

靑色波長영역이 결여된 태양광이 作物의 生産性 및 耐冷性の 향상에 미치는 효과

I. 光合成 및 呼吸의 전자전달계 活性的 변화

정 진*, 김 종 범*, 민 봉 기*

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

I. On the activity of photosynthetic and respiratory electron transport systems

Jin Jung, Jong-Bum Kim, and Bong-Ki Min

Abstract

The blue-light effect on the growth as well as on the physiological activity of some major horticultural plants in Korea has been investigated.

The light quality used for the work was obtained from sunlight filtered by an orange-colored polyethylene film which removed about 70% of visible light in the spectral region of 350nm~500nm. The film was developed in this laboratory especially for the work and named BCR film meaning blue color-removing film. The light environment in the plastic house which was built with BCR film provided plants with the blue color-deficient sunlight. Thus, the photobiological effect of blue light could be examined conversely by comparing with the effect of white sunlight in a conventional plastic house built with colorless polyethylene film.

In a sense of applicability to horticulture, two remarkable effects of the blue color-deficient sunlight on plant physiology were observed: First, it enhanced to a great extent the growth activity of plants-pepper, cucumber, zucchini, tomato, and leaf lettuce-at the vegetative stage as well as at the reproductive stage, as demonstrated by their yield which were in average 40~50% increased compared with the control (under white sunlight). Second, it

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

improved significantly the cold tolerance of plants, as exhibited with their resistance to chilling during treatment in a cold chamber maintained at a temperature which caused chilling injury to the plants of control.

The visualized effects were reflected on the physiological activity of cells on organelle level. Chloroplast isolated from the plant leaves grown under BCR film showed considerably stronger photosynthetic activity, as judged by the increased electron transport rate of illuminated chloroplast, than that from leaves grown under white PE film. Mitochondria from leaves grown under BCR film maintained normal respiration activity until temperature decreased to a few degree(°C) lower than the temperature which caused respiratory inhibition to mitochondria obtained from leaves of the control.

I. 序 論

태양광으로부터 청색 파장영역의 可視光을 제거시켜 만든 光環境이 우리나라의 主要 園藝 作物에 미치는 효과를 재배적 측면에서 조사하고, 더 나아가서 그 효과가 식물세포 내지 세포 小器官 수준에서는 어떠한 生理的 반응으로서 나타나는지를 糾明하기 위해서 본 연구를 수행하였다.

年間 日照量이 상당히 큰 우리나라의 光環境下에서는, 많은 고등식물의 光合成에 있어서 필요한 光量은 Chlorophyll이 흡수하는 長波長 가시광 영역만으로도 충분할 것이고, 광형태형성(Photomorphogenesis) 역시 주로 장파장 영역의 가시광에 의해 결정될 것이며, 식물세포 소기관에는 靑色光 photosensitizers가 존재하여 生物學的 光酸化(biological photooxidation)을 유발하는 원인물질(반응성이 강한 酸素 化合物)들이 청색광에 의해 상당량 생성될 것이라는, 이상의 세가지 假定下에서 본 연구실에서 실시한(82~83年) 既存의 연구결과중에서 중요한 것을 간추리면 다음과 같다.⁽¹⁾

500nm 이하의 청색광을 제거시킨 自然光하에서 재배된 고추는 白色光 대조구에서 재배된 고추에 비하여 全 生育期間에 걸쳐 현저한 생산력의 향상과 함께 수확량에서도 괄목할만한 증가가 있었다. 한편, 여름에 파종한 고추가 생육중에 최저 기온이 -1.8°C 까지 떨어지는 날씨가속에서 백색광 대조구에서는 심한 冷害를 입었는데 반해 청색광이 제거된 자연광하에서 재배된 고추는 매우 경미한 냉해 증상을 보였을 뿐이다.

이러한 관찰 사실은 태양광중에서 청색광이 제거된 光質環境이 作物체 物質生産力과 耐寒能力을 향상시켰다는 설명을 가능케한다. 그러나 본 연구에서 추구하는 바는 그러한 현상에 대한 細胞 生理學的 해석이다. 보다 구체적으로는 물질생산력의 향상이 chloroplast의 광합성 능력의 향상에 반영되었는가, 그리고 耐

冷性的 향상은 mitochondria의 호흡저해온도의 하강에 기인하는가를 규명하려는 것이다. 아울러, 고추에서 보였던 청색광 제거 효과가 우리나라의 중요한 다른 원예 작물에서도 동일하게 나타날 것인지, 그리고 그것이 사실이라면 大單位의 시설원예에 실용화할 수 있는 지도 검토하고자 하였다.

