

억새 (*Miscanthus sinensis*)의 生育 및 再生特性에 관한 研究

李 性 圭

尚志大學 畜産學科

Study on the Characteristics of Growth and Regrowth in *Miscanthus sinensis*

Lee, S. K.

Dept. of Animal Husbandary, Sangji College

Summary

The leaf anatomy, seasonal growth and regrowth of *Miscanthus sinensis* were studied at Wonju, 1984.

The results are summarized as follows:

1. The leaf of *M. sinensis* showed typical Kranz anatomy.
2. Seasonal change of standing crop was rapidly increased from May to August and reached its peak in early October. The highest rate of net productivity was 510 gdw/m² in late July and the lowest was 80 gdw/m² in September.
3. The LAI was continuously broadened and reached its peak, 6.3 in July and then decreased. The number of leaves per plant rapidly increased from April to July, and gradually decreased thereafter.
4. High cut of *M. sinensis* in late April has brought better regrowth than low cut and that of in late May has no more regrowth.

1. 緒 論

C₄형 광합성(C₄)식물은 강한 광선, 고온, 건조 등의 환경조건에서 CO₂농도가 낮을 때 C₃형 광합성(C₃)식물보다 CO₂흡수율이 높은 특징을 갖고 있으며(Björkman, 1975, Hatch와 Osmond, 1976) 생장에 필요한 C₄식물의 最適溫度 범위는 30~35°C(Tainton, 1967)로서 C₃식물이 低溫(17~21°C)에서 활발한 성장을 지속하는 것과는 대조적으로 오히려 C₄식물은 代謝作用의 둔화는 물론 식물체의 구조적인 損傷이 일어나서 生育이 지연되거나 정지되는 등의 현상이 나타난다(Björkman, 1975).

또한 온도는 광선의 強度나 水分등의 조건과 아울러 C₄식물의 分布를 결정하는 중요한 원인으로 작용하여 지역적으로는 熱帶나 亞熱帶의 무덥고 건조한 곳, 그리고 계절적으로는 溫帶地方의 여름에 많이 출현하는 특성을 보이고 있다(David와 Tieszen, 1980).

우리 나라는 四季節이 뚜렷한 溫帶 지방에 위치하고 있어서 여름은 C₄식물의 最適生育조건을 제공하기 때문에 많은 종류의 C₄식물이 출현한다(李와 張,

1983).

억새(*Miscanthus sinensis*)는 우리나라 전지역에 걸쳐 널리 분포하고 있는 多年生野草로서 30~35°C에서 최대의 光合成率을 나타내고(張 등, 1976), 성장속도는 7~8월 사이에 가장 빠르며(李와 張, 1983), 생활력이 강하여 山地의 伐採跡地나 山火跡地에서 既存植生이 파괴된 후 二次遷移植生으로 잘 발달하는 대표적인 식물중의 하나이다. 더우기 옛부터 소나 말의 중요한 粗飼料로 이용되었으며 억센 뿌리와 건조한 환경조건에서 잘 자라는 특성 때문에 山地土壤의 流失을 방지하는 被覆식물로서 널리 이용되어 왔다.

본 연구는 C₄형 식물인 억새의 생육 특성과 계절별 생산량의 변화, 재생특성, 그리고 잎의 조직학적인 특징을 밝히기 위하여 실시하였다.

II. 材料 및 方法

1. 기간 및 장소

1984년 4월부터 10월 말까지 원주시에 위치한 尚志大學 연습림에서 억새의 純群落을 대상으로 하였다.

2. 토양과 기상조건

시험장소의 토양성분은 AOAC 방법으로 地表에서 10cm 이내의 토양을 채취하여 분석하였는데, 그 결과

는 표-1과 같으며, 시험기간중 原城地域의 평균기온과 강수량 분포는 중앙기상대의 氣象 자료를 이용하였다(표-2).

Table 1. Chemical properties of soil in *M. sinensis* grassland.

| Soil depth (cm) | pH (H ₂ O) | O. M (%) | P ₂ O ₅ (ppm) | N (%) | Ex. (me/100g) | | | |
|-----------------|-----------------------|----------|-------------------------------------|-------|---------------|-----|------|-------|
| | | | | | Ca | Mg | K | CEC |
| 0~10 | 5.1 | 3.84 | 48 | 0.37 | 3.23 | 0.9 | 0.24 | 11.83 |

Table 2. The average temperature and total precipitation in Wonsung area, 1984

| Month | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--------------------|-------|------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------|
| Mean Temp. (°C) | -10.6 | -5.5 | 1.2 | 11.0 | 17.3 | 21.5 | 24.9 | 25.5 | 18.1 | 12.1 |
| Precipitation (mm) | 20.0 | 12.1 | 24.3 | 110.0 | 83.1 | 182.2 | 253.2 | 278.1 | 381.5 | 22.7 |

3. Kranz leaf anatomy

억새의 성숙한 잎을 채취하여 Crookston과 Moss (1974)의 방법으로 Kranz anatomy를 확인하였다. 즉 채취한 잎을 95% ethanol 용액에 넣어 엽록소를 추출하고 물로 씻은 후 slide glass 위에서 얇게 cross section 하여 J₂KI 용액으로 염색한 다음 100~400X 현미경으로 관찰하였으며 엽록체의 구조는 전자 현미경을 이용하였다.

4. 억새의 계절별 생산량

4월부터 10월 사이에 30일 간격으로 1m²의 방형구를 설치하여 地表(0cm)에서 刈取하여 식물체를 地上部와 地下部로 분리한 후 90°C에서 恒量이 될 때의 무게로 계산하였다.

5. 葉數와 節間長

1m²의 방형구 내에서 10개체를 無作為로 취하여 잎의 수를 세었으며 節間 길이는 밑에서 윗쪽으로 순서를 정하여 측정된 10개체를 평균하였다.

6. 再生

刈取높이는 地表에서 2.5, 10 및 15cm로 하여 4월 29일부터 10일 간격으로 5월 30일까지 각각 1회씩 刈取하였고 地下部の 변화를 알아보기 위하여 10월 말에 뿌리를 파내어 越冬芽의 상태를 조사하

였다.

III. 結果 및 考察

1. Kranz anatomy

충분히 성숙한 억새의 잎을 오후에 채취하여 Kranz anatomy를 관찰한 결과는 fig. 1-A와 같으며 fig. 1-B는 維管束鞘細胞와 葉肉細胞, fig. 1-C.D는 葉綠體를 보이고 있다. fig. 1-A에서 검게 圓形으로 보이는 것이 Kranz anatomy이며, 이를 구성하는 세포는 維管束鞘細胞(BSC)로서 이 세포에는 澱粉粒이 함유되어 있다(fig. 1-C).

그러나 葉肉細胞(mesophyll cell)에는 전분립을 갖지 않은 엽록체(fig. 1-D)를 갖고 있다. Crookston과 Moss(1973)는 새(*Arundinella hirta*)의 잎이 Kranz anatomy임을 보고하였는데 억새도 거의 같은 모양을 갖고 있다. 또 억새는 유관속초세포와 엽육세포에는 기능이 다른 두가지 엽록체를 함유하고 있는데, Laetsch(1971), Johnson과 Brown(1973) 등은 한 잎에 기능이 다른 두가지 종류의 엽록체를 갖는 식물은 C₄식물의 전형적인 특징이라고 하였다.

2. 억새의 계절별 생산량

억새의 계절별 생산량의 변화는 fig. 2에 보는바와 같다.

Fig. 2. 에서와 같이 지상부와 지하부의 생산량이

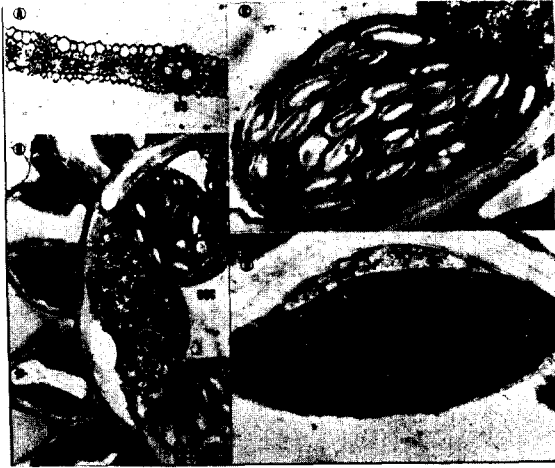


Fig. 1. Explanation of Photographs;

- 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, X 345.
- B. Electron micrograph of the vascular bundle sheath cell and mesophyll cell (M) exhibit chloroplast dimorphism, X 10,000.
- C. The chloroplast from the vascular bundle sheath cell possesses numerous starch grains (S), CW (cell wall). X 25,000.
- D. The chloroplast from mesophyll-cell possesses well developed grana (G) but has no starch grain, X 42,500.

모두 계속 증가하였으며 특히 地上部는 6월에서 8월 사이에 높은 生長速度를 보이고 있는데, 張 등 (1976), 李와 張 (1983), Iwaki 등 (1964) 등은 억새의 생산성은 8월에 최대 値를 나타내며, 6월에서 8월 사이에 生長율이 높았다고 하여 본 연구결과와 일치하였다. 地下部의 생산량은 5월부터 서서히 증가하였으며 이와같은 계속적인 증가는 지하경과 뿌리의 발달이 왕성하여 그 양이 증가한 때문이며 4월에서 5월 사이에 생산량이 적은 것은 越冬한 지난해의 뿌리중 죽은 것은 썩어서 제거되었기 때문이라고 생각된다.

3. 葉數와 節間 길이 生長

억새 군락에서 10개체를 무작위로 취하여 잎을 평균한 결과 4월에 3개의 잎에서 7월에 13개의 잎으로 증가하였고 8월 이후는 계속 감소하였다. 잎의

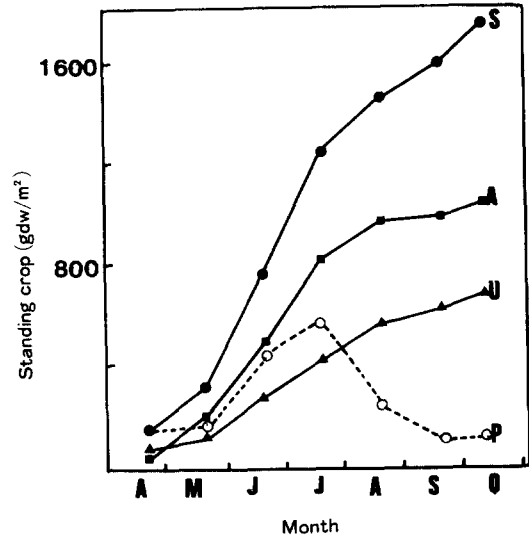


Fig. 2. Seasonal change of standing crop of *M. sinensis* grassland.

- S; Standing crop,
- A; Above-ground standing crop,
- U; Under-ground standing crop,
- P; Net productivity by intervals.

수가 감소된 것은 억새 군락의 발달과 함께 군락내의 잎은 leaf canopy로 인하여 충분한 광선을 받지 못했기 때문에 말라 죽은 잎이 많아진 것이 主要原因이며 9월 하순에는 윗부분의 잎만 살아있고 밑의 잎은 거의 죽어 있었다.

葉面積指數 (LAI)는 4월부터 7월까지 계속 증가하여 6.3를 기록하였으나 그 이후는 감소하였다. 이것은 잎의 수와 상관관계를 보이는 것으로 말라 죽은 잎이 많아졌기 때문이다. 任 (1976)은 8월에 중부지방의 억새의 LAI를 5.8, 李와 張 (1983)은 소나무 숲안에서 6.6, 야초지에서 15.3, 13.1, 12.0 등으로 보고한 바 있는데 본 연구의 6.3은 많은 차이가 있음을 보여주고 있다. 이와같은 차이는 조사장소와 조사 시기에 따라 生育狀態가 다른 것이 그 원인으로 생각된다.

억새의 草高와 節間길이의 生長을 보면 fig. 4. 5에서 보는 바와 같다.

草高는 4월에서 7월까지 급격한 生長을 보이고 그 후 生長이 점차 둔화되었는데 대부분의 禾本科 식물과 비슷하였다. 節間길이의 生長은 4월에는 거의 節間이 인정되지 않았고 땅속에 1번과 2번 마디만

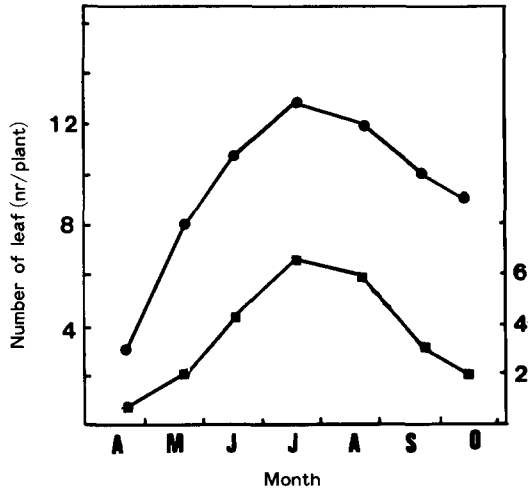


Fig. 3. Seasonal change of number of leaf and leaf area index of *M sinensis* grassland.

●; No. of leaves ■; Leaf area index

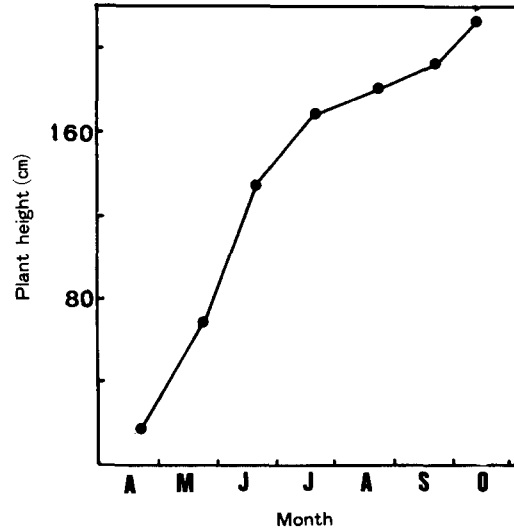


Fig. 4. Seasonal change of plant height of *M sinensis* grassland.

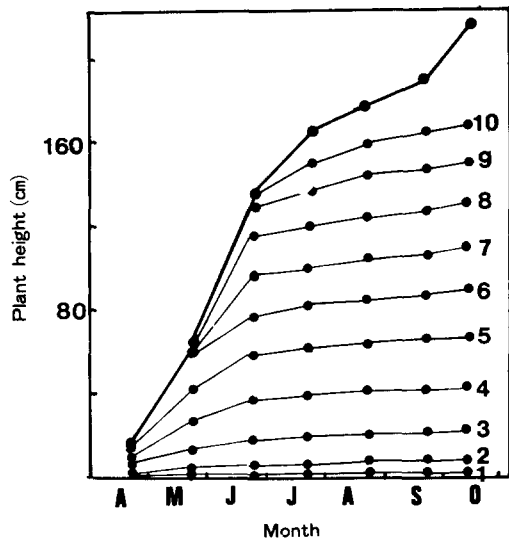


Fig. 5. Monthly change of the length of internode of *M sinensis* plant. The number express the order of internode.

이 짧게 있었으며 나머지는 葉鞘에 쌓여 있었다. 점차 생장이 진행됨에 따라 節間의 길이 생장이 뚜렷해졌으며 8월에 이르러서는 생장은 거의 완성되었다. 다만 9월 이후 草高의 길이가 길어진 것은 이삭이 나왔기 때문이다.

군락내에서 각 식물체는 동일한 草高를 維持하는 것이 유리하므로 節間의 길이는 개체간에 차이가 있었으나 Fig.5에서 보는 바와 같이 10개체의 평균으로 비교한 결과 큰 차이는 없었다.

4. 역새의 再生

牧草와는 달리 野草類는 再生이 극히 不良함은 잘 알려져 있다. 그러나 실제로 再生이 어느정도 되는가는 별로 보고된 바가 없다. 본 연구에서는 역새의 再生능력을 알아보기 위하여 地表에서 2, 5, 10, 15cm의 刈取高를 정하여 刈取(無刈取)와 비교한 결과는 Fig.6과 같다.

Fig.6-A는 4월 29일에 刈取하였는데 2cm에서는 전체 再生이 되지 않았고 5cm이상에서는 비교적 정상생장에 가까웠다.

Fig.6-B는 5월 9일에 刈取하였는데 15cm를 제외한 모든 구에서는 再生이 되지 않았으며 절간 생장이 약간 되었을 뿐이었으나 얼마후 枯死하였다. Fig.6-C는 5월 18일, fig.6-D는 5월 27일에 각각 刈取한 것으로 C, D 모두 再生이 되지 않았다. 이와같은 결과로 볼 때 刈取高에 따라 生長점이 제거되느냐, 안되느냐가 역새의 再生에 가장 중요한 요인이 된다고 할 수 있다.

牧草는 刈取적기에 도달하였을 때 이미 많은 수의 分蘖경이 준비되어 있으며 더구나 줄기의 生長

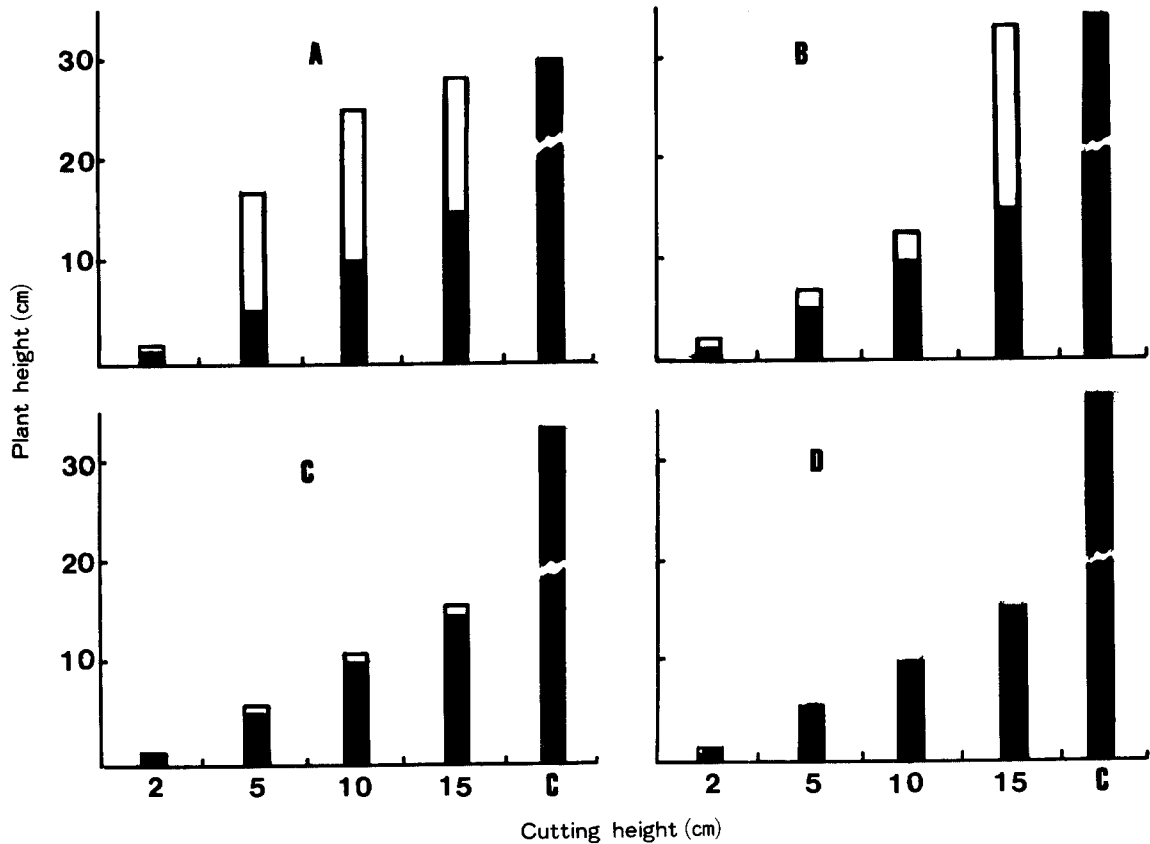


Fig. 6. Regrowth of *M. sinensis* grassland. Cutting date; A-April, 29, B-May, 9, C-May, 18, D-May, 27.

□; Plant height of regrowth.

점이 비교적 낮게 위치한 관계로 예취시 보호되는 것이 많다. Sprague와 Sullivan(1950)은 식물의 再生은 葉鞘과 뿌리에 저장된 탄수화물이 再生에 기여한다고 하였으며 Hildebrand와 Harrison(1939)은 알파파의 再生은 刈取高가 높을수록 유리한데 이것은 그루터기에 탄수화물이 많이 남게되기 때문이라고 하였다. 그러나 억새와 같은 野草類는 분얼경(억새의 越冬芽)은 빨라도 7월 이후에나 서서히 생기므로 이 이전에 예취하면 분얼경에 저장한 양분이 없으므로 再生은 불가능하며 7월말 이후에는 약간의 再生은 기대할 수 있었다.

이와같은 결과로 볼 때 刈取에 의해 生長點이 제거되거나 준비된 분얼경이 없으면 地下莖이나 뿌리에 탄수화물을 저장하고 있어도 再生은 되지 않음을 示唆하고 있다.

金(1974)은 갈대를 5월과 7월에 刈取하였을 때 再

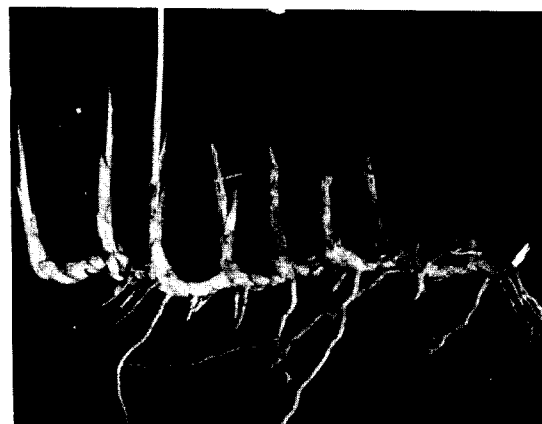


Fig. 7. Rhizome development of the next year (left), current year (middle), and last year in *M. sinensis*

생이 잘 되었다고 하였는데 본 연구에서 8월 초순에 채취한 결과는 약간의 재생이 있었을 뿐으로 아주 빈약함을 보여 주었다.

그리고 정상 성장한 억새의 지하경을 조사한 결과 Fig. 7에서 보는 바와 같이 새로운 분얼경은 당년의 개체에서 만들어졌으며 지난해의 지하경은 죽었음을 알 수 있다. 또 한 줄기에서 1년에 평균 3.3개의 새로운 분얼경을 생산하는 것을 볼 수 있다(Fig. 8).



Fig. 8. New tillers of *M. sinensis* for next year. One individual plant prepared three new tillers every year.

IV. 摘要

1984년 4월에서 10월까지 억새의 생육, 계절별 생산량 및 再生特性을 연구한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 억새의 잎은 Kranz anatomy를 갖고 있으며 두 종류의 엽록체를 갖는 전형적인 C₄ 식물이다.

2. 억새의 季節別 生産量은 6월에서 8월 사이에 급격한 증가를 보이고 10월에 최고에 달하였으며 (1,680gdw/m²), 생산성은 7월에 510gdw/m²로 가장 높았고 그 후 점차 감소하였다.

3. 葉數는 7월에 13개로 가장 많이 나왔으며 그 후 군락내의 잎이 말라 죽어서 수가 감소되었다. 최대 葉面積指數는 6.3m²/m²로서 잎의 수의 증감과 높은 상관성을 나타내었다.

4. 억새의 再生은 牧草에 비하여 아주 빈약하며 刈取높이를 낮게 하거나 5월 중순 이후에 刈取하면 거의 재생이 되지 않았다. 그러나 7월말 이후는 어느 정도 재생은 되었으나 그 양은 빈약하였다.

V. 引用文献

1. Bjorkman, O. 1975. Environmental and biological control of photosynthesis; p. 1-16, In R. Marcelle, editor.
2. 張楠基, 林文喬, 尹益錫. 1976. 억새草地的 炭素代謝에 관한 연구. 한국지. 18(3):231~236.
3. 張楠基, 李性圭. 1983. 한국의 野草地 植生에 있어서 C₃, C₄ 및 CAM식물의 分類, 生産力 및 分布에 관한 연구. 한국생태학회지. (1): 62~69.
4. Crookston, R.K. and D.N. Moss. 1973. Avvariation of C-4 leaf anatomy in *Arundinella hirta*; plant physiol. 52; 297-402.
5. —————. 1973. Interveinal distance for carbohydrates transport in leaves of C-3 and C-4 grasses. Crop science. 14; 123-125.
6. David, J. ODE. and Larry L. Tieszen. 1980. The seasonal contribution of C-3 and C-4 plant species to primary production in Mixed prairie. Ecology; 61(6); 1304-1311.
7. Hatch, M.D., and C.B. Osmond. 1976. Compartmentation and transport in C-4 photosynthesis, p. 111-128. In C.R. Stocking and U. Heber. editors, Encyclopedia of plant physiology III. Springer-Verlag, Berlin Germany.
8. Hildebrand, S.C. and C.M. Harrison. 1939. The effect of Height and Frequency of cutting alfalfa upon consequent top growth and Root development. J. Amer. Agro. 31; 790-799.
9. Iwaki, H., Midorikawa, B., and Hogetsu, K., 1964. Studies on the productivity and nutrient element circulation in Kirigamine grassland, Central Japan II, Seasonal change in standing Crop. Bot. Mag. 77; 447-457.
10. 任良宰. 1975. 中部地方에 있어서 草本群集의 葉面積指數와 乾物生産. 한국식물학회지. 18(3): 87~91.
11. Johnson, S.C. and W.V. Brown. 1973. Grass leaf Structural variations. Amer. J. Bot. 60; 727-735.
12. 金範泰. 1974. 달뿌리풀의 生産력과 일반성분 에 관한 연구. 한국지. 16(2): 147~151.
13. Laetsