

發芽中 빛에 의한 무우 幼植物의 子葉 Microbody의 活性 變化

朴 敏 哲 · 權 寧 命

(聖心女子大學 生物學科 · 서울大學校 自然科學大學 植物學科)

Effect of Light on Developmental Changes and Activities of Microbody in the Cotyledons of Radish Seedlings

Park, Min Chul and Young Myung Kwon

(Department of Biology, Song Sim College for Women, Bucheon and Department of
Botany, Seoul National University, Seoul)

ABSTRACT

The enzyme patterns and the food storage changes in radish(*Raphanus sativus* L. cv. Taewang) cotyledons during seedling development were studied. The radish seeds were germinated for 8 days at 25°C under light (7,000 lux) or dark condition. The lipid and protein contents per seed were 4.3 mg and 2.85 mg respectively. In 8-day-old light-grown seedling, the lipid and protein contents per cotyledon pair were 1.5 mg and 2.08 mg; in 8-day-old dark-grown seedling, they were 0.8 mg and 1.24 mg respectively. The heterotrophic phase of seedlings continued for 3 days after sowing and followed by autotrophic phase (3~6 day) and senescence phase (6~8 day). The food storage function decreased in response to time course. During heterotrophic phase, the activities of glyoxysomal enzymes (malate synthetase, isocitrate lyase, and catalase) were high at 2~3 day. Those patterns were somewhat more prominent in darkness. During the autotrophic phase, the activities of peroxysomal enzymes (glycolate oxidase and catalase) increased at 4~5 day.

緒 論

發芽동안에 일어나는 중요한 初期 生化學的인 變化양상은 種子形成에서 축적된 貯藏物質인 炭水化合物, 脂肪 및 蛋白質의 分解過程이라고 할 수 있다. 이와같은 代謝는 이에 關聯된 酵素에 의하여 일어나므로 作用酵素의 合成과 活性에 의해 直接的인 影響을 받는다고 할 수 있겠다. 더우기 이들 生化學的인 變化는 幼根出現까지의 發芽 뿐만 아니라 계속되는 幼

본 논문은 성심여자대학 학술연구비에 의하여 연구된 것임.

植物의 生長에 따라 連續性을 가지므로 이들 두 過程은 一般적으로 함께 다루어 왔다 (Bewley and Black, 1978).

子葉의 貯藏營養分을 이용한 幼植物의 生長에서 初期從屬營養段階로부터 獨立營養段階로의 變化는 빛에 의해 일어나는데, 이와같은 變化는 特히 脂肪貯藏種子인 헤바라기, 겨자, 수박, 호박과 오이등을 材料로 사용한 實驗에서 많이 연구되었다(Huang *et al.*, 1983). 이 變化 期間에 脂肪分解代謝와 관계되는 酵素는 脂肪을 含有하는 種子에서 널리 分布하는 microbody에 存在함이 알려졌다(Breidenbach, 1976).

植物에 있어서 脂肪貯藏種子の 組織에서 脂肪分解에 관계되는 glyoxylate cycle의 酵素들이 存在하는 細胞小器官은 그 機能과 관련하여 glyoxysome으로 명명하였는데 이것은 動物의 microbody特性和 유사한 점을 갖고 있음이 알려졌다(Breidenbach and Beevers, 1967; Breidenbach *et al.*, 1968). 그러나 高等植物의 組織에서 발견되는 microbody는 動物의 microbody機能과 유사하고 特히 光呼吸에 중요한 역할을 담당하는 glycolate代謝에 관계된 酵素를 갖고 있어 leaf peroxisome이라고 명명하였다(Tolbert *et al.*, 1968).

그후 Gruber 등 (1973)은 leaf peroxisome이 endoplasmic reticulum으로부터 만들어 짐을 관찰하였고, 또한 黃白化된 잎에서도 形成되나 完全한 機能을 나타내는 성숙된 peroxisome의 發生에는 빛에 의한 자극이 必要함을 알아내었다. 이와같이 일어나 子葉에 있어 peroxisome의 酵素活性에 미치는 빛에 의한 자극은 phytochrome과 密接한 관계가 있음이 알려졌다(Van Poucke *et al.*, 1969; Schopfer *et al.*, 1975, 1976). 결국 脂肪을 含有하는 種子是 自然에서 發芽하면서 자랄때 초기에는 빛과 무관하게 glyoxysome의 기능으로 生長하지만 빛이 있어 光合成을 하면서는 그 기능이 peroxisome으로 전환되게 된다. 그러나 아직도 수많은 脂肪貯藏種子の 子葉에서 일어나는 特徵적인 대사발현을 지배하는 調節機能에 대하여는 一部の 種子에서만 연구되었을 따름이다(Bewley and Black, 1978).

따라서 본 실험은 무우가 發芽하여, 子葉內 대표적 貯藏物質이라 할 수 있는 脂肪의 代謝로부터 빛에 의한 光合成代謝에 이르기까지의 microbody의 계속적인 活性變化를 알아보고자, 光處理 및 暗處理時 일어나는 子葉內 一部 特徵적인 生化學적인 실험을 통하여 glyoxysome과 peroxisome의 活性에 차이를 보이는 중요 효소의 변화에 관한 연구를 시도하였다.

材料 및 方法

材料의 處理 및 生育條件. 본 실험에 사용한 무우(*Raphanus sativus* L.)는 태왕품종으로 0.5% sodium hypochloride 용액에 5분동안 表面殺菌한 후 가아제위에 여과지를 놓은 다음 과중하여 증류수에서 발아시켰다. 生育環境은 溫度를 $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 로 유지하였고 光處理時에는 형광등을 사용하여 7,000 lux의 빛을 지속적으로 조사하였다. 暗處理時에는 검은 vinyl紙로 덮어 光을 차단하였으며, 生育된 子葉은 暗綠色의 光下에서 分離하였다.

生體量, 乾重, 및 幼植物生長의 測定. 배양된 무우 幼植物의 子葉 20쌍을 採取해 生體量을 測定하였고, 乾重은 80°C 에서 24時間 건조시킨 후 測定하였다. 幼植物生長은 방안지 위에서 測定하여 길이를 表示하였다.

脂質 및 蛋白質含量의 測定. 子葉의 脂質含量은 Radin(1969)의 方法을 수정하여 사용하였

다. 10 ml의 methanol-chloroform(2 : 1, v/v) 脂質抽出混合溶液에 子葉을 一定量 넣어 마쇄한 후 1,500 g로 원심분리하여 上澄液을 취하고 다시 이 과정을 2번 재반복하였다. 抽出上澄液에 同量의 2 M KCl 溶液을 넣어 分離된 脂質抽出液을 취한 후 나머지 溶液에 다시 이 과정을 4번 반복하여 分離한 脂質抽出液을 fume hood에서 건조시켜 抽出脂質含量을 測定하였다. 子葉의 總蛋白質量은 microkjeldahl方法으로 測定하였고, 이중 可溶性 蛋白質 測定은 BSA의 量을 기준으로 Lowry 등(1951)의 方法에 따랐다.

酵素溶液의 製造 및 測定方法. 酵素溶液의 抽出은 子葉 20쌍을 5 ml의 0.05 M potassium phosphate 완충용액(pH 7.5)과 0.5 g의 석영사 및 0.25 g의 PVPP를 섞어 5분동안 마쇄하였다. 이때 처리한 PVPP는 子葉內에 存在하는 phenolic 化合物에 의한 酵素活性의 低下를 막기 위하여 사용하였는데 PVPP를 濃度別로 처리하여 酵素의 活性의 變化를 調査하여 本結果 isocitrate lyase는 6%, catalase는 5%, glycolate oxidase는 4% 처리에서 최대의 活性을 나타내었으므로 酵素溶液의 製造時에 5%의 PVPP를 選擇하여 사용하였다(Park, 1984). PVPP를 처리하여 마쇄한 懸濁液은 20,000 g에서 20분동안씩 두번 원심분리하여 그 上澄液을 각 酵素活性 測定에 사용하였다.

Malate synthetase(EC 4.1.3.2)의 活性은 Schnarrenberger 등(1971)의 方法에 따라 412 nm에서 DTNB-CoA complex의 生成量을 測定하였고 몰흡광계수 $1.36 \times 10^4 \text{ cm}^{-1} \text{ M}^{-1}$ (Schnarrenberger *et al.*, 1971)로 부터 산출하였다.

Isocitrate lyase(EC 4.1.3.1)의 活性은 Bajracharya(1974)의 方法에 의하여 334 nm에서 glyoxylate-phenylhydrazine complex의 生成量을 測定하였고 몰흡광계수 $13.43 \times 10^3 \text{ cm}^{-1} \text{ M}^{-1}$ (Hock, 1969)로 부터 산출하였다.

Catalase(EC 1.11.1.6) 活性은 Chance와 Maehly(1955)의 方法에 따라 240 nm에서 H_2O_2 의 소모량을 測定하였고, H_2O_2 의 몰흡광계수 $0.44 \times 10^2 \text{ cm}^{-1} \text{ M}^{-1}$ (Chance and Maehly, 1955)로 부터 산출하였다.

Glycolate oxidase(EC 1.1.31)의 活性은 Baker와 Tolbert(1966)의 方法에 따라 324 nm에서 glycolate-phenylhydrazine complex의 生成量을 測定하였고 몰흡광계수 $1.7 \times 10^4 \text{ cm}^{-1} \text{ M}^{-1}$ (Baker and Tolbert, 1966)로 부터 산출하였다.

Microbody 酵素의 活性調査. 酵素活性은 生理的인 環境條件에 따라 차이는 나타낼 수 있으므로 本實驗에서 測定한 microbody에 存在하는 發芽酵素인 malate synthetase, isocitrate lyase, catalase와 glycolate oxidase에 대하여 最適條件을 결정하기 위한 最適 pH, Km값, 酵素溶液에 따른 linearity, 測定時間內에서의 안정성을 調査하였다. 그리고 光下에서 또는 暗所에서 培養한 條件에 따른 阻害物質이나 促進物質의 存在 유무를 확인하기 위한 方法으로 두 처리과정에서 얻은 酵素抽出液을 混合하여 그 活性의 차이를 비교하였으며, 그 결과는 다음과 같다(Park, 1984).

1. 最適 pH는 malate synthetase의 경우 8.0, isocitrate lyase의 경우 7.3, catalase의 경우 7.2, glycolate oxidase의 경우 7.5를 나타내었다.
2. Km값은 malate synthetase는 $2.38 \times 10^{-4} \text{ M}$, isocitrate lyase는 $2.5 \times 10^{-3} \text{ M}$, catalase는 $9.27 \times 10^{-2} \text{ M}$, glycolate oxidase는 $1.92 \times 10^{-3} \text{ M}$ 이었다.
3. Linearity는 malate synthetase는 酵素溶液 30 μl 까지, isocitrate lyase는 60 μl 까지, catalase는 60 μl 까지, glycolate oxidase는 120 μl 까지 나타내었다.

4. 各 酵素는 모두 抽出 후 6시간 이상 그 活性이 安定하였다.
 5. 材料培養條件에 다른 抽出酵素液의 混合實驗을 통해 抽出液內에는 저해물질이나 촉진 물질이 없음을 알 수 있었다.
- 이상의 結果는 暗處理와 光處理한 것 사이에 차이점이 없이 동일하였다.

