

# 韓國의 植生에 있어서 C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub> 및 CAM 植物의 分類, 生産力 및 分布에 관한 研究

## I. C<sub>3</sub>型和 C<sub>4</sub>型 植物

張 楠 基 · 李 性 圭

(서울大學校 師範大學 生物教育科)

# Studies on the Classification, Productivity and Distribution of C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub> and CAM Plants in Vegetations of Korea

## I. C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> Type Plants

Chang, Nam-Kee and Sung-Kyu Lee

(Dept. of Biology, College of Education, Seoul National University)

### ABSTRACT

The result of the study on the classification of C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> type plants in Korea is as follows. Seven families and 92 species of C<sub>4</sub> type plants (Table 1) were contained among the herbaceous plants naturally growing in Korea. Most of C<sub>4</sub> type plants were Gramineae of monocotyledons, and the C<sub>4</sub> type plants of dicotyledons were weeds in cultivating area, tidal halophytes, and horticultural plants.

### 緒 論

지구상에 현존하는 모든 고등식물을 光合成型으로 분류하면 Phospho Glyceric Acid Pathway(C<sub>3</sub>型), C<sub>4</sub>-dicarboxylic Acid Pathway(C<sub>4</sub>型) 및 Crassulacean Acid Metabolism(CAM)등의 세 그룹으로 내별할 수 있다.

이들 세 그룹의 식물은 각각 다른 光合成 특성을 지니고 있는데, 일반적으로 光線의 強度, 溫度, 水分 등의 여러 가지 환경 요인에 따라 민감한 반응을 나타내고 있다.

C<sub>3</sub>型 식물은 강한 光線下에서는 光合成能이 감소되고 光線投射量의 20%~30%정도에서 光飽和點에 도달하는데 비하여 C<sub>4</sub>型 식물은 오히려 이보다 강한 光線下에서 光合成能이 증가되며 강한 光線下에서 光飽和가 이루어진다(Moss 등, 1961; Hesketh와 Moss, 1963; EL-sharkawy와 Hesketh, 1964).

光合成과 溫度와의 관계에서는, C<sub>4</sub>型 식물은 光合成

의 최적 온도 범위가 10~25°C이고 相對生長率은 낮/밤의 溫度가 21/16~27/22°C 또는 21/16~30/25°C에서 최대로 나타나며 5~10°C 정도의 범위에서도 생장이 가능하다. C<sub>4</sub>型 식물은 光合成의 溫度 범위가 30~40°C일 때 최적이며 낮/밤의 온도 범위가 30/25~36/31°C일 때는 최대의 相對生長率을 나타내며, 15~20°C에서는 光合成의 급격한 감소를 가져온다(Benedict, 1940; Younger, 1959).

光合成과 물과의 관계에서도 C<sub>3</sub>型 식물은 1g의 乾物生産에 610g의 물을 필요로 하나, C<sub>4</sub>型 식물은 같은 양의 乾物生産에 300g의 물을 필요로 한다.

溫度, 光線, 水分 등의 최적 조건 하에서 식물의 光合成率을 측정했을 때, C<sub>3</sub>型 식물은 10~35 mgCO<sub>2</sub>dm<sup>-2</sup> hr<sup>-1</sup>이나, C<sub>4</sub>型 식물은 60~100 mgCO<sub>2</sub>dm<sup>-2</sup>hr<sup>-1</sup>이다.

잎의 조직학적인 특징으로, C<sub>3</sub>型 식물은 葉肉細胞가 잘 발달되고, 葉肉細胞 안에는 크기가 작은 葉綠體가 많이 있다. 또 이와 같은 C<sub>3</sub>型 식물에는 維管束鞘細胞가 없는 것이 많으나, 있더라도 細胞 안에는 葉綠體가 없다. 그러나 C<sub>4</sub>型 식물은 維管束鞘가 維管束 組織을

둘러싸고 維管束鞘細胞 안에는 커다란 澱粉粒을 많이 포함하는 葉綠體가 들어있는 Kranz anatomy 를 갖고 있다. 葉肉細胞는 작은 葉綠體를 갖고 있는데 여기에는 grana 가 잘 발달되어 있어 葉綠體의 同種二形을 나타내고 있다(Smith 와 Brown, 1973; Tolbert 등, 1969; Frederick 와 Newcomb, 1971).

C<sub>4</sub>型 식물은 CO<sub>2</sub>補償點이 낮고 光線下에서는 CO<sub>2</sub>를 공기 중으로 방출하지 않으며 光合成은 O<sub>2</sub>농도에 따라 영향을 받지 않는다고 한다(Moss, 1962; Forrester 등, 1966).

이상의 몇 가지 특성을 비교해 볼 때 C<sub>3</sub>型 식물은 氣溫이 낮고 水分이 충분하며 光線量이 적은 곳에 적응이 된 식물이며, C<sub>4</sub>型 식물은 高溫, 강한 光線, 乾燥한 곳에서 적응이 된 식물로서 熱帶 및 亞熱帶에 널리 분포하며, 이 지역에서 높은 生産力을 보여주는 식물로 알려져 있다.

우리 나라는 溫帶 氣候帶에 屬하는 지역에 위치함으로써 年中氣候變化가 심하며, 식물의 生育도 3월 말에서 11월 초에 이르는데, 이 기간은 溫度, 光線量, 降水量 등의 변화가 심하여 식물 성장에 많은 영향을 주고 있으며, 특히 여름의 높은 溫度와 가뭄은 C<sub>3</sub>型 식물의 夏枯에 많은 영향을 주고 있다.

그러므로 本研究에서는 우리나라에서 生育하고 있는 식물을 대상으로 하여 C<sub>3</sub>型 植物과 C<sub>4</sub>型 植物로 分類하는데 그 目的이 있다.

## 材料 및 方法

本 試驗은 1980년 4월부터 1982년 10월 사이에 다음과 같은 방법으로 시행하였다.

### 1. Kranz anatomy

4월부터 10월 사이에 출현하는 野草類를 대상으로 현장에서 성숙한 잎을 채취하여 Crookston 과 Moss(1974)의 방법으로 잎의 Kranz anatomy 를 확인하였다. 즉 채취한 잎을 95% ethanol 용액에 넣고 葉綠素를 추출한 후 물로 씻고 슬라이드 그라스 위에서 얇게 Cross-section 하여 I<sub>2</sub>·KI 용액으로 염색한 후 광학 현미경(100~400×)을 사용하여 관찰하였다. 維管束鞘細胞 안의 葉綠體는 커다란 澱粉粒을 갖고 있으므로 특히 잘 염색되어 Kranz anatomy 의 뚜렷한 모양을 나타낸다.

### 2. 電子顯微鏡에 의한 분류

試料를 작게 잘라서 3% glutaraldehyde 로 前 固定한 후 다시 1% OsO<sub>4</sub>(pH 7.4)로 後固定하였으며 알콜 濃度 上昇順으로 脫水하여 EPON 812混合液으로 包埋하여 切片을 만들어 飽和된 Uranyl acetate와 lead citrate 로 二重염색한 후 H-500型 전자현미경으로 관찰하였다.

### 3. CO<sub>2</sub>補償點의 測定

충분히 잘 자란 잎을 공기가 없는 물속에서 잘라내어 유리시험관에 넣고, 이 시험관을 密閉된 乾燥裝置에 넣은 후 150 W의 白熱燈으로 비추었다. 잎의 溫度를 유지하기 위해서는 Waterbath 에서 23~30°C 로 溫度를 조절, Krenzer 등(1975)의 방법으로 측정하였다.

### 4. Enzyme localization

Dittrich 등(1973)의 방법으로 RuBP 와 PEP Carboxylase 活性度를 측정하였다. 1.0 g의 잎을 오후 2시에 채취하여 50 mM Tris-HCl(pH 8.8), 20mM MgCl<sub>2</sub>, 0.1 mM MgCl<sub>2</sub>, 0.1 mM Na<sub>2</sub>-EDTA, 5 mM DTT, 5 mM D-isoascorbate, 2% PVP-40의 혼합액에 넣어 組織粉碎器(총용량 4 ml)로 粉碎하였다.

이 용액을 遠心分離器(10,000×g)로 2°C에서 5분 동안 분리시킨 후 100 mM NaHCO<sub>3</sub> 0.1 ml를 첨가하여 Carboxylase 가 活性化 되도록 室溫에서 10분 동안 방치해 두었다.

RuBP Carboxylase 의 活性度는 0.5 mM RuBP, 20 mM MgCl<sub>2</sub>, 0.1 mM Na<sub>2</sub>-EDTA, 20 mM NaH<sup>14</sup>CO<sub>3</sub>, 50 mM DTT, 50 mM Tris-HCl, pH 8.3의 용액에 위의 효소용액을 가하여 분석하였다. PEP Carboxylase 의 活性度는 5 mM PEP, 19 mM NaH<sup>14</sup>CO<sub>3</sub>, 5 mM DTT, 10 mM MgCl<sub>2</sub>, 50 mM Tris-HCl pH 8.3인 용액에 酵素液을 첨가하여 분석하였다.

RuBP 와 PEP Carboxylase 의 반응은 각기 6 M HCl 0.1 ml와 2-4-Dinitrophenyl hydrazine 으로 飽和된 6 M HCl 0.1 ml를 넣어 반응을 중단시키고, 공기를 주입하여 건조시킨 후 Liquid Scintillation Counter 로 측정하여 산정하였다.

### 5. δ<sup>13</sup>C 值의 測定

試料를 50°C에서 건조시키고 그중 5~10 mg의 잎을, 800°C에서 충분한 O<sub>2</sub>의 공급을 하면서 燃燒시켜

은 CO<sub>2</sub>를 Niertype mass spectro meter analyzer 로 분석하여 Craig(1957)의

$$\delta^{13}\text{C}\% = \left[ \frac{^{13}\text{C}/^{12}\text{C Sample}}{^{13}\text{C}/^{12}\text{C Standard}} \right] - 1 \times 1000 \text{의 式으로 } \delta^{13}\text{C}$$

濕를 구해 그 비가 높은 것을 C<sub>4</sub>型 식물로 분류하였다.

## 6. 光呼吸의 測定

식물을 지름 20 cm, 깊이 25 cm 土器花盆에 심어서 낮밤의 溫度 30~25°C, 湿度 50~60%에서 16시간 동안 충분한 光線下에 4~6주간 培養하여 잘 자란 잎을 Ku와 Edwards(1980)의 방법으로 測定하여 分類하였다.

## 結果 및 考察

우리 나라에 自生하고 있는 植物을 채취하여 C<sub>3</sub>型 식물과 C<sub>4</sub>型 식물을 다음과 같은 順序로 分類하였다. C<sub>4</sub>型 식물은 우선 잎의 Kranz anatomy의 발달여부를 I<sub>2</sub>-KI 용액을 사용하여 Crookston과 Moss(1974)의 방법으로 확인하고 광학현미경으로 판단이 애매할 때는 전자현미경적 구조에 의하여 판별하였다. 이것이 분명치 않을 때는 이미 확정 분류된 C<sub>4</sub>型 식물과 조사하고 자하는 식물들의 CO<sub>2</sub>補償點, Enzyme localization,  $\delta^{13}\text{C}$ 值 및 光呼吸을 측정하여 비교 결정했다. 또한 이 결과를 現地踏査하면서 그 立地條件을 조사 비교하여 확정 규명하였다. 그 결과 草種으로 보면 우리나라에 있어서는 대부분이 C<sub>3</sub>型 光合成식물이고, 흔히 볼 수 있는 7科的 草種이 C<sub>4</sub>型 光合成 식물로 밝혀졌다.

Table 1에서와 같이 單子葉 식물은 禾本科와 沙草科의 二個科 69種, 雙子葉 식물은 비름科, 大戟科, 명아주科, 쇠비름科, 남가새科的 5個科 23種으로 Downton(1971)의 10個科 173種과는 차이를 보이고 있으나, 우리나라에는 석류목科, 菊花科, 분꽃科에서는 발견되지 않았다. 대부분의 식물은 維管束鞘 葉綠體의 澱粉이 沃度澱粉粉 反應에 의해 길게 열색되어 뚜렷한 Kranz anatomy를 나타내고 그 중에서 특히 禾本科와 沙草科가 더 뚜렷하다. 雙子葉 식물에서도 비름科와 大戟科에 속하는 식물은 Kranz anatomy를 뚜렷하게 나타내고 있으며 쇠비름科는 Kennedy(1976)에 의해 C<sub>4</sub>型 식물로 알려졌는데 본 試驗에서도 Kranz anatomy로 확인되었다.

또 채송화의 잎을 재료로 Kranz anatomy를 확인한 결과 維管束鞘가 維管束을 둘러싸고 있으며 維管束鞘

細胞에는 크고 많은 葉綠體가 들어 있으나 葉肉細胞가 維管束鞘를 완전히 포위하지 않는, 보통 Kranz anatomy와는 약간 차이가 있는 것으로 미루어 볼 때 Ku 등(1981)의 보고와 일치하였다.

Crookston과 Moss(1973)는 새(*Arundinella hirta*)의 Kranz anatomy는 많은 변이가 있음을 보고하였는데 우리 나라의 새와 털새(*Arundinella hirta var. cilliare*)는 뚜렷한 Kranz anatomy를 나타내고 있었다.

Kranz anatomy를 갖지 않는 식물은 Enzyme localization이나 CO<sub>2</sub>補償點을 측정하여 C<sub>4</sub>型 식물을 분류하였는데 나문재(*Suaeda asparagoides*), 칠면초(*Suaeda japonica*)는 형태적으로 뚜렷한 Kranz anatomy를 갖지 않는 점으로는 C<sub>3</sub>型 식물과 同一하나  $\delta^{13}\text{C}$ 值를 측정한 결과는 각각 -15.2, -15.7로서 Shomer-ILAN 등(1975)의 *Suaeda monica*의  $\delta^{13}\text{C}$ 值 -15.89와 같은 값을 얻었다 Smith와 Brown(1973)은 *Aristidoideae*, *Eragrostoideae*는  $\delta^{13}\text{C}$ 值가 -11.0~-15.9‰일 때, Smith와 Epstein(1971)은 *Pectis*에서  $\delta^{13}\text{C}$ 值가 -10~-14‰일 때 C<sub>4</sub>型 식물이라 하였으며 Bender(1971)은  $\delta^{13}\text{C}$ 值가 -9~-16‰일 때는 Kranz anatomy를 갖는다는 보고와 일치하였다. 그러나 Bender(1971), Smith와 Epstein(1971), Troughton(1971)등은  $\delta^{13}\text{C}$ 值가 -23~-32‰일 때는 Kranz anatomy가 아니라고 하였다.

갯는장이(*Atriplex subcordata*)와 가는갯는장이(*A. gmelini*)는 Kranz anatomy를 갖지 않는 식물로서  $\delta^{13}\text{C}$ 值를 측정한 결과 -17.4와 -16.7로 나타났다. 솔장다리(*Salsola collina*), 수송나물(*Salsola komarovi*), 통통마디(*Salicornia herbacea*)는 CO<sub>2</sub>補償點이 각각 2.50, 2.04, 2.16 ml·l<sup>-1</sup>로 대부분의 C<sub>4</sub>型 식물이 5 ml·l<sup>-1</sup>이하라는 Crookston과 Moss(1970), Goldsworthy와 Day(1970), Krenzer 등(1975)의 보고와 일치하였다. Enzyme localization의 시험에서는 쇠비름의 잎에서 RuDP carboxylase가 높게 나타났으며 억새와 새의 光呼吸을 測定한 결과 21% O<sub>2</sub>하에서 CO<sub>2</sub>의 방출이 없었는데 옥수수를 재료로한 Forrester 등(1966)의 결과와 일치하였다.

C<sub>3</sub>型. C<sub>4</sub>型 식물의 電子顯微鏡의인 구조로서 維管束鞘 葉綠體와 葉肉細胞 葉綠體를 비교해 본 결과 갈대(C<sub>3</sub>型)(*Phragmites longivalvis*)는 Fig. 1, 억새(C<sub>3</sub>型)(*Miscanthus sinensis*)는 Fig. 2와 같다. 억새는 維管束鞘 細胞와 葉肉細胞의 크기나 형태에서 큰 차이

Table 1. List of C<sub>4</sub> plants in Korea.  $\Gamma$ : CO<sub>2</sub> compensation point,  $\delta^{13}\text{C}$ : Isotope ratios, K: Kranz anatomy  
A. Monocotyledons

Family	Species	Korean common name	Method of classification
POACEAE	<i>Agrostis clavata</i>	산겨이삭	K
포아과	<i>A. clavata</i> var. <i>nukabo</i>	겨이삭	K
	<i>A. alba</i>	흰겨이삭	K
	<i>Andropogon brevifolius</i>	쇠 풀	K
	<i>A. ischaemum</i>	바랭이새	K
	<i>Arundinella hirta</i>	새	K
	<i>A. hirta</i> var. <i>cilliare</i>	털 새	K
	<i>Arthraxon hispidus</i>	조개풀	K
	<i>A. hispidus</i> var. <i>centasiaticus</i>	털조개풀	K
	<i>A. hispidus</i> var. <i>typicus</i>	민조개풀	K
	<i>Bothriochloa parviflora</i>	나도기름새	K
	<i>Chloris virgata</i>	나도바랭이	K
	<i>Cymbopogon tortilis</i>	개솔새	K
	<i>Cynodon dactylon</i>	우산잔디	K
	<i>Coix lachryma-jobi</i>	열 주	K
	<i>C. lachryma-jobi</i> var. <i>mayuen</i>	울 무	K
	<i>Digitaria sanguinalis</i>	바랭이	K
	<i>D. violascens</i>	민바랭이	K
	<i>D. chinensis</i>	좁바랭이	K
	<i>Dimeria ornithopoda</i>	잔디바랭이	K
	<i>Eleusine indica</i>	왕바랭이	K
	<i>E. corocana</i>	아프리카미렛	K
	<i>Echinochloa macrocorvi</i>	돌 피	K
	<i>E. crus-galli</i> var. <i>frumentacea</i>	피	K
	<i>E. hispidula</i>	강 피	K
	<i>E. echinata</i>	물 피	K
	<i>Eragrostis poaeoides</i>	좁새그령	K
	<i>E. cilianensis</i>	참새그령	K
	<i>E. curvula</i>	Weeping lovegrass	K
	<i>E. ferruginea</i>	그 령	K
	<i>E. japonica</i>	각시그령	K
	<i>E. pilosa</i>	큰비노리	K
	<i>E. multicaulis</i>	비노리	K
	<i>Eularia speciosa</i>	개억새	K
	<i>Imperata cylindrica</i>	띠	K
	<i>I. cylindrica</i> var. <i>genuina</i>	들 띠	K
	<i>Miscanthus sinensis</i>	억 새	K
	<i>M. robustus</i>	큰억새	K
	<i>M. sacchariflorum</i>	물억새	K

	<i>M. oligostachyus</i>	억새아재비	K
	<i>Muhlenbergia japonica</i>	취꼬리새	K
	<i>Oplismenus undulatifolius</i>	주름조개풀	K
	<i>Paspalum thunbergii</i>	참새피	K
	<i>Pennisetum alopecuroides</i>	수크형	K
	<i>Panicum bisulcatum</i>	개기장	K
	<i>P. miliaceum</i>	기 장	K
	<i>P. dichotomiflorum</i>	미국개기장	K
	<i>Setaria chondrache</i>	조아재비	K
	<i>S. italica</i>	조	K
	<i>S. viridis</i>	강아지풀	K
	<i>S. viridis</i> var. <i>purpurascens</i>	자주강아지풀	K
	<i>S. gigantea</i>	가라지조	K
	<i>S. viridis</i> var. <i>pachystachys</i>	갯강아지풀	K
	<i>S. glauca</i>	금강아지풀	K
	<i>Sorghum nitidum</i> var. <i>majus</i>	수수새	K
	<i>S. bicolor</i>	수 수	K
	<i>S. sudanense</i>	수단그라스	K
	<i>Spodiopogon cotulifer</i>	기름새	K
	<i>S. sibiricus</i>	큰기름새	K
	<i>Sporobolus elongatus</i>	취꼬리새풀	K
	<i>S. japonicus</i>	나도잔디	K
	<i>Themada japonica</i>	솔 새	K
	<i>Zea mays</i>	옥수수	K
	<i>Zoysia japonica</i>	잔 디	K
	<i>Z. tenuifolia</i>	금잔디	K
	<i>Z. sinica</i>	갯잔디	K
	<i>Z. macrostachya</i>	왕잔디	K
CYPERACEAE	<i>Cyperus polystachyos</i>	갯방동사니	K
사 초 과	<i>C. rotundus</i>	향부자	K

#### B. Dicotyledons

AMARANTASEAE	<i>Amaranthus blitum</i>	개비름	K
비 림 과	<i>A. caudatus</i>	출맨드라미	K
	<i>A. retroflexus</i>	털비름	K
	<i>A. spinosus</i>	가시비름	K
	<i>A. tricolor</i>	색비름	K
	<i>A. viridis</i>	청비름	K
	<i>A. mangostanus</i>	비 림	K
	<i>Gomphrena globosa</i>	천일홍	K
EUPHORBIACEAE	<i>Euphorbia maculata</i>	큰땅빈대	K
대 국 과	<i>E. supina</i>	애기땅빈대	K

	<i>E. humifusa</i>	땅빈대	K
CHENOPODIACEAE	<i>Artiplex subcordata</i>	갯논장이	-17.4( $\delta^{13}\text{C}$ )
명아주과	<i>A. gmelini</i>	가는 갯논장이	-16.7( $\delta^{13}\text{C}$ )
	<i>Kochia scoparia</i>	넙싸리	K
	<i>K. scoparia</i> var. <i>littorea</i>	갯넙싸리	K
	<i>Suaeda asparagoides</i>	나문재	-15.2( $\delta^{13}\text{C}$ )
	<i>S. japonica</i>	칠면초	-15.4( $\delta^{13}\text{C}$ )
	<i>Salicornia herbacea</i>	통통마디	$\Gamma$ 2.16 $\mu\text{l CO}_2^{-1}$
	<i>Salsola collina</i>	솔장다리	$\Gamma$ 2.5 $\mu\text{l CO}_2^{-1}$
	<i>S. komarovi</i>	수송나물	$\Gamma$ 2.04 $\mu\text{l CO}_2^{-1}$
PORTULACAEAE	<i>Portulaca grandiflora</i>	채송화	K
쇠비름과	<i>P. oleracea</i>	쇠비름	K
CRASSULACEAE	<i>Orostachys japonicus</i>	바위솔	CAM
돌나물과	<i>Sedum kamschaticum</i>	기린초	CAM
ZYGOPHYLLACEAE	<i>Tribulus terrestris</i>	남가새	K
남가새과			

가 있으며 維管束鞘 葉綠體에는 澱粉粒이 많이 포함되고 grana가 발달되지 않았다. 葉肉細胞의 葉綠體는 澱粉粒이 없으며 grana가 발달되어 있다. 이와같은 구조는  $\text{C}_4$ 型 식물의 전형적인 특징으로서 Johnson과 Brown(1973), Downton등(1970), Laetsch(1971)등이 葉綠體의 同種二形을 나타낸다고 한 보고와 一致하였다.

$\text{C}_3$ 型 식물인 갈대는 葉肉細胞가 특히 잘 발달되었고 葉綠體의 크기가 작으며 維管束鞘細胞가 없어 Fig. 2의 역새와 좋은 대조를 보이고 있다.

### 摘 要

우리나라에 生育하고 있는 植物을  $\text{C}_3$ 型植物과  $\text{C}_4$ 型植物로 分類하였다.

그 結果 포아풀과 67種, 사초과 2種, 비름과 7種, 대극과 3種, 명아주과 9種, 쇠비름과 2種, 돌나물과 2種 및 남가새와 1種 등으로 7科 92種의  $\text{C}_4$ 型 植物이 밝혀졌다(Table 1).

$\text{C}_4$ 型 植物은 禾本科 植物이 大部分이며 雙子葉 植物 中에는 耕作地의 雜草와 海岸鹽生植物, 歸化된 花卉類 등이 있다.

### 參 考 文 獻

Benedict, H. M., 1940. Effect of daylength and temperature on the flowering and growth of four species of grasses. J. Agri. Res., 61 : 661~671.

Bender, M. M., 1971. Variations in the  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  Ratios of plants in relation to the pathway of photosynthetic carbon dioxide fixation, Phytochemistry, 10 : 1239~1244.

張楠基·李紀煥·金姬伯, 1981<sup>b</sup>. 쇠비름에 있어서 잎과 줄기의 돌나물科型 有機酸代謝의 比較. 韓國生態學會誌, 4 : 114~123.

張楠基·李紀煥·金永洙, 1982. 부채선인장의 Pad 방위에 따른 光合成樣式의 變化에 관한 연구(인체중)

張楠基·李紀煥·陳昌德, 1982. 채송화의 季節에 따른 同種二形 現象과 돌나물科型 有機酸代謝에 관한 연구. 韓國生態學會誌, 5 : (2-3) : 89~99.

Craig, H. 1957. Isotopic standards for carbon and oxygen and correction factors for mass spectro-photometric analysis of carbon dioxide, Geochim. cosmochim. Acta., 12 : 133~149.

Cooper, J. P. and N. M. Taiton, 1968. Light and temperature requirements for the growth of tropical and temperate grasses. Herb. Abst., 38 : 167~176.

Crookston, R. K. and D. N. Moss, 1970. The relation of carbon dioxide compensation and chlorenchymatous vascular bundle sheaths in leaves of Diocets plant, 46 : 564~567.

\_\_\_\_\_, 1973. A variation of  $\text{C}_4$  leaf anatomy in *Arundinella hirta*(Gramimeae). Plant physiol., 52 : 397~402.

\_\_\_\_\_, 1974. Interveneal distance for carbohydrate transport in leaves of  $\text{C}_3$  and  $\text{C}_4$  grasses, Crop. Sci., 14 : 123~125.

Dittrich, P. W., H. Compell and C. C. Black, 1973. Pho-

## EXPLANATION OF PHOTOGRAPHS



Fig. 1. A. Cross section of a mature leaf of *Phragmites longivalvis*.



The vascular bundle tissue is surrounded by parenchyma sheath cells which have no chloroplast. The mesophyll tissue is well-developed and contains numerous small chloroplasts that are exhibited in black,  $\times 275$ .

B. Electron micrograph of mesophyll chloroplast(Ch) of *Phragmites longivalvis*,  $\times 20,000$ .

C. The chloroplast from mesophyll cell possesses well-developed grana and starch grain in it,  $\times 42,500$ .

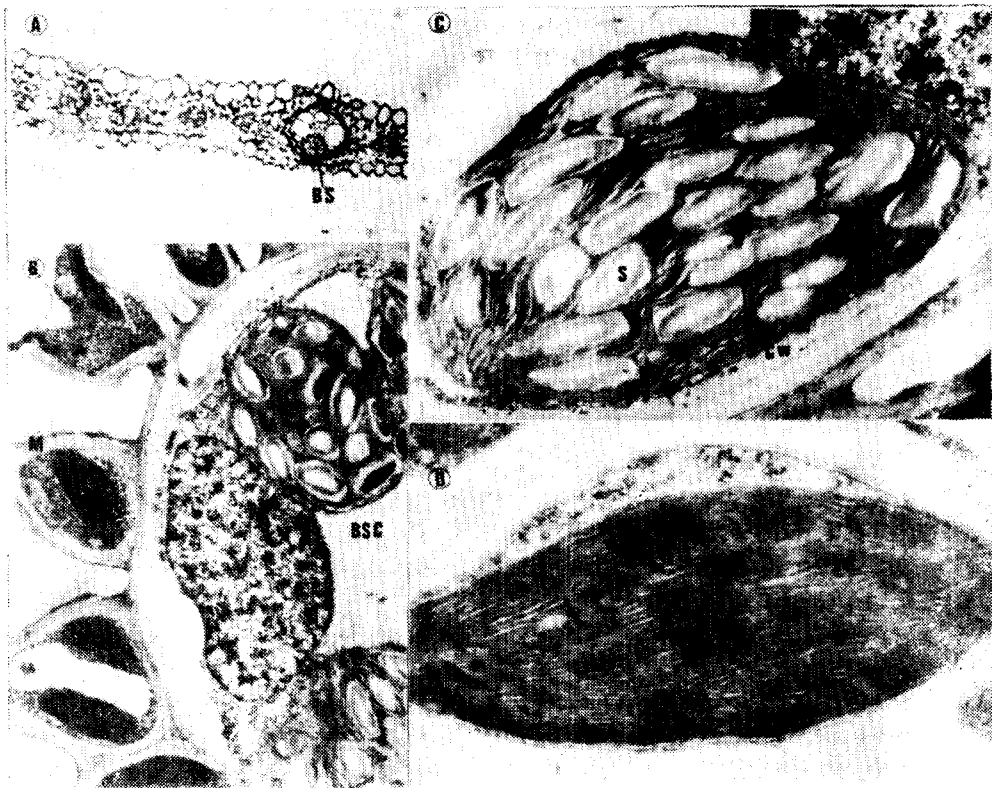
Fig. 2. A. Cross section of a mature leaf of *Miscanthus sinensis*.

The vascular bundle sheath(BS) are arranged centropetal outer of vascular bundle tissue showing kranz leaf anatomy,  $\times 345$ .

B. Electron micrograph of the vascular bundle sheath cell and mesophyll cell (M) exhibit chloroplast dimorphism,  $\times 10,000$ .

C. The chloroplast from the vascular bundle sheath cell possesses numerous starch grains(S), CW(cell wall),  $\times 25,000$ .

D. The chloroplast from mesophyll cell possesses well developed grana(G) but has no starch grain,  $\times 42,500$ .



- sphoenol pyruvate carboxyl kinase in plant exhibiting CAM. *Plant physio.*, **52** : 357~361.
- Downton, W. J., S. J. Berry, and E. B. Tregunna, 1970. C<sub>4</sub>-photo synthesis., Non-cyclic Electron flow and Grana development in Bundle sheath chloroplasts. *Z. pflanzen physio*, **63** : 194~198.
- \_\_\_\_\_, 1971. Check list of C<sub>4</sub> species. In M.D. Hatch, C.B. Osmond and R.O. Slatyer, *Photosynthesis and photorespiration*. Wileyinterscience, New York.
- EL-Sharkawy, M. A. and J. D. Hesketh, 1964. Effects of temperature and water deficit on leaf photosynthesis rates of different species. *Crop Sci.*, **4** : 514~518.
- Forrester, M. L., G. Krotkov and C. D. Nelson, 1966. Effects of oxygen on photosynthesis, photorespiration and respiration in detached leaves II. *Plant physiol.*, **41** : 428~431.
- Frederick, S. E. and E. H. Newcomb, 1971. Ultrastructure and distribution of microbodies in leaves of grasses with and without CO<sub>2</sub> photorespiration. *Planta.*, **96** : 152~174.
- Goldsworthy, A. and P. R. Day, 1970. A simple technique for the rapid determination of plant CO<sub>2</sub> compensation point. *Plant physiol.*, **46** : 850~851.
- Hesketh, J. D. and D. N. Moss, 1963. Variation in the response of photosynthesis in light. *Crop Sci.*, **3** : 107~110.
- Johnson, S. C. and W. V. Brown, 1973. Grass leaf ultrastructural variations. *Amer. J. Bot.*, **60** : 727~735.
- Kennedy, R. A. 1976. Relationship between leaf development, carboxylase enzyme activities and photorespiration in the C<sub>4</sub> plant *Portulaca oleracea*. *Planta.*, **128** : 148~154.
- Krenzer, E. G., D. N. Moss and R. K. Crookston, 1975. Carbon dioxide compensation point of flowering plant. *Plant physiol.*, **56** : 194~205.
- Ku, S. B. and G. G. Edward, 1980. Oxygen inhibition of photosynthesis in the C<sub>4</sub> species *Amaranthus gracizans*. *Planta.*, **14** : 277~282.
- Ku, S.B., Y. J. B. J. Shieh, Roger and C. C. Black, 1981. Photosynthetic characteristics of *Portulaca*. *Plant physiol.*, **68** : 1073~1080.
- Laetsh, W. M., 1971. Chloroplast structural relationships in leaves of C<sub>4</sub> plant, In M.D. Hatch, C.B. Osmond, and R.O. Slatyer. *Photosynthesis and photorespiration*. Wiley-Interscience, New York.
- Moss, D. N., R. B. Musgrave and E. R. Lemon. 1961. Photosynthesis under field condition. *Crop Sci.*, **1** : 83~87.
- \_\_\_\_\_, 1962. The limiting carbon dioxide concentration of photosynthesis. *Nature*, **113** : 587.
- Shomer-ILan, A. Sven Beer and Yoav, Waisel, 1975. *Suaeda monica* a C<sub>4</sub> plant without typical bundle sheath. *Plant physio.*, **56** : 676~679.
- Smith, B. M. and S. Epstein, 1971. Two categories of <sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C Ratios for higher plant. *Plant physiol.*, **47** : 380~384.
- Smith, B. M. and W. V. Brown, 1973. The aranz syndrome in the Gramineae as indicated by carbon isotope ratios. *Amer. J. Bot.*, **60** : 505~513.
- Troughton, J. H., 1971. Aspects of the evolution of the photosynthetic carboxylation reaction in plants. In *Photosynthesis and photorespiration*, ed by M.D. Hatch, C.B. Osmond, and R.O. Slatyer. Wiley-interscience. New York.
- Yungner, V. B., 1959. Growth of Bermudagrass under various day and night temperatures and light intensities. *Agr. J.*, **51** : 557~560.

(1983年2月21日接受)