따라서 본 연구가 궁극적으로 目的하였던 바는, 特定 파장 영역의 가시광이 고등식물체에 미치는 光生理學的 現象을 이해하려는 데 있을 뿐만 아니라, 光質 조절을 통한 시설원예의 향상을 기하려는데 있다.

II. 材料 및 方法

1. 材 料

試料: 供試된 작물은 오이(신 옥진주 오이: 흥농교배), 호박(불암하우스: 흥농교배), 상치(청죽면: 흥농교배), 토마토(영광: 흥농교배)로서 두 기간에 각각 재배하여 시료로 사용하였다.

器機: 光合成 色素 측정과 Hill 반응속도 측정에는 Varian 社의 UV-Vis. spectrophotometer Cary 118을, mitochondria 호흡속도 측정에는 自家製作한 滴水水銀 polarograph⁽²⁾를 이용하였다. 光量은 Licor 社의 quantum/radiometer/photometer Li 185A를 사용하여 측정하였다.

2. 方 法

(1) 作物의 재배와 光質環境의 조절

작물 재배는 서울대학교 농과대학부속농장에서 1984년에 2회에 걸쳐 실시하였다. (제 1 차 재배: 1984. 3. 17~1984. 8. 2, 제 2 차 재배: 1984. 7. 11~1984. 11. 20) 光質처리는 아래에 기술하는 BCR film으로 설치한 비닐하우스內에서 재배함으로써 전 재배기간에 걸쳐 실시하였다. 하우스內 온도는 수시로 측정하여 30°C 이

상이 되지 않도록 通風으로 조절하였으며 밤에는 15°C 이하로 떨어지지 않도록 보온을 하여 주었다. 직경 10 cm의 育苗用 pot에 파종하여 가식하지 않고 苗齡 30 일(제 2 차) 내지 40일(제 1 차)을 전후하여 定植하였다. (정식거리 : 오이 50×50cm, 호박 60×75cm, 상치 40×50cm, 토마토 50×55cm)

光 이외의 환경 조건은 처리구와 同一하게 유지 하였으며 施肥 및 농약 살포는 慣行法에 따랐다.

82~83년의 고추 재배 실험에 光質 처리를 위하여 사용하였던⁽¹⁾ 주황색 cellophane은 大單位 재배실험이나 시설원예에서의 實用化가 불가능하였으므로 청색파장 영역의 光에 대해 filter의 효과를 갖는 plastic film을 개발하여⁽²⁾ 使用하였다. 이를 BCR(blue color removing) film이라 命名하였다. Fig. 1은 光質 처리에 사용한 BCR film과 대조구에 사용한 無色 PE film의 광투과 spectra이다.

BCR film을 사용한 재배구를 BCDS(blue color-deficient sunlight)로, 無色 PE film을 사용한 대조구를 WCS(white color sunlight)로서 표시하였다.

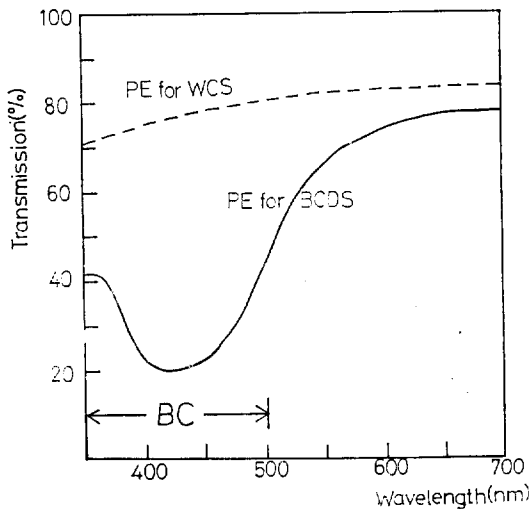


Fig. 2. Absorption spectra of polyethylene films used for experiments to obtain BCDS and WCS

(2) 光合成 色素의 定量 및 Chloroplast의 분리

앞 중에 함유된 색소분석은 前報⁽¹⁾에서와 동일한 과정으로 실시하였다. Chloroplast는 Walker⁽⁴⁾와 Reeves⁽⁵⁾가 제안한 分離條件 및 方法에 준하여 4°C의 冷所에서 분리하였다. 분리한 chloroplast의 양은 그것이 함유하고 있는 chlorophyll의 양을 單位로하여 계산하였다. 이때 chlorophyll의 定量은 Arnon의 방법⁽⁶⁾에 따랐다.

(3) 光合成 明反應 速度의 측정 :

古典적인 Hill 반응($Fe(CN)_6^{-3} + H_2O \xrightarrow[\text{chloroplast}]{h\nu} Fe(CN)_6^{-4} + 2H^+ + \frac{1}{2}O_2 \uparrow$)에 의해 單位 시간當 환원되는 Ferricyanide量으로부터 明反應속도를 측정하였다.⁽⁷⁾ 예비실험을 거쳐 확정된 실험조건 및 방법은 다음과 같다.

Reaction medium(50mM HEPES, 0.1M sorbitol, 0.05% bovine serum albumin, 5mM NH_4Cl 및 pH 7.5)에 분리한 직후의 신선한 chloroplast pellet을 分散시킨후(10 μ g/ml in chlorophyll) 최종 농도 0.33M이 되도록 Ferricyanide수용액을 暗所에서 첨가한다. 이 혼합액 一定量을 취하여 sample cell과 reference cell에 각각 넣어 먼저 spectrum의 base line을 잡고 다시 cell들을 꺼내어 측정하려는 온도에 3分間 적응시킨후 reference cell은 暗所에 두고 sample cell만을 Red actinic light로 1分間 照射한다음 다시 두 cell들을 spectrophotometer의 원래 위치에 定置시켜 Ferricyanide 환원에 따른 420nm에서의 吸光度 差異를 reverse mode로 기록한다.

Red actinic light는 200W tungsten lamp와 赤色光 투과용 filter를 사용하여 얻었다. 이때 사용된 filter는 市中에서 구입한 주황색 cellophane(2겹)과 적색 cellophane(1겹)를 겹쳐서 만들었으며, 그것의 광투과 특성은 550nm以下에서 투과도 0% 620nm~750nm에서는 투과도 60%이다.

(4) Mitochondria의 분리 및 呼吸活性의 측정

미토콘드리아의 분리는 Ikuma⁽⁸⁾가 제안한 高等植物의 미토콘드리아 분리에 필요한 실험조건을 고려하여 一般적으로 사용하는 differential centrifugation 方法에 준하였으며 비 미토콘드리아 분리를 위해 본 연구실에서 채택하고 있는 과정과 同一하다.⁽⁹⁾ 呼吸活性은 ADP+Pi 存在下에 succinate를 電子供與基質로하여 呼吸에 의한 O₂ 감소速度를 滴水水銀 polarograph를 이용하여 測定한후 이로부터 呼吸활성을 환산하는 方法⁽¹⁰⁾에 따라 측정하였다.

(5) 作物의 低溫處理 :

저온처리용 작물로는 오이를 택하였다. pot(직경 20 cm, 높이 20cm)에 파종하여 光質處理區 및 對照區의 비닐하우스(15°C~30°C)에서 한달 間 재배한후 暗 조건下의 6°C의 cold chamber에 넣고 3시간 처리하였다. 다시 각각의 비닐하우스에 하루를 세워둔 다음 같은 처리를 반복하여 外觀上 發現되는 冷害증상을 관찰하였다.

III. 結果 및 考察

(1) 靑色光이 결여된 自然光이 作物의 生長 特性 및

Table 1. Effect of light treatment on the yield of various plants¹

	Seeding Date	Sampling Period	Yield		BCDS/WCS	Cultivated Area
			WCS	BCDS		
Cucumber	4. 26	6. 26~8. 2	1, 322(8. 6)	1, 916(11. 8)	1. 45	Suweon
	2. 19	5. 13~6. 24	2, 655(14. 3)	4, 168(24. 3)	1. 57	Kwangju*
Zucchini	3. 17	5. 22~7. 1	1, 433(4. 3)	2, 617(6. 4)	1. 83	Suweon
	2. 19	4. 25~5. 31	3, 901(7. 3)	5, 946(11. 0)	1. 52	Kwangju*
Leaf	3. 17	6. 2	521	685	1. 32	
Lettuce	2. 20	4. 26	264(28. 7)	386(34. 0)	1. 46	Kwangju*
Tomato	3. 17	7. 4~8. 2	2, 511(14. 8)	2, 590(14. 8)	1. 02	Suweon
	2. 20	6. 14~7. 14	1, 492(10. 0)	2, 864(18. 0)	1. 92	Kwangju*

* Data obtained by professor S.J. Jung at Jun Nam Univ.; Personal communication.

Yields are in unit of g per plant. The parenthesis are in unit of fruit numbers per plant.

All plants were transplanted 30~40 days after seeding.

수확량에 미친 효과

本 연구에 사용된 BCR film은 Fig. 1에서 보이는 바와같이 靑色波長영역(350~500nm: violet-blue region)의 光에 대하여 약 70%정도의 濾光효과를 보인다. 그리고 同 film은 일반 작물인 경우 全 作期에 걸쳐 有效한 光質 조절효과를 보일만큼 安定性이 높아 시설 원예에서의 實用化 가능성이 높은 것으로 기대되었다.

BCR film下에서 자란 作物體가 보이는 生長特性은 전반적으로 高추재배時에 관찰하였던 것⁽¹⁾과 유사하였다. 즉 全 生育期間에 걸쳐 對照區에 대비하여 보다 왕성한 生長상태를 유지하였다(영양생장기의 生長특성의 메타타化는 생략한다). 그리고 이러한 生長力의 差異는 果菜類의 경우 結實수확량에도 연계되었음을 알 수 있다(Table 1). 비슷한 시기에 全南大시설 원예연구실에서 同大學 부속농장에서 BCR film으로 실시한 栽培효과實證실험에서도 유사한 결과를 얻었다.⁽¹⁰⁾ 株當 수확량구성에 있어서 果實數가 많아졌을 뿐만 아니라 果實 個當 重量이 증가하였음도 품질의 측면에서 주목할만한 일이다.

참고로 附言하여야 할 관찰사실은, 高추와는 달리 오이, 호박 및 토마토에서 共히 開花가 약간(2~3일) 늦어지는 경향이 있었으나 그대신 열매가 빨리 크고 落果率이 떨어짐으로서 1次 수확시기는 실제로 지연되지 않았다. 수확량은 2次 수확에서부터 현저한 증가를 보이기 시작하였다.

(2) Chloroplast 전자전달계의 活性에 미친 효과

BCR film下에서 보인 作物의 왕성한 生長力은 주어진 光質환경下에서 光合成能力이 향상되었기 때문이라

고 일단 假定할 수 있다. 그런데 광합성은 明反應과 暗反應의 두 phase로 이루어져 있기때문에 光質환경의 변화가 미친 영향은 光 조사조건下에서만 일어나는 明反應에서 그 원인을 찾아보는 일이 보다 合理的이라고 생각된다.

Chloroplast의 thylakoid membrane에서 일어나는 광합성의 明反應은, 光에너지의 捕集→전자 전달계의 可動→세포 환원력(NADPH)의 生長 및 전자전달계와 짝지어진(coupled) ATP 생성으로 記述될수 있음으로, 단일 明反應이 활발하게 진행되려면 우선 光吸收 및 화학적 포텐셜(chemical potential)로의 전환과정인 所謂 光에너지 捕集이 효율적으로 일어나야하고 또한 전자전달계가 높은 활성을 유지하여야 한다.

光에너지 捕集의 相對的 효율성은 定性的으로는 同一 식물인 경우에 單位 重量當 광합성색소(특히 chlorophyll)의 相對的 含量으로 나타낼 수 있을 것이다. 한편 광합성 전자전달계의 活性은 일정시간 일정한 光量의 光이 照射된 單位량 of chloroplast에 의해 單位 시간當 환원되는 NADP⁺量으로서 定義되어진다. 그런데 NADP⁺ 환원을 직접 조사하는 일은 실험수행상 상당한 어려움이 따르므로 전자전달계의 相對的 活性 측정만으로도 충분한 연구의 경우에는 최종 전자收容體를 NADP⁺ 대신 代用물질인 Ferricyanide를 쓰는 일이 通常的이다.^(11, 12, 13)

광합성을 수행하는 主된 색소는 광합성 單位體에서 극히 일부분인 반응중심 chlorophyll이지만 total chlorophyll의 함량 증가는 상대적으로 反應중심 chlorophyll의 함량증가를 示唆한다고 볼 수 있다. Table 2의 결과는 청색광이 결여한 光質환경下에서 자란 作物

Table 2. Contents of the Photosynthetic pigments from leaves of various plants grown under BCDS and WCS.

Plant	Treatment	Chlorophylla	Total chlorophylls	Total carotenoids
Cucumber	WCS	1.171	1.949	0.407
	BCDS	1.448	2.471	0.501
	BCDS/WCS	1.24	1.27	1.23
Zucchini	WCS	1.526	2.222	0.501
	BCDS	2.028	2.882	0.611
	BCDS/WCS	1.33	1.30	1.22
Leaf	WCS	0.478	0.683	0.169
Lettuce	BCDS	0.526	0.748	0.200
	BCDS/WCS	1.10	1.09	1.18
Tomato	WCS	0.885	1.445	0.329
	BCDS	0.969	1.600	0.372
	BCDS/WCS	1.10	1.11	1.13

Contents are mg/g of fresh leaf.

Table 3. The Hill reaction activity of chloroplast isolated from leaves of various plant grown under BCDS and WCS

Plant	Treatment	Ferricyanide reduced					
		25°C		15°C		5°C	
		(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)
Cucumber	WCS	976.25	501	467.66	240	210.45	108
	BCDS	1,326.93	537	667.17	270	296.52	120
	BCDS/WCS	1.36	1.07	1.44	1.13	1.41	1.11
Zucchini	WCS	1,919.81	864	1,104.33	497	551.06	248
	BCDS	2,692.32	934	1,556.01	540	829.87	288
	BCDS/WCS	1.40	1.08	1.42	1.09	1.51	1.16
Leaf	WCS	808.67	1,184	404.34	592	202.17	296
Lettuce	BCDS	962.91	1,288	514.35	688	247.46	331
	BCDS/WCS	1.19	1.09	1.26	1.16	1.22	1.12
Tomato	WCS	852.31	590	427.60	296	182.02	126
	BCDS	927.71	580	486.25	304	211.13	132
	BCDS/WCS	1.09	0.98	1.14	1.03	1.17	1.05

Ferricyanide reduced is presented as μ moles ferricyanide photoreduced/hr.g of fresh leaf in (A), and μ moles ferricyanide photoreduced/hr.mg chl. in (B).

이 對照區에 비하여 광합성색소 함량이 상당히 증가했음을 보여준다. 이와 유사한 결과는 고추에서도 관찰되었고 光生理學的 觀點에서 그에 관한 토론은 이미 前報에서 한바 있다.

Table 3에는 여러 온도에서 얻은 Hill반응속도의 측정치로부터 환산한 전자전달계의 활성을 정리하였다. 1mg의 chlorophyll을 함유한 chloroplast가 한시간 동안 2.0×10^6 erg/cm²/sec의 光度의 red actinic light로

照射받을때 전달하는 전자 當量數와 lgr.의 잎중에 함유된 chloroplast가 同一한 조건下에서 전달하는 전자 當量數를 각각 光원된 ferricyanide의 mole數로 나타내었다. Chloroplast의 單位量은 실제의 갯수로서 표현하는 것이 적절한 일이나 실질적으로 그것은 거의 불가능한 일이므로 일반적으로 chlorophyll의 量을 그 단위로 쓰고 있다.⁽¹¹⁾

위의 결과에 의하면 BCR film下에서 자란 작물들은 공통적으로 광합성전자전달계의 활성이 향상되어 있음을 알 수 있다. Chloroplast의 단위량 기준으로서 뿐만 아니라 특히 잎의 단위중량기준으로 볼때 그 활성증가율이 현저히 높아졌다. (생육適溫인 25°C에서 호박 40%, 오이 36%, 상치 19%, 및 토마토 9%). 작물의 생산력 향상과 增收효과(Table 1의 수원지역 데이터)를 광합성전자전달계의 活性 증가효과(Table 2)와 비교하면, 비록 수치상의 定量的인 함수관계가 成立하지 않는다 할지라도 相互間에 보이는 경향의 뚜렷한 一致단은 인정하게 된다.

따라서 청색광이 결여된 光質의 환경이 만일 광합성에 필요한 에너지를 공급하기에 충분한 만큼의 光量을 확보하고 있다면, chloroplast 전자전달계의 활성 증가는 곧 物質생산의 증가로 連繫되어 증수효과와 主된生理的 因子가 될 것이다. 그러나 만일 처리된 光質의 환경이 光量의 절대량 부족으로 나타나면, 비록 광합성 明反應의 활성이 증가되더라도 그 활성화된 전자전달계를 충분히 可動시킬 光에너지의 부족때문에 작물의 물질 생산은 오히려 감소될 우려도 있다.

특히 이와같은 우려는 光要求量(더욱 구체적으로는 충분한 광합성에 필요한 赤色파장영역의 光요구량)이 큰 작물이 日照量이 매우 작은 기상조건下에서 재배될 경우에 더욱 커질 수 있다.

아울러 Table 2에서 주목할만한 것은, 작물의 生育適溫(25°C)에서 보다는 오히려 低溫(15°C 및 5°C)에서 광합성 전자전달계의 활성에 미친 光質處理의 효과가 상대적으로 크게 나타났다는 點이다. 이것은 다음에 논의하게 될 미토콘드리아 전자전달계의 활성에 미치는 효과와 더불어 작물의 耐冷性의 향상을 해석하는데 도움이 될 자료가 될 것이다. 왜냐하면 그것은 저온에서도 상대적으로 보다 활발하게 진행되는 광합성 활성을 의미하기 때문이다.

(3) 作物의 耐冷性에 미치는 효과

고추에서 관찰하였던 바와같이⁽¹²⁾ 청색광이 결여된 光質환경下에서 보여준 耐寒能力의 향상이 다른 작물들에서도 同一하게 나타날 것인가를 확인하기 위하여 작물의 低溫處理를 실시하고 外觀上 냉해 發現을 관찰하였다. 작물의 냉해발현 정도를 目測하여 상대적 耐

冷性을 판정하려는데 있어서 실험 手형上 가장 문제가 되는 것은 處理溫도와 處理時間을 결정하는 일이다. 특히 두 對相작물의 外形의인 냉해발현온도가 현저한 차이를 보이지 않을때는 境界溫도(두 對相작물의 냉해발현온도의 中央價)를 찾아내어야 한다.

對相작물은 한달 間 pot재배된 오이로 택하고 6°C 低溫處理한 결과는, BCR film下에서 자란 오이가 냉해발현이 없었거나 혹은 극히 輕微한 냉해증상을 보이는데 반해 無色 PE film下의 對照區는 잎의 끝부분에 심한 黃化現象을 보이며 말려드는 전형적인 냉해증상을 나타내었다. (문헌⁽¹⁴⁾의 사진 참조) 그러면 이러한 耐冷性의 향상은 어떤 細胞生理的 機能의 변화와 관련되어 있을 것인가? 다음 項에서 제시하는 데이터를 보며 논의하기로 한다.

(4) 미토콘드리아 呼吸(전자전달)系의 活性에 미치는 영향

미토콘드리아 전자전달계의 활성은 單位量의 미토콘드리아가 單位時間當 호흡을 통해 소모하는 산소의 mole數로 정의되며⁽¹⁵⁾, 미토콘드리아의 單位量은 貫行대로 그것이 함유한 단백질의 mg으로 정하였다.

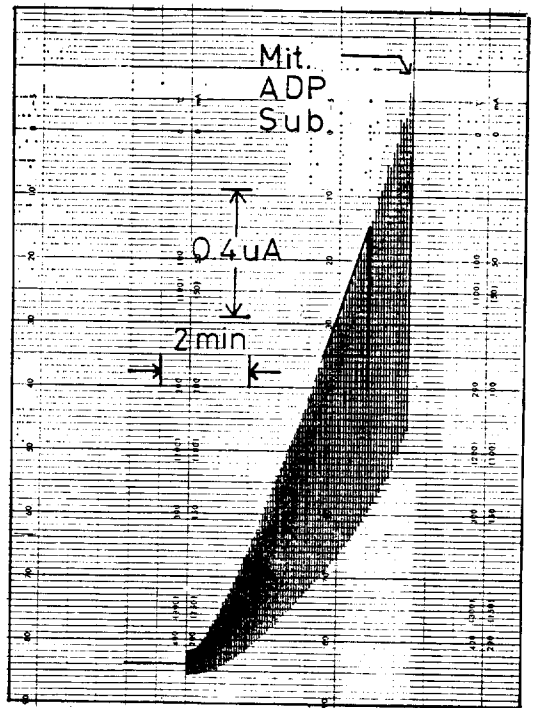


Fig. 2. Typical polarographic trace of oxygen uptake by mitochondria isolated from plant leaves

Fig 2는 호흡에 의한 溶存산소의 농도감소를 보이는 전형적인 滴水水銀 polarographic trace이다. 채택된

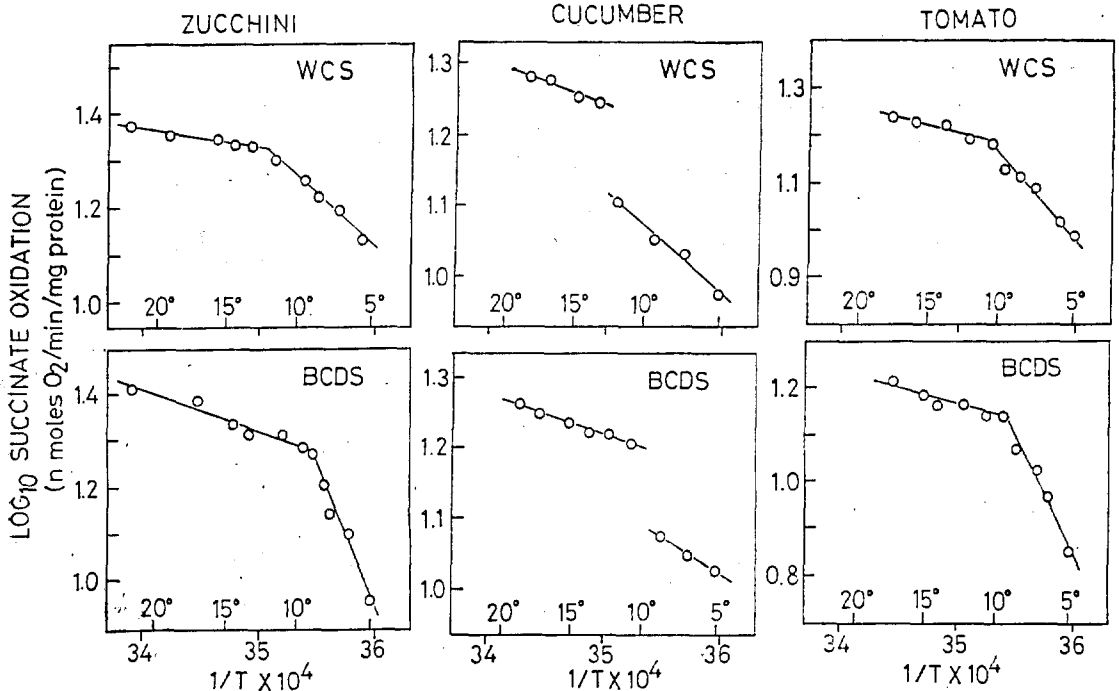


Fig. 3. Arrhenius plots of respiratory activity of mitochondria isolated from leaves of various plants grown under BCDS and WCS

실험조건下에서 0次 반응 취급이 가능한 區間の 기율기로 부터 직접 呼吸速度常數를 얻었다. 호흡속도상수는 호흡활성과 비례관계가 성립되는 것이 확인되었으므로⁽²⁾ 호흡활성을 속도상수(in mole O₂ consumed/min.)/mg protein의 단위로 계산하였다. 약 5°C~25°C 區間の 여러 온도에서 측정한 호흡활성을 Arrhenius plot하여 不連續點(또는 不連續區間)으로 나타나는 호흡활성轉移溫度(혹은 호흡沮害溫度)를 구하였다.

Fig. 3의 결과로부터 구해진 미토콘드리아 호흡저해온도는: 오이에서는 對照區와 光質處理區에서 각각 12~13.5°C와 8.5~10.5°C이며, 호박에서는 각각 12.5°C와 8.8°C, 그리고 토마토에서는 각각 11°C와 9.5°C이다. 즉 BCR film下에서 자란 作物의 미토콘드리아는 對照區에 비하여 그 호흡활성저해온도가 상당히 하강된 것을 알 수 있다. (오이; ~3°C, 호박; ~4°C, 토마토; 1.5°C)

식물체의 耐冷성과 그 호흡활성저해온도間에 성립될 수 있는 어떤 상관관계에 관하여 최초로 관심을 갖은 연구자는 식물병해 初期過程에 대해 生體膜의 相轉移說을 제안한 Lyons와 Raison이다.^(16, 17, 18) 그들은 냉냉성이 약한 高溫性 作物(고구마뿌리, 토마토열매, 오이열매등)은 1.5~2.5°C의 온도범위內에서 호흡활성전이온도를 보이는데 반해 低溫性 作物(사탕무뿌리,

감자괴경, 꽃 양배추뿌리등)은 上記온도범위內에서 호흡활성의 轉移가 보이지 않는다는 비교적 定性的인 연구결과를 보고하였다. 同一種의 많은 品種(cultivar)들間에 보이는 微細한 相對的 耐冷性정도의 차이가 各 품종들의 미토콘드리아 호흡활성전이온도의 미세한 차이로 정확하게 반영되고 있음은 비를 對相으로하여 본 연구실에서 수행된 연구를 통해 확인된 바 있다.⁽¹⁹⁾

上記와 같은 연구결과들에 근거하여, 同一한 식물이 어떤 外的조건에 의하여 호흡활성전이온도가 서로 다른 個體로 生長되었다면 그 온도는 곧 개체들間의 상대적 냉냉성을 나타내는 指標가 될 것이라는 主張은 결코 무리한 것이 아니다. 그렇다면, 靑色光이 결여된 光質환경下에서 재배된 한 作物의 호흡활성전이온도가 하강된 정도(對照區 對比)는 곧 그 냉냉성의 향상정도를 뜻할 수 있다. 그리고 약 3°C의 차이를 보인 오이가 低溫處理후에 보였던 병해발현정도의 차이는 아마도 이를 반영하고 있는 것으로 해석된다.

Table 1, Table 2, 및 Table 3을 비교 검토하면 흥미로운 사실을 발견하게 된다. 즉 光質處理를 받은 4가지 (供試)作物의 수확량과 광합성 明反應活性和 호흡활성전이온도(상치는 5°C~25°C의 실험온도범위에서 호흡활성전이를 보이지 않음)의 相對的 변화들間에 定性的인 상관관계가 成立된다는 사실이다. 수확량의 증가율이 큰 作物이 광합성활성의 증가율이 커지는 경

량을 보였다는 것은 앞에서 지적한 바 있지만, 광합성활성의 증가율과 호흡활성전이온도의 하강정도間에는 보다 밀접한(定量的일지도 모르는) 상관관계가 성립되는 것으로 보인다. 물론 그 상관관계의 定量性을 立證하기 위해서는 더욱 많은 데이터의 수집이 필요하다. 그러나 이러한 상관관계가 성립된다는 사실 自體가 중요한 의미를 갖는다. 왜냐하면 그 生理的 機能上 빛과는 아무런 관계가 없는 미토콘드리아의 호흡활성과 관련되는 한 性質이 靑色光의 有無(또는 多小)에 따라 chloroplast의 活性변화정도에 對應하여 변하였기 때문이다. 이러한 사실은 mitochondria와 chloroplast가 共히 靑色光에 의해 誘導된 어떤 factor(s)가 惹起한 不利한 化學적 영향下에 함께 놓여있음을 示唆한다. 著者는 이것을 靑色光 photosensitization^(1,20)이라는 觀點에서 해석하고, 前述한 factor(s)는 反應性이 강한 산소化學種들(O₂⁻, ¹O₂ 및 H₂O₂ 특히 O₂⁻)일 것이라는 假定아래, 이를 立證하기 위한 자료를 수집중에 있다.

IV. 要 約

靑色光이 결여된 自然光이 작물의 生長特性에 미치는 효과를 조사하고 나아가 細胞生理學 측면에서 그 효과를 검토하였다. 光質 環境을 조절하기 위해서 本 연구실에서 개발한 350~500nm 波長영역의 청색광을 약 70% 제거하는 plastic film(BCR film이라 命名)으로 하우스를 설치하였고, 對照區는 無色 PE film으로 설치된 하우스를 이용하였다. 태양光중 청색광이 결여된 光質의 환경은 供試品種인 고추, 오이, 호박, 상치 토마토에서 시설 원예적인 측면으로 볼때 두가지의 注目할 만한 효과를 나타냈다. 첫째, 對照區에 비하여 全 作期에 걸쳐 보다 왕성한 生長力을 보였으며 현저한 增收를 가져왔다. 둘째, 低溫處理에 의한 냉해 發現 정도를 비교한 결과 耐寒 能力이 상당히 향상되었음을 관찰할 수 있었다. 이러한 효과는 세포內 小器官의 生理的 活性에 反映되어 있었다. 즉 ECR film下에서 자란 작물들의 葉綠體는 白色光 對照區의 그것에 비하여 光合成전자전달계의 활성이 월등히 향상되었으며, 미토콘드리아의 呼吸전자전달계가 정상적인 활성을 유지하는 온도의 下限點이 對照區의 그것에 비하여 數 °C 하강되었다.

V. 參 考 文 獻

1. 정진 : 한국환경농학회지, 3(1), 71 (1984)
2. 정진, 박상규, 이상기, 김세호 : 한국농화학회, 28: (4), 271 (1985)
3. 정진, 백영기 : 특허공보·1090 pp.1~12 (1985. 7. 19)
4. Walker, D.A.: Methods in Enzymol. 69 ; 94(1980)
5. Reeves, S.G., and Hall, D.O.: Methods in Enzymol. 69 ; 85 (1980)
6. Arnon, D.I.: Plant Physiol 24 ; 1 (1949)
7. Jagendorf, A.T., and Margulies, M.: Arch. Biochem. Biophysic. 90 ; 148 (1960)
8. Ikuma, H.: Plant Physiol. 45 ; 773 (1970)
9. 정진, 박상규 : 서울대학교 농학연구 9(1) 별책, 75(1984)
10. 정순주 : Personal Communication.
11. Quitrakul, R., and Izawa, S.: Biochem. Biophys. Acta 305 ; 105 (1973)
12. Nolan, W.G., and Bishop, D.G.: Arch. Biochem. Biophys. 166 ; 323 (1975)
13. Izawa, S., Gould, J.M., Ort, D.R., Felker, P., and Good, N.E.: Biochim. Biophys. Acta 305 ; 119 (1973)
14. 민봉기 : 서울대학교 석사학위 논문(1985)
15. Lessler, M.A., and Brierley, G.P.: Methods Biochem. Anal. 17, 1 (1969)
16. Lyons, J.M., and Raison, J.K.: Plant Physiol. 45 ; 386 (1970)
17. Lyons, J.M.: Ann. Rev. Plant Physiol. 24 ; 445 (1973)
18. Breidenbach, R.W., Wade, N.L., and Lyons, J.M.: Plant Physiol. 54 ; 324 (1974)
19. 정진, 이상기, 인만진 : 서울대학교 농학연구 10: (1) 별책 51 (1985)
20. Spikes, J.D.: "The Science of Photobiology" (Smith, K.C., ed.) Plenum Press, New York p. 87 (1977)