup> 즉 不飽和度가 높은 지방산의 脂質로 이루어진 膜은 不飽和度가 낮은 지방산의 脂質로 이루어진 膜보다 낮은 온도에서 相轉移를 일으킨다는 것이다.<sup>(6)</sup>

이러한 관찰사실들에 입각하여 볼 때, 光質環境이 식물의 呼吸活性轉移溫度에 미친 효과는 곧 광질환경의 변화가 미토콘드리아 膜脂質의 지방산불포화도에 일으킨 변화에 기인한다고 볼 수 있다. 本 연구에서는 이러한 假定의妥當성을 우선 검토하려는 것이다. 그리고, 만약 膜지질의 지방산불포화도에 변화가 있었다면 그것이 유독 미토콘드리아膜에서만 일어나는가 그렇지 않다면 細胞의 다른 生體膜(biomembrane)들에도 고르게 일어나는가도 아울러 조사해 보려는 것이다. 이러한 시도가 목적하는 바는 미토콘드리아膜에 결합해 있는 青色光吸收 단백질들이 photosensitizer가 될 수 있고 따라서 미토콘드리아 膜脂質은 細胞內에서 photodynamic action<sup>(7)</sup>에 의한 피해의 一次的對相의 하나임을 확인하고자 함이다.

태양光線中の 青色光이 高等植物의 生長에 미치는 효과(gross effect)는 主로 photodynamic action의 결과로 해석되어진다는 것이 著者가 수행하고 있는 일련의 연구의 基本假定이다.

## II. 材 料 및 方法

### 1. 材 料

홍농교배에서 育種보급된 고추(한별), 오이(홍농 배다다기), 호박(불암하우스), 토마토(서광) 및 배추(불배추)를 재배하여 잎조직을 試料로 사용하였다.

一般試藥은 E.P.내지 G.R. grade것을 정제없이 사용하였고, gas chromatography用 시약 및 용매는 GC用 내지 HPLC用을 사용하였다.

螢光測定에는 spectroflurometer Schimadzu, RF-500) 을, 吸光測定에는 UV-Vis. spectrophotometer (Varian, Carry 118)를, 그리고 脂肪酸分析에는 gas chromatograph(Schimadzu, GC-6A)를 각각 사용하였다.

### 2. 方 法

재배기간(1985. 3. 2~1985. 9. 11)을 제외하고 前報<sup>(1)</sup>에서와 동일한 방법으로 BCR film과 對照區用으로서 無色 PE film으로 설치한 하우스에서 작물을 재배하였다. 8月 11日에서 9月 11日 사이에 3차례에 걸쳐 作物 한個體 全體의 잎을 채취하여 잘게 썰어 고르게 섞어서 다음 실험에 사용하였다.

미토콘드리아膜의 磷脂質 분리 : 잘게 자른 잎試料 100gr.으로부터 먼저 미토콘드리아를 분리하였다. (그 과정에 관해서는 前報<sup>(1)</sup>의 引用문헌 참조) 미토콘드리아에서 磷脂質을 분리하는 과정은 植物조직으로부터 직접 인지질을 抽出하는 기존의 方法<sup>(8,9)</sup>에 준하여 다음과 같이 이루어졌다.

미토콘드리아 분리방법의 최종과정에서 원심분리된 mitochondria pellet에 30ml의 Chloroform/methanol (2/1, v/v)抽出용매를 첨가하여 脂質을 추출하고 여과시켰다. 10ml의 추출용매로 여과지를 셋어 그것을抽出液과 함께 分液여두에 모은 다음 2%NaCl수용액 20ml을 첨가하여 水溶性 物質을 제거하고 유기용매총

## II. 미토콘드리아膜의 磷脂質不飽和度의 증가

을 분리하였다. 이를 약 20ml로 减壓濃縮시킨 후 silicic acid column(2.5cm×40cm, 120°C에서 2시간간 동안 活性화시킨 Wako Gel(Q-12 40gr, chloroform으로 洗滌)에 注入하였다. 100ml chloroform, 150ml chloroform/aceton(1/4, v/v), 150ml chloroform/aceton(4/1, v/v) 및 700ml aceton을 차례로 加하여 非極性 또는 極성이 낮은 지질들을 溶出시켜버린 다음 최종적으로 200ml의 methanol로 磷脂質을 용출시켰다.

作物 잎조직의 全磷脂質 분리: 시료 100gr.에 chloroform/methanol(2/1, v/v) 추출용액 300ml을 가하여 粉碎시킨 후 여과하고, 다시 여과 殘留物을 200ml의 추출용액으로 再추출하여, 2%NaCl수용액으로 水溶性物質을 제거시킨 全抽出液을 20ml로 减壓濃縮시켰다. 그 다음의 모든 과정은 前項과 同一하다.

磷脂質의 脂肪酸分析: 지질의 가수분해(質肪酸生成)→지방산의 메틸화反應(지방산 메틸에스테르 生成)→GLC지방산의 同定 및 定量의 보편화된 과정을 따랐다. 加水分解에는 0.5N methanolic NaOH를, 그리고 메틸화反應에는 13~14%(W/W)  $\text{BF}_3\text{-methanol}$  (Wako, GC用)을 쓰는 방법<sup>(10)</sup>을 택하였다. GLC Column의 固定相에는 chromosorb WAW(60~80 mesh)에 처리된 DEGS 15%를 사용하였고,  $\text{N}_2$ 를 carrier로 썼다. injector 및 detector(FID)의 온도는 215°C, column의 온도는 175°C였다.

$\alpha$ -tocopherol의 분석: 조직으로부터 脂質의 抽出(hot ethanol extraction)→비누화반응(分析成分의 酸化防止를 위해 ascorbic acid의 존재下)→비누화하지 않는 지질성분의 抽出(petroleum ether extraction)의 과정을 거쳐 상당한 수준으로 濃縮된  $\alpha$ -tocopherol을 함유한 脂質抽出液을 얻는 분석초기의 과정은 AOAC방법<sup>(11)</sup>에 준하였다. 그러나 그 이후의 과정, 즉 추출액中의  $\alpha$ -tocopherol 분석은 螢光分析法을 이용하였다.<sup>(12)</sup> 上記 petroleum ether추출액을 减壓건조시킨 다음 다시 ethanol에 녹여  $\alpha$ -tocopherol의 最大吸收波長(293nm)에서의 吸光度를 0.1이하가 되도록 조정하였다. 그리고 螢光活性波長 293nm 螢光波長 320nm에서 螢光強度를 측정한 후 표준곡선과 비교하여  $\alpha$ -tocopherol을 定量하였다.

## III. 結果 및 考察

供試된 작물의 잎은 膜磷脂質의 기본적인 脂肪酸成分이라 할 수 있는 palmitic acid(16:0), palmitoleic acid(16:1), stearic acid(18:0), oleic acid(18:1), linoleic acid(18:2) 및 linolenic acid(18:3)을 함유하고 있었다. 그러나 지방산組成은 잎조직 전체에서 抽

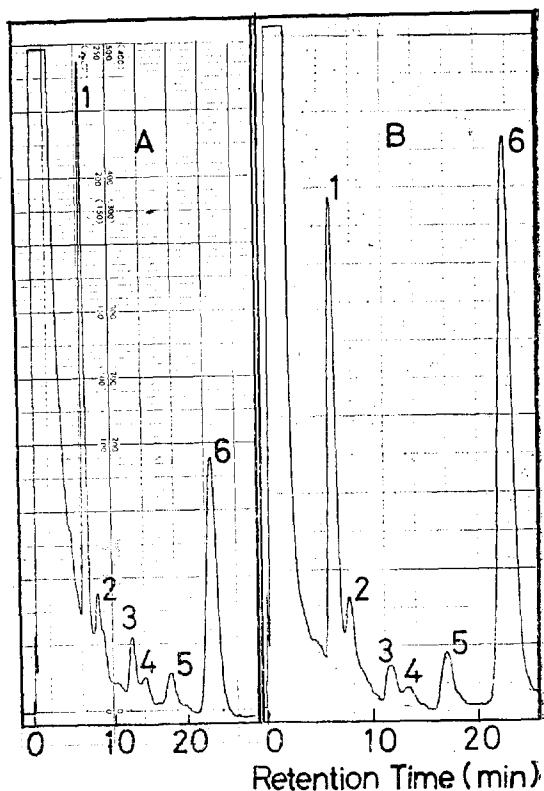


Fig. 1. Gas liquid chromatograms of fatty acid methyl esters prepared with phospholipids extracted from leaf mitochondria(A) and from whole leaves of zucchini plant grown under blue color-deficient sunlight  
 1. palmitic acid      2. palmitoleic acid  
 3. stearic acid      4. oleic acid  
 5. linoleic acid      6. linolenic acid

출한 인지질(以下 全磷脂質이라 지칭)과 미토콘드리아에서 추출한 磷脂質(以下 미토콘드리아 磷脂質이라 지칭)間に 현저한 차이가 있었다(Fig. 1). 脂肪酸組成의 特성을 인지질分子當二重結合의 數로서 나타내면 (Table 1 및 Table 2) 오이의 경우 全인지질과 미토콘드리아磷脂質間에는 그것이 약 3배이상의 差異(白色光下에서 4.08對 1.19)를 보였으며 相對的으로 차이가 적은 토마토에서도 그것은 약 80%의 차이가(白色光下에서 3.77對 2.14) 있었다.

青色光이 결여된 光質環境이 미토콘드리아膜의 磷脂質에 미치는 효과는 그 지방不飽和度가 白色光下의 對照區에 비하여 광독할 만큼 증가했다는 사실로(Table 1) 대변된다. 이것은 이미 고추와 오이에서 확인되었던 耐冷性의 향상<sup>(13)</sup>과 그 耐冷性 향상을 반영하였던

Table 1. Fatty acid composition of phospholipid of mitochondrial membrane isolated from leaves of various crop plants grown under BCDS and WCS

| Fatty acid             | 16 : 0 | 16 : 1 | 18 : 0 | 18 : 1 | 18 : 2 | 18 : 3 | No. of double bond/molecule | Lipid /BCDS<br>WCS |
|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------------------------|--------------------|
| <b>Plant Treatment</b> |        |        |        |        |        |        |                             |                    |
| Cucumber               | BCDS   | 41.00  | 16.88  | 8.99   | 8.99   | 6.14   | 17.98                       | 1.78               |
|                        | WCS    | 61.01  | 5.37   | 9.04   | 5.37   | 6.22   | 12.99                       | 1.19               |
| Zucchini               | BCDS   | 42.88  | 5.20   | 6.33   | 2.94   | 4.98   | 38.50                       | 2.58               |
|                        | WCS    | 44.81  | 7.54   | 6.93   | 3.05   | 4.07   | 33.60                       | 2.31               |
| Pepper                 | BCDS   | 37.67  | 1.53   | 5.82   | 2.45   | 3.52   | 49.0                        | 3.07               |
|                        | WCS    | 44.37  | 6.81   | 8.45   | 4.23   | 4.69   | 31.46                       | 2.22               |
| Tomato                 | BCDS   | 43.48  | 3.86   | 4.83   | 4.11   | 20.05  | 23.67                       | 2.30               |
|                        | WCS    | 46.79  | 3.49   | 5.83   | 3.30   | 16.8   | 23.60                       | 2.14               |

BCDS: Blue Color-Deficient Sunlight. (Refer to previous report<sup>(1)</sup>)

WCS : White Colored Sunlight

Table 2. Fatty acid composition of phospholipid from leaves of various crop plants grown under BCDS and WCS.

| Fatty acid             | 16 : 0 | 16 : 1 | 18 : 0 | 18 : 1           | 18 : 2 | 18 : 3 | No of double bond/molecule | Lipid /BCDS<br>WCS |
|------------------------|--------|--------|--------|------------------|--------|--------|----------------------------|--------------------|
| Retention Time(min)    | 6      | 7.2    | 11.6   | 13<br>(weight %) | 16     | 21.2   |                            |                    |
| <b>Plant Treatment</b> |        |        |        |                  |        |        |                            |                    |
| Cabbage                | BCDS   | 15.18  | 1.18   | 1.97             | 6.71   | 18.74  | 55.62                      | 4.19               |
|                        | WCS    | 16.66  | 1.0    | 3.33             | 6.33   | 20.2   | 52.66                      | 4.05               |
| Cucumber               | BCDS   | 17.93  | 3.88   | 4.65             | 2.32   | 9.30   | 62.10                      | 4.18               |
|                        | WCS    | 20.99  | 3.41   | 4.72             | 2.09   | 3.15   | 65.61                      | 4.00               |
| Zucchini               | BCDS   | 25.65  | 2.96   | 2.58             | 1.36   | 4.99   | 61.75                      | 3.93               |
|                        | WCS    | 26.19  | 3.37   | 3.96             | 2.28   | 4.76   | 58.73                      | 3.77               |
| Pepper                 | BCDS   | 21.39  | 3.51   | 4.54             | 3.72   | 13.59  | 53.25                      | 3.91               |
|                        | WCS    | 26.50  | 4.02   | 3.97             | 2.38   | 6.35   | 56.75                      | 3.61               |
| Tomato                 | BCDS   | 21.26  | 6.46   | 3.23             | 2.56   | 5.65   | 60.63                      | 3.93               |
|                        | WCS    | 23.76  | 5.15   | 3.14             | 5.57   | 5.15   | 57.62                      | 3.77               |

BCDS: Blue Color-Deficient Sunlight. (Refer to previous report<sup>(1)</sup>)

WCS : White Colored Sunlight

呼吸沮害溫度의 하강<sup>(1)</sup>이 미토콘드리아膜의 不飽和度 증가라는 分子水準에서의 parameter로 표현되었다고 해석된다.

물론 여기서 Table 1의 결과와 前報<sup>(1)</sup>의 결과(미토콘드리아 호흡저해온도의 하강)를 定量的으로 비교하기는 어렵다. 재배시기가 다르고(각각 1984년과 1985년) 生長의 세 반조건이同一할 수가 없었을 것이기 때문이다.(오이의 경우는 品種도 다르다.) 生長조건에 따라서 膜脂質脂肪酸組成이 변한다는 것은 이미 관찰

된 사실이다.<sup>(6,14,15)</sup> 그러나 呼吸活性沮害溫度가 光質 처리구에서 1.5~4°C정도 하강하였다는 사실에 근거하여 미토콘드리아膜脂質의 불포화도가 상당히 증가하였으리라는 예상은 Table 1의 결과로서 입증되었다고 할 수 있다.

잎조직 전체의 全인지질 脂肪酸組成은 光質처리구와 對照區間에 큰 차이를 보이지 않았다(Table 2). 磷脂質分子當 二重結合數에서 4~8%의 증가에 불과하였으며 이것은 미토콘드리아磷脂質에서 보여주었던 8~49

%증가와는 매우 대조적이다.

Table 1과 Table 2의 결과가 示唆하는 것은 光環境의 변화에 따른 細胞生體膜의 전체적인 지질불포화도 변화는 실질적으로 미토콘드리아膜에서 일어난 변화에 의해 결정된다는 점이다. 바꾸어 말하면, 植物細胞內 여터 종류의 膜들(plasma membrane, mitochondrial membrane, chloroplast membrane, nuclear membrane 등)中에서, 脂肪酸組成에 관한限, 青色光의 영향을 가장 심하게 받는 것은 아마도 미토콘드리아膜일 것이다. 細胞生體膜의 총量中에서 미토콘드리아膜이 차지하는 相對的量은 작물의 종류와 조직의 差異에 따라서 다를 수 있다. 그런데 예를 들어 그것이 만일 10%라면 미토콘드리아膜에서 일어난 불포화도 변화의 10%가 全磷脂質에 반영된다. 미토콘드리아磷脂質에서 49% 그리고 全磷脂質에서 5%의 변화를 보인 오이가 바로 이 경우에 該當한다. 兩者間에 5倍 및 3倍의 차이를 보였던 고추 및 호박에서도同一한 논리를 적용되겠으나, 2倍의 차이를 보인 토마토에서는 미토콘드리아磷脂質이 全인지질의 50%이기 때문에 이는 주장보다는 미토콘드리아膜以外의 다른 膜에서도 어느 정도의 脂肪酸組成의 변화가 있었다는 제안이 보다合理的이라고 본다.

그러면 이제 討論의 현시점에서, 왜 미토콘드리아膜이 細胞內 모든 生體膜들의 平均值보다 현저하게 낮은 磷脂質不飽和度를 보였는가, 그리고 왜 青色光이 결여된 光質환경下에서 자란 작물의 미토콘드리아膜이 自然의 白色光(對照區)下에서 자란 작물의 그것에 비하여 불포화도가 높은 인지질을 含有하였는가에 대하여 論議하기로 한다. 著者들은 미토콘드리아膜의 지방산 조성은 미토콘드리아가 처음生成될 때의 '本來性組成'(intrinsic composition)이 아니라 細胞의 aging과 함께 야기된 測定 당시의 '변화된組成'이라고假定하였다. 이러한 假定 설정의 동기는 다음과 같은 사실에서 비롯된다.

첫째, 不飽和度가 낮은 지질로 이루어진 膜은 불포화도가 높은 지질의 밖에 비하여 그 相轉移溫度가 相對적으로 높다는 것이 관찰되었다.<sup>(6)</sup> 呼吸 및 ATP生成과 같은 細胞生理의一次의 필수기능의 所在處인 미토콘드리아膜을 生成함에 있어서, 生理活性의 沢害를 수반하는 相轉移溫度가 상대적으로 높을 수밖에 없는 불포화도가 낮은 지방산을 細胞發生과정에서 특별히 미토콘드리아만을 위해 이용해야 할 논리적 근거를 찾을 수 없다.

둘째, 生長의 進展과 生長環境의 차이에 따라同一한 식물의 膜지질지방 산組成의 변화가 관찰되었다.<sup>(13), (14), (15)</sup> 脂肪酸組成이 식물의 生長 조건 따라 변하는 것이

라면, 그 '변화'가 細胞의 모든 生體膜들에서 같은 경도로 일어났다고 보기는 어렵다. 生長中の 세포내에서 膜들이 치해 있는 化學的環境이 서로 다르기 때문이다. 아마도 미토콘드리아膜에서 그 변화가 가장 심하게 일어났을지 모른다.

세째, 膜에 변화를 야기할 만한 化學的 환경의 因子로서는 反應性이 강한 oxygen species( $O_2^-$ ,  $^1O_2$ ,  $H_2O_2$  등)을 들 수 있다. 이들은 不飽和脂肪酸의 酸敗를 일으키는 化學種들이다.<sup>(16)</sup> 미토콘드리아內膜은 이를 화학종의 發生地로 알려져 있다. 呼吸의 전자전달계에서 最終的인 전자收容體이어야 할  $O_2$ 의 일부가 전자전달계의 中間에서(complex I, complex II 및 complex III로부터) 직접 한개의 전자를 받아들여 산소 radical인 superoxide를 生成한다( $O_2 + 1e^- \rightarrow O_2^-$ ).<sup>(17), (18)</sup> 한편 이와 같은 呼吸代謝의 副產物로서가 아니라, 미토콘드리아膜에서 일어나는 것으로 밝혀진<sup>(20)</sup> 青色光에 의한 photosensitized reaction에 의해서도 산소化學種은 생성된다. biological photooxidation(또는 photodynamic action)의 원인이 되는 산소化學種은 그것이 自由基機作(free radical mechanism)에 의한 것일 때는  $O_2^-$ 이며, 單一狀態 산소기작(singlet oxygen mechanism)을 통한 것일 때는  $^1O_2$ (singlet oxygen)이 된다.<sup>(19)</sup>

이들 산소화학종들은 酶素(例로서 superoxide dismutase)와 항산화제(例로서  $\alpha$ -tocopherol) 및 quencher에 의해 消去되기 때문에 실제로 미토콘드리아內에서 그들의 水準은 별로 높지 않을 것이다. 따라서 단기적으로는 미토콘드리아膜에 대한 化學的 피해(산화성 파괴)가 경미할지 모른다. 그러나 세포의 aging과 함께 그 피해는 누적되어 나타날 것이다. 그리고 만약, 식물세포인 경우에, 照射된 光에 photodynamic action을 유발할 수 있는 파장영역의 光이 포함되어 있다면, 呼吸代謝의 副產物이외에 여분으로 생성된 산소화학종들에 의한 酸化的파괴가 첨가될 것이다.

미토콘드리아膜에서 산화적 파괴를 경험하게 될 物質로는 酶素단백질과 脂質의 不飽和脂肪酸을 들 수 있다. 실제로 미토콘드리아 分散液에 전기분해방법<sup>(21)</sup>으로 발생시킨 superoxide를 첨가하였을 때 미토콘드리아 蛋白들의 活性 저해와 불포화지방산의 酸化를 관찰하였다.<sup>(22)</sup> 한편  $^1O_2$ 를 生成시키는 photosensitizer존재下에서 光照射된 불포화지방산에스테르는 酸化되며 이중 결합수가 많을수록 산화정도가 커진다는 보고도 있다.<sup>(23)</sup>

세포內에는 산화력이 강한 산소化學種들로부터 세포 구성을 질들을 보호하기 위한 抗산화제가 존재하며 특히 生體膜을 보호하기 위해서는 대표적인 脂溶性 항산화제인  $\alpha$ -tocopherol을 들 수 있다.  $\alpha$ -tocopherol은 세

포의 노화를 억제하고 지질의 과산화를 방지하며 지용성 세포물질의 산화적 파괴를 막는 것으로 알려져 있다.<sup>(24, 25)</sup> 따라서 산화력이 강한 酸素化學種들의 수준이 상대적으로 높게 유지되는 조건 즉 산화적 파괴가 상대적으로 심하게 일어날 수 있는 조건下에 있는 膜에서는  $\alpha$ -tocopherol의 파괴가 역시 상대적으로 심하게 일어날 것이다. 이러한 논리적 근거하에 光質환경의 변화가 胀中  $\alpha$ -tocopherol 함량에 미친 효과를 조사 하므로서 산소화학종들의 광질환경에 따른 相對的 수준을 비교하고 나아가서 세포內 특히 미토콘드리아에서 일어난 photodynamic action의 存在를 입증하는 자료의 하나를 얻고자 하였다.

Table 3의 결과에 의하면 青色光이 결여된 光質환경 하에서 재배된 작물의 잎은 對照區에 비하여  $\alpha$ -tocopherol의 함량이 높다는 것(6~13%증가)를 알 수 있다. 全인지질의 不飽度증가(4~8%, Table 2)가 미토콘드리아인지질의 불포화도증가(8~49%, Table 1)에 의해 실질적으로 결정되는 것이라면, 胀中  $\alpha$ -tocopherol의 함량증가도 역시 미토콘드리아膜에 있는  $\alpha$ -tocopherol의 함량증가에 의해 결정되었다는 추정이 가능하다.

Table 3. Contents of  $\alpha$ -tocopherol in fresh leaves of mature vegetable crops

| Plant    | Treatment | Tocopherol( $\mu\text{g/g}$ ) | BCDS/WCS |
|----------|-----------|-------------------------------|----------|
| Cucumber | BCDS      | 0.021                         | 1.10     |
|          | WCS       | 0.019                         |          |
| Zucchini | BCDS      | 0.018                         | 1.06     |
|          | WCS       | 0.017                         |          |
| Pepper   | BCDS      | 11.04                         | 1.13     |
|          | WCS       | 9.84                          |          |
| Tomato   | BCDS      | 0.173                         | 1.08     |
|          | WCS       | 0.160                         |          |

上記한 바와 같은 여러가지 관찰사실들에 근거하여, 미토콘드리아膜의 인지질脂肪酸組成이 全인지질의 평균치보다 크게 낮은 것은 反應性이 강한 산소化學種(특히  $\text{O}_2^-$ )에 의한 膜脂質의 화학적 변화가 미토콘드리아에서 상대적으로 크게 일어났기 때문이며, 自然光中에서 청색광영역의 光은 photodynamic action을 통해 膜의 不飽和脂肪酸의 산화적 파괴를 더욱 촉진시킨다고 結論지울 수 있다.

식물세포에서는 미토콘드리아와 함께 chloroplast 전자전달계도 산소 radical의 主된 生成處로 알려져 있다 즉 Ferredoxin의 관여下에  $\text{O}_2$ 가  $\text{NADP}^+$ 와 경쟁적으로

전자를 收容하여  $\text{O}_2^-$ 를 생성한다는 것이다.<sup>(19)</sup> thylakoid membrane에서 생성된  $\text{O}_2^-$ 는 역시 그 膜에 화학적 피해를 주게될 것이나, 이 경우는 膜의 불포화지방산이나 酢素보다는 photosystem에 다량 합유된 光合色素들이 一次의인 피해대상이 될 것이다. 바꾸어 말하면 광합성색소들이 一種의 antioxidant 역할을 수행한다고 볼 수 있다. 따라서 chloroplast膜의 불포화지방산成分은 산소 radical에 의한 산화로부터 보호되어 결과적으로 미토콘드리아膜보다는 높은 不飽和度를 보일 것이다. chloroplast膜의 불포화도가 높다는 것은 chloroplast膜의 主成分脂質인 糖脂質의 불포화도가 미토콘드리아膜의 主成分인 磷脂質에 비해 현저히 높다는 사실<sup>(26, 27)</sup>이 뒷받침하고 있다.

#### IV. 结 论

青色光과 장영역이 결여된 태양광하에서 재배된 작물(光質처리구)의 잎에서 분리한 磷脂質과 미토콘드리아膜에서 분리한 인지질의 지방산組成의 특성을 지방산不飽和度(지질분자當 二重結合수)로서 조사하고 白色自然光하의 작물(對照區)의 그것과 비교하였다.供試된 작물(오이, 흐박, 고추, 토마토)에서 共히 광질처리구의 미토콘드리아가 대조구보다 최저 8%(토마토) 최고 49%(오이)의 지방산불포화도증가율(4%~8%, 光質처리구/對照區)를 훨씬 상회하였다. 이러한 관찰사실은 青色光이 세포生體膜의 化學的特性에 미치는 효과는, 지질지방산의 불포화도에 관한, 主로 미토콘드리아膜에서 일어났음을 시사한다. 미토콘드리아膜의 지방산불포화도가 세포생체막 전체의 평균지방산불포화도보다 현저히 낮은 것을 확인하고, 이것은 미토콘드리아膜에서 電子傳達過程의 副反應과 청색광에 의한 photosensitized reaction에 의해 각각 생성되는 산화력이 강한 산소化學種(특히 oxygen super radical;  $\text{O}_2^-$ )에 의한 불포화지방산의 酸化的 파괴의 결과라고 해석하였다. 따라서 청색광의 제거는 최소한 photosensitized reaction에 의한  $\text{O}_2^-$ 의 생성단은 줄일 수 있으므로 상기 광질처리구에서 나타난 지방산분석결과는 이를 반영하는 것으로 보였다. 광질처리구에서 측정된 지용성 抗酸化劑( $\alpha$ -tocopherol) 수준의 증가(6~13%, 광질처리구/대조구)는 청색광이 유발하는 photodynamic action의 존재를 간접적으로 시사하는 자료가 되었다.

(1978) : Plant Physiol., 61, 472.

### 참 고 문 헌

1. 정 진, 김종범, 민봉기(1986) : 한국환경농학회지, 5, 141.
2. 정 진, 박상규(1984) : 서울대학교 농학연구 9(1-1), 75.
3. 정 진, 이상기, 임만진(1985) : 서울대학교 농학연구 10(1-1), 51.
4. Peoples, T.R., Koch, D.W. and Smith, S.C. (1978) : Plant Physiol. 61, 472.
5. Friedman, K.J. (1977) : Membr. Biol., 32, 33.
6. 정 진, 김영기, 김동현(1984) : 서울대학교 농학연구 9(1-1), 57.
7. Spike, J.D. (1977) : "The Science of Photobiology" (Ed. Smith, K.C.) p. 27.
8. Ikuma, H. (1970) : Plant Physiol., 45, 773.
9. Singer, T.P., Oestreicher, G. and Hogen, P. (1973) : Plant Physiol., 52, 616.
10. Metcalfe, L. O. and Schmitz, A.A. (1961) : Anal. Chem., 38, 514.
11. William, S. (1984) : AOAC (14th ed.) p. 855.
12. 박창규, 정 진(1980) : 농촌진흥청 산학협동, 80-10.
13. 정 진(1984) : 한국환경농학회지, 3, 71.
14. Timothy, R.P., David, W.K. and Samuel, C.S.
15. Robert, W.P. (1970) : Plant Physiol., 61, 484.
16. Fridovich, I. (1978) : Science, 201(8), 875.
17. Cadenas, E., Boveris, A., Ragan, I. and Stoppani, O.M. (1977) : Arch. Biochem. Biophys., 180, 248.
18. Boveris, A., Cadenas, E. and Stoppani, O.M. (1976) : Biochem. J., 156, 435.
19. Robinson, J.M. and Gibbs, M. (1982) : Plant Physiol., 70, 1249.
20. 김경현(1985) : 서울대학교 석사학위논문
21. McCord, J.M. and Fridovich, I. (1969) : J. Biol. Chem., 244, 6049.
22. 임만진(1986) : 서울대학교석 사학위논문(제출준비 중)
23. Doleiden, F.H., Falenholtz, S.R., Lamola, A.A. and Trozzolo, A.M. (1974) : Photochem. Photobiol., 20, 519.
24. Rajinder, S.D. (1982) : Physiol. Plant., 56, 453.
25. Karl, J.K. and Martina, E. (1985) : Physiol. Plant., 65, 86.
26. Bishop, D.G. (1974) : Photochem. Photobiol., 20, 281.
27. Bishop, D.G. (1979) : "Low Temperature Stress in Crop Plants" (Lyons, J.M., ed.) Academic Press, New York, p. 375.