結果 및 考察

무우種子の 發芽 및 生長에 따른 形態的 變化. 무우 幼植物의 8日동안의 生長에 따른 形態的인 變化를 알아보기 위하여 光處理區와 暗處理區 別로 下胚軸과 뿌리의 길이, 生體量과 乾量을 測定하여 Fig. 1~4에 비교하여 나타내었다.

光處理區와 暗處理區에서 1日동안의 生長에서는 形態的인 變化의 차이가 없었고 이들 두 處理區에서의 種子發芽率로 95%以上으로 光이 發芽에 미치는 영향은 없었다. 그러나 2日 부터는 下胚軸(Fig. 1)과 뿌리의 길이生長(Fig. 2)이 두 處理區間에서 현저한 차이를 보였다. 특히 Fig. 1에서 보이는 것과 같이 下胚軸은 光處理區에서 4日동안의 증가를 유지하여 더 이상 자라지 않았으나, 暗處理區에서는 계속 증가하여 8日에서는 光處理區의 약 5배가량 길어졌다. 한편 뿌리의 길이는 두 處理區間에서 계속 증가하여 光下에서는 대개 12.5 cm 가량 그리고 暗所에서는 대개 15.5 cm 가량 자랐다. 이들 暗處理區와 光處理區에서의 차이는 특히 下胚軸의 경우 빛에 의해 현저히 그 生長이 저해되었는데(Fig. 1) 이와같은

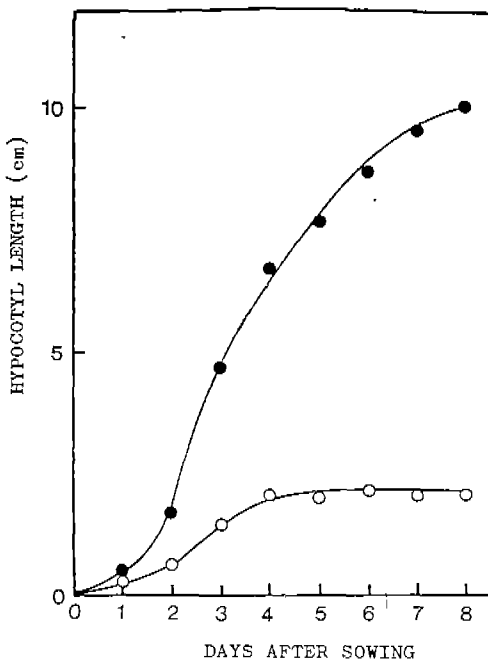


Fig. 1. Developmental changes of hypocotyl length from radish seedlings grown in the light (○) and in the dark (●).

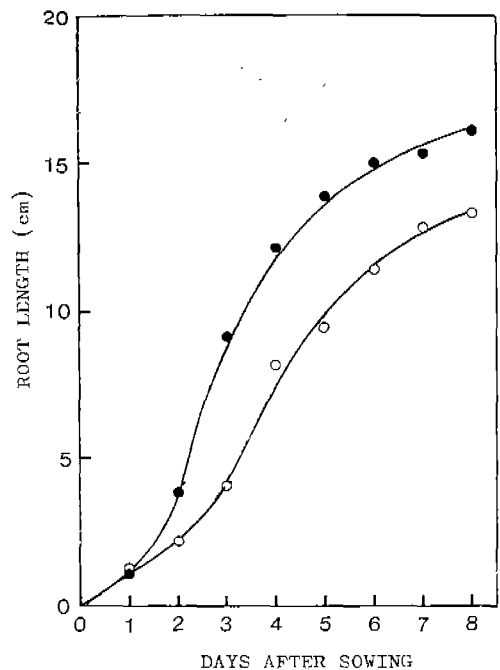


Fig. 2. Developmental changes of root length from radish seedlings grown in the light (○) and in the dark (●).

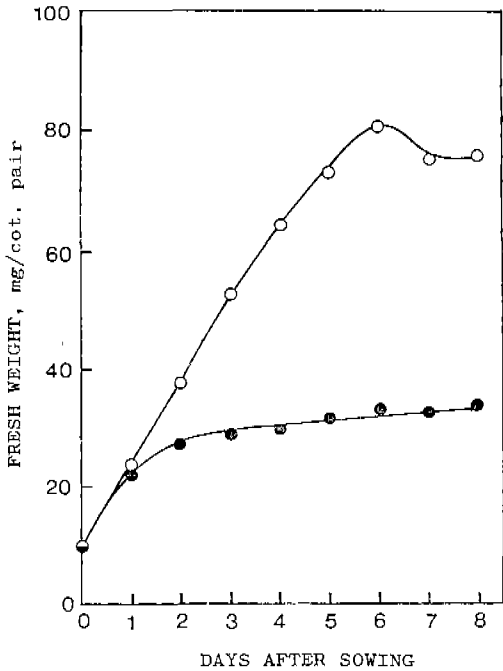


Fig. 3. Developmental changes in fresh weight of cotyledons from radish seedlings grown in the light (o) and in the dark (•).

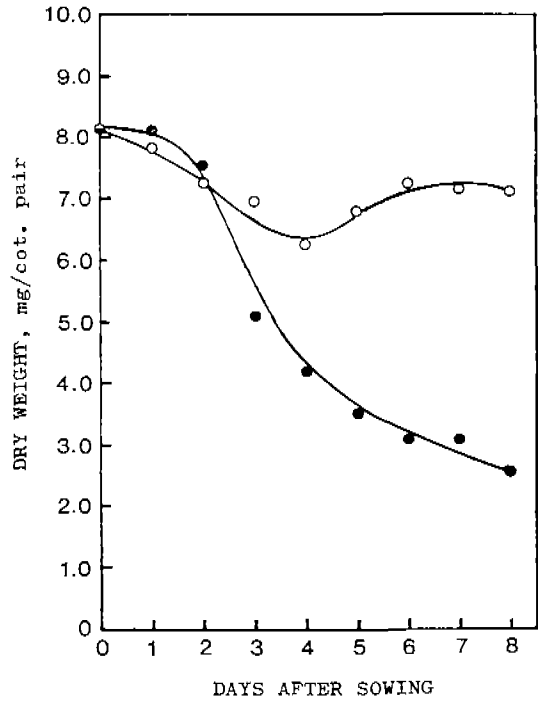


Fig. 4. Developmental changes in dry weight of cotyledons from radish seedlings grown in the light (o) and in the dark (•).

현상은 gibberellin 含量과 關聯지어 論議되었고(Lockhart, 1956; 1959; Kende and Lang, 1964; Jones and Lang 1968; Köhler, 1970), 최근 Keller와 Coulter(1982)는 완두를 사용한 실험에서 下胚軸의 生長억제는 빛에 의한 gibberellin inhibitor의 生成으로 인한 것으로 보고하였다. 子葉의 生體量(Fig. 3)은 光處理區의 경우 파종 후 계속 증가하여 6日째에는 最大値를 나타내어 種子의 약 8배가량 되었으나 7, 8일에서는 약간 감소하였고, 이때 子葉의 넓이는 계속 넓어졌다. 그러나 暗處理한 子葉의 生體量은 2日以後 거의 증가율이 떨어 8日에서는 처음의 약 3배가량밖에 되지 않았고 子葉의 넓이 變化는 보이지 않았다. 한편 子葉의 乾量의 變化(Fig. 4)에서 暗處理한 경우 2日以後 계속 감소를 나타내어 8일에서는 처음의 1/4가량 밖에 되지 않았으며, 光處理區에서는 4日까지는 감소하는 경향을 보이다가 그후 약간의 증가추세를 나타내었는데 이들 두 처리구의 뚜렷한 차이는 光에 의한 직접적인 결과임에 틀림없다.

또한 子葉의 貯藏脂質과 蛋白質의 시간에 따른 分解過程을 알아보기 위하여 날짜별로 각각의 含量을 조사하여 Fig. 5와 6에 요약하였다. 光處理區와 暗處理區에서 각각 貯藏脂質의 含量의 變化(Fig. 5)는 2日에서 5日 사이에 급격한 감소를 나타내어 파종 후 8日에서는 光處理區의 경우 初期子葉 脂質含量의 약 35%였으며 暗處理區의 경우 약 18%로 暗處理區의 脂質소모가 현저히 많았음을 관찰하였다. 또한 總蛋白質含量의 變化(Fig. 6A)는 光處理區

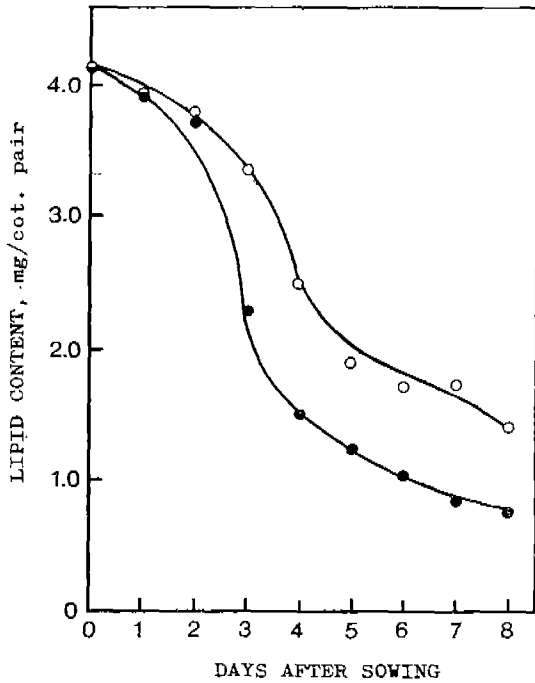


Fig. 5. Developmental changes in lipid content of cotyledons from radish seedlings grown in the light (○) and in the dark (●).

에서는 1일이후 급격한 감소를 나타낸 후 8일까지 점차적으로 감소 추세를 보였으나 暗處理區에서는 1일이후 계속적으로 급격한 감소를 나타내었다. 즉 8일에서의 함량은 光處理區인 경우 初期子葉 蛋白質含量的 약 73%였으나 暗處理區의 경우 약 43%정도로 暗處理區의 蛋白質소모가 많았음을 관찰하였다.

수용성蛋白質인 경우(Fig. 6B)는 파종 후부터 3일까지 光處理區에서보다 暗處理區에서 급격한 감소를 나타내었다. 光處理區의 경우 8일에서의 함량이 初期水溶性 蛋白質含量的의 57%이었으나 暗處理區의 경우 약 36%정도로 暗處理區의 水溶性 蛋白質含量的의 分布率을 보면(Table 1) 種子에서는 49%였으나 8일째에서는 光處理區인 경우 약 39%였고, 暗處理區의 경우는 33%로 전반적으로 감소추세를 보였다.

이들 貯藏物質의 變化에서 脂質含量은 2일부터 급속히 감소현상을 나타내었고

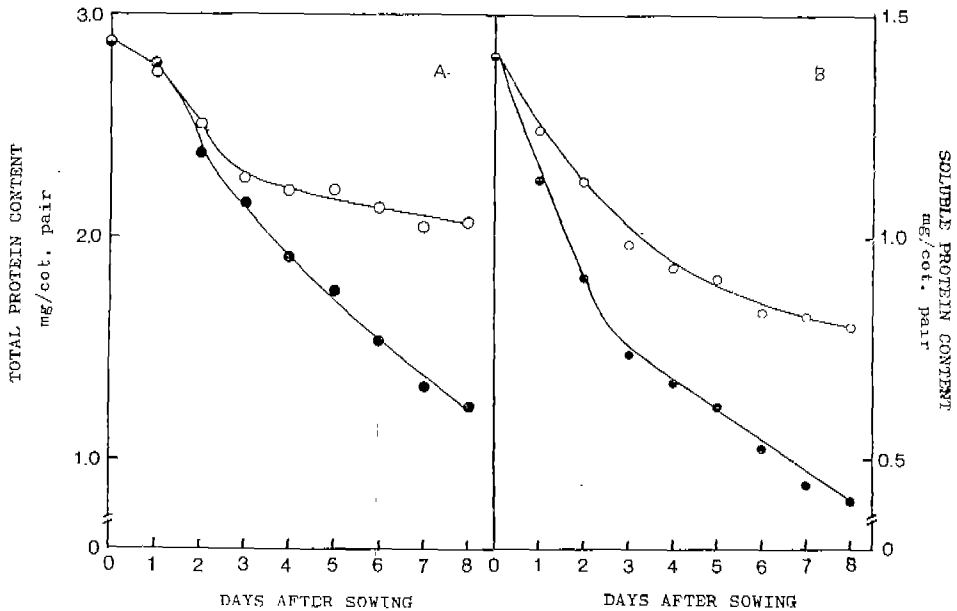


Fig. 6. Developmental changes in the total protein content (A) and soluble protein content (B) of cotyledons from radish seedlings grown in the light (○) and in the dark (●).

Table 1. Nonsedimentable (20,000g supernatant) soluble protein expressed as a percentage of total radish cotyledonary protein for light- and dark-grown seedlings

Day (light)	Total Protein (mg/cot. pair)	Soluble Protein (mg/cot. pair)	%	Day (dark)	Total Protein (mg/cot. pair)	Soluble Protein (mg/cot. pair)	%
0	2.854	1.405	49.23	—	—	—	—
1	2.748	1.238	45.06	1	2.763	1.125	40.72
2	2.508	1.124	44.83	2	2.438	0.912	37.42
3	2.263	0.984	43.48	3	2.158	0.740	34.30
4	2.210	0.933	42.22	4	1.925	0.677	35.17
5	2.213	0.910	41.13	5	1.798	0.622	34.60
6	2.128	0.832	39.11	6	1.553	0.526	33.80
7	2.047	0.826	40.36	7	1.333	0.444	33.32
8	2.077	0.801	38.57	8	1.240	0.406	32.74

(Fig. 5), 水溶性蛋白質은 과중적후 부터 크게 감소함을 보였는데 (Fig. 10B) 이는 初期物質代謝에 필요한 水溶性蛋白質의 이동이 우선적으로 일어난다는 것으로 볼 수 있다. 이때 總蛋白質에 대한 水溶性蛋白質의 分布率은 光處理區에서 보다 暗處理區에서 급속히 감소하는 현상을 나타내었는데 (Table 1) 이것은 子葉內에서 대사내용과 활성의 차이에서 오는 結果인 것으로 사료된다.

光處理와 暗處理한 子葉의 酵素活性的 變化. 무우 種子의 生長初期의 發育은 脂肪代謝와 밀접한 관계를 갖고 있으므로 microbody의 酵素인 malate synthetase, isocitrate lyase, catalase

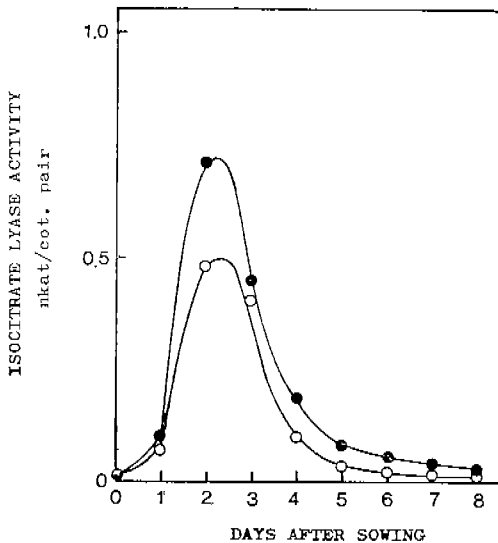


Fig. 7. Time courses of malate synthetase activity in the cotyledons of radish seedlings grown in the dark (●) and in the light (○).

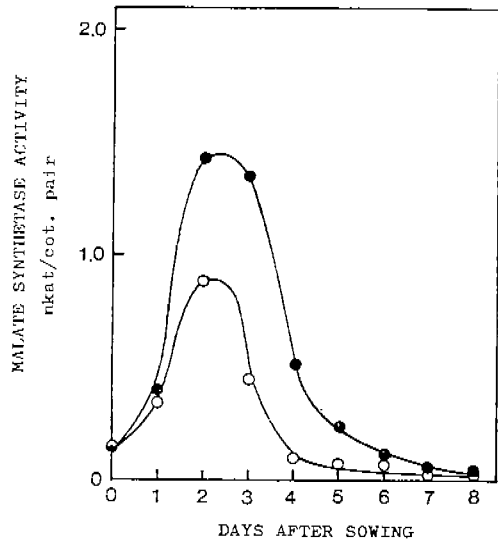


Fig. 8. Time courses of isocitrate lyase activity in the cotyledons of radish seedlings grown in the dark (●) and in the light (○).

와 glycolate oxidase의 酵素活性 變化를 과종후 8日까지 날짜별로 각각 調査하였다.

Glyoxysome의 機能에 關여하는 malate synthetase와 isocitrate lyase의 活性은 1日과 2日 사이에서 급격히 증가하여 2日과 3日사이에서 最大에 달하였다가 8日까지 감소하는 현상을 보였다(Fig. 7, 8). 이 때 暗處理區에서의 malate synthetase와 isocitrate lyase 活性이 光處理區에서 보다 2日에서 높게 나타났으며, 이와같은 暗處理區에서의 malate synthetase와 isocitrate lyase 活性은 光處理區보다 전반적으로 높음을 알 수 있었다.

이들 두 효소의 活性이 1日과 2일에 급격히 增加하였는데 이것은 오이를 재료로한 Becker 등(1978)의 실험에서도 이들 酵素의 活性이 增加되었으며 이때 脂質의 含量이 급속히 減少함을 보고한 바 있다. 과종후 8日까지 光處理區에서 보다 暗處理區에서 이들 酵素의 活性이 높게 나타났는데(Fig. 7, 8) 이것은 빛에 의해 生成되는 光合成産物의 feedback inhibition 結果 이들 酵素의 合成이 억제되어 나타나는 것으로 사료된다(Hock, 1969).

Glyoxysome과 peroxisome의 機能에 모두 關여하는 catalase는 代謝過程중에 生成되는 H_2O_2 를 分解하는 역할을 하는 酵素(Beevers, 1979; Yamazaki and Tolbert, 1970)로 과종후 1日과 2日사이에서 급격히 증가하여 2日과 3日사이에서 最大의 活性을 나타내었다(Fig. 9). 그러나 4日까지는 그 活性이 暗處理區에서 높게 나타났으나, 그 이후는 光處理區에서 높은 活性을 보였고, 暗處理區에서는 점차 감소하는 경향을 나타내었다.

한편 peroxisome의 機能에 關여하는 glycolate oxidase의 活性은 光處理區에서는 2日부터 4日 사이에서 급격히 증가하여 5日에서 最大에 도달하였으나 그 이후 8日까지 점차적으로 감소추세를 보였다. 그러나 暗處理區에서는 3日까지 증가하다가 5日까지 감소한 후로는 지속적인 活性을 유지하였다(Fig. 10).

특히 이 두 酵素에서 光處理區의 catalase 活性은 2, 3日사이에서 높은 活性을 나타낸 후 다

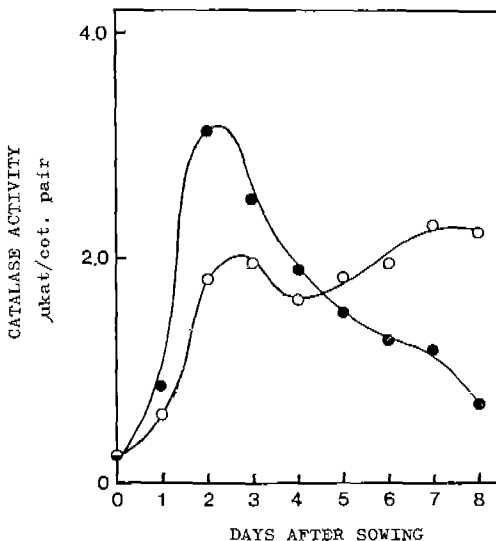


Fig. 9. Time courses of catalase activity in the cotyledons of radish seedlings grown in the dark (●) and in the light (○).

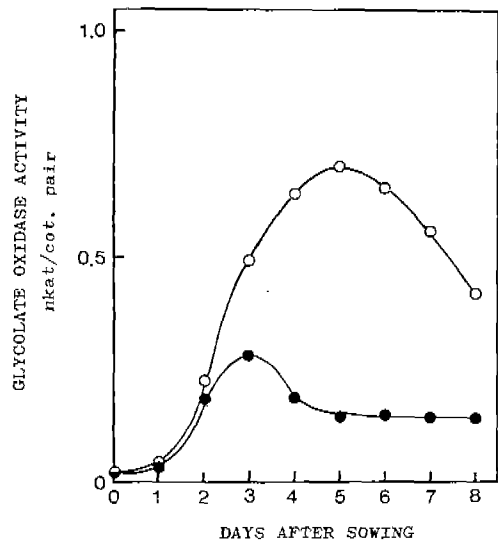


Fig. 10. Time courses of glycolate oxidase activity in the cotyledons of radish seedlings grown in the dark (●) and in the light (○).

시 4日以後부터 점진적인 増加를 보였는데 이때 暗處理區에서의 이 酵素의 活性은 2日以後부터 점차 저하되면서 peroxisome의 maker enzyme인 glycolate oxidase의 活性이 光處理區에서 5日까지 급속히 증가한 점으로 보아 이것은 microbody의 기능전환에 따른 이들 酵素의 *de novo* 合成의 結果라고 해석된다. 時間에 따른 microbody의 빛에 의한 機能전환과정은 Beevers(1979)에 의해 세가지 가설로 생각될 수 있음이 제기되었으나 아직 뚜렷한 증거는 보고된 바 없다.

그러므로 glyoxysome의 酵素인 malate synthetase와 isocitrate lyase의 活性이 2,3日에 最大를 나타내었고(Fig. 7, 8) mitochondria의 酵素인 malate dehydrogenase 活性과 fumarase 活性이 增加(Park, 1984)되는 것으로 보아 이 시기에서 glyoxysome의 機能이 最大인 것을 알 수 있었다. 또한 光處理區에서 과중 후 5日에 glycolate oxidase의 活性이 最大인 점(Fig. 10) 그리고 malate synthetase와 isocitrate lyase의 活性이 낮은 점(Fig. 7, 8)으로 미루어 무우 子葉에서는 2,3日에서 glyoxysome의 機能이 활발하다가, 그후 機能의 變化를 보여 5日에서는 peroxisome의 活性이 最大를 보인다고 할 수 있다. 이러한 現象은 脂肪을 貯藏하는 쌍자엽식물인 오이(Becker *et al.*, 1978), 겨자(Hong and Schopfer, 1981), 유채(Pee *et al.*, 1982)의 子葉에서와 같이 貯藏脂肪의 初期代謝에 關여하는 細胞內 microbody의 機能이 빛과 밀접한 關連성이 있음을 알 수 있다.

이상의 現象을 綜合해 볼 때 무우 幼植物은 쌍자엽식물의 脂肪貯藏組織인 子葉에서 나타나는 일반적인 發達양상을 보여주었는데, 種子 發芽後 2日以後부터는 빛에 의한 形態의 變化를 보이기 시작하여 3日以後부터는 暗處理에 비하여 현저한 차이를 나타내었다. 이때

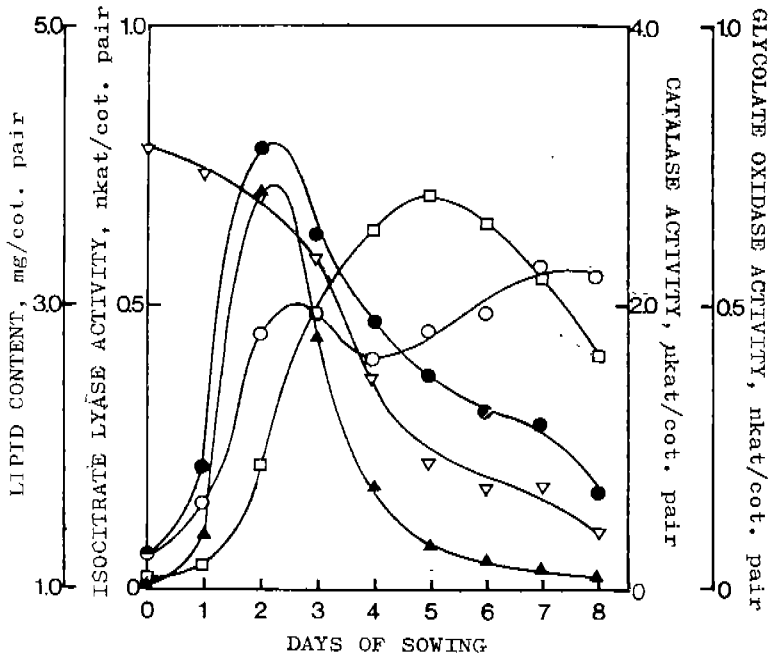


Fig. 11. Developmental changes in glyoxysomal (isocitrate lyase, ▲-▲; catalase, ●-●) enzymes of dark-grown radish cotyledons and peroxisomal (glycolate oxidase, □-□; catalase, ○-○) enzymes of light-grown radish cotyledons during the changes of lipid content (▽-▽).

子葉에서의 microbody 機能과 연관되는 glyoxysome과 peroxisome에 存在하는 酵素들중 暗處理區에서의 malate synthetase, isocitrate lyase 및 catalase活性和 光處理區에서의 glycolate oxidase와 catalase活성을 脂質含量과 비교하여 Fig. 11에 要約하였다. 이 결과로 미루어, glyoxysome의 機能이 1日과 2日 사이에서 급속히 活性化되어 2日과 3日 사이에서 最大活성을 보인 후, 곧이어 빛에 의하여 peroxisome의 機能으로 전환됨을 알 수 있었다.

그러므로 무우 幼植物의 子葉에서는 發芽 3日 以後부터 貯藏營養分の 利用에 의한 從屬營養體的인 代謝가 빛에 의하여 獨立營養體的인 代謝로 전환되므로서 6日 以後부터는 무우 幼植物의 子葉은 貯藏器官으로서의 機能이 점차 상실되는 것으로 판단된다.

摘 要

본 연구는 무우(*Raphanus sativus* L. cv. Taewang) 種子 發芽時의 生理學的 現象을 밝히고자 8日 동안에 25°C에서 7,000 lux의 光處理區와 暗處理區로 나누어 배양한 幼植物의 子葉內 發芽酵素 및 저장영양물질의 變化를 調査하였다. 무우의 子葉당 脂質은 4.3 mg, 蛋白質은 2.85 mg으로 8日後 光處理區에서는 각각 1.5 mg, 2.08 mg과 暗處理區에서는 각각 0.8 mg, 1.24 mg으로 變化되었다. 무우 幼植物의 發達過程은 發芽後 3日까지는 從屬營養段階를 나타냈으며, 3~6日까지는 獨立營養段階를 보여주었다. 또한 6~8日까지는 老化過程段階를 나타내어 貯藏組織의 役割을 점차적으로 상실하였다. 從屬營養段階에서는 2~3일에 glyoxysome酵素(malate synthetase, isocitrate lyase, catalase)의 活性이 급속히 증가하였고 이때 暗處理區가 光處理區보다 높은 活성을 나타내었다. 獨立營養段階에서는 4,5일에 peroxisome酵素(glycolate oxidase, catalase)가 높은 活성을 보여주었다.

參 考 文 獻

- Bajracharya, D. 1974. The role of phytochrome in the development of microbodies and mitochondria in the cotyledons of *Sinapis alba* L. Dissertation, Univ. Freiburg.
- Baker, A.L. and N.E. Tolbert. 1966. Glycolate oxidase (ferredoxin-containing form). In, Methods in enzymology, S.P. Colowick and S.O. Kaplan (eds.), Vol. 9, pp. 338-342. Academic Press, New York.
- Becker, W.M., C.J. Leaver, E.M. Weir, and H. Riezman. 1978. Regulation of glyoxysomal enzymes during germination of cucumber. *Plant Physiol.* 62: 542-549.
- Beevers, H. 1979. Microbodies in higher plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 30: 159-197.
- Bewley, J.D. and M. Black. 1978. Physiology and biochemistry of seeds. 1. Development, germination, and growth. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- Breidenbach, R.W. 1976. Microbodies. In, Plant biochemistry, J. Bonner and J.E. Varner(eds), pp. 91-114. Academic Press, New York.
- Breidenbach, R.W. and H. Beevers. 1967. Association of the glyoxylate cycle enzymes in a novel subcellular particle from castor bean endosperm. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 27: 462-469.
- Breidenbach, R.W., A. Kahn, and H. Beevers. 1968. Characterization of glyoxysomes from castor bean endosperm. *Plant Physiol.* 43: 705-713.
- Chance, B. and A.C. Maehly. 1955. Assay of catalase and peroxidase, In, Methods in enzymology, S.P. Colowick and S.P. Kaplan (eds.), Vol. 2, pp. 764-769. Academic Press, New York.
- Choinski, J.S. and R.N. Trelease. 1978. Control of enzyme activities in cotton cotyledons during

- maturation and germination. II. Glyoxysomal enzyme development embryos. *Plant Physiol.* 62: 141-145.
- Gruber, P.J., W.M. Becker, and E.H. Newcomb. 1973. The development of microbodies and peroxisomal enzymes in greening bean leaves. *J. Cell Biol.* 56: 500-518.
- Hock, B. 1969. Die Hemmung der Isocitrat-Lyase bei Wassermelonenkeimlingen durch Wei licht. *Planta* 85: 340-350.
- Hong, Y.N. and P. Schopfer. 1981. Control by phytochrome of urate oxidase and allantoinase activities during peroxisome development in the cotyledons of mustard (*Sinapis alba* L.). *Planta* 152: 325-335.
- Huang, A.H.C., R.N. Trelease, and T.S. Moore, Jr. 1983. Plant peroxisomes. Academic Press.
- Jones, R.L. and A. Lang. 1968. Extractable and diffusible gibberellins from light-grown and dark-grown pea seedlings. *Plant Physiol* 43: 629-634.
- Keller, P.L. and M.W. Coulter. 1982. The relationship of endogenous gibberellins to light-regulated stem elongation rates in dwarf and normal cultivars of *Pisum sativum* L. *Plant & Cell Physiol.* 23: 409-416.
- Kende, H. and A. Lang. 1964. Gibberellins and light inhibition of stem growth in pea. *Plant Physiol.* 39: 435-440.
- Köhler, D. 1970. Die Wirkung des Rotlichtes auf das Wachstum von Erbsenkeimlingen und ihren Gehalt an gibberellinähnlichen Substanzen. *Z. Pflanzenphysiol.* 61: 426-435.
- Lockhart, J.A. 1956. Reversal of the light inhibition of pea stem growth by the gibberellins. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 42: 841-848.
- Lockhart, J.A. 1959. Studies on the mechanism of stem growth inhibition by visible radiation. *Plant Physiol.* 34: 457-460.
- Lowry, O.H., N.J. Rosebrough, A.L. Farr, and R.J. Randall. 1951. Protein measurement with the Folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.* 193: 265-275.
- Park, M.C. 1984. Developmental changes and activities of microbody in the cotyledons of radish seedlings. Ph.D. thesis Seoul National University.
- Pee, M.J., D.K. Kwon, and Y.N. Hong. 1982. Effect of light on development of microbody functions in the cotyledons of rape (*Brassica napus* L.) seedlings. *Kor. J. Bot.* 25: 73-81.
- Radin, N.S. 1969. Preparation of lipid extracts. In *Methods in enzymology*, S.P. Colowick and S.D. Kaplan (eds.), Vol. 14: 245-255. Academic Press, New York.
- Schnarrenberger, C., A. Oeser, and N.E. Tolbert. 1971. Development of microbodies in sunflower cotyledons and castor bean endosperm during germination. *Plant Physiol.* 48: 566-574.
- Schopfer, P., D. Bajracharya, H. Falk, and W. Thien. 1975. Phytochromgesteuerte Entwicklung von Zellorganellen (Plastiden, Microbodies, Mitochondrien). *Ber. Dtsch. Bot. Ges.* 88: 245-268.
- Schopfer, P., D. Bajracharya, R. Bergfeld, and H. Falk. 1976. Phytochrome-mediated transformation of glyoxysomes into peroxisomes in the cotyledons of mustard (*Sinapis alba* L.) seedlings. *Planta* 133: 73-80.
- Tolbert, N.E., A. Oeser, T. Kasaki, R.H. Hageman, and R.K. Yamazaki. 1968. Peroxisomes from spinach leaves containing enzymes related to glycolate metabolism. *J. Biol. Chem.* 243: 5179-6184.
- Van Poucke, M., R. Ceref, F. Barthe, and H. Mohr. 1969. Simultaneous reduction of glycolate ox-

- idase and glyoxylate reductase in white mustard seedlings by phytochrome. *Naturwissenschaften* 56: 132-133.
- Yamazaki, R.K. and N.E. Tolbert. 1969. Malate dehydrogenase in leaf peroxisomes. *Biochim. Biophys. Acta* 178: 11-20.
- Yamazaki, R.K. and N.E. Tolbert. 1970. Enzymatic characterization of leaf peroxisomes. *J. Biol. Chem.* 245: 5137-5144.

(1986. 10. 20 接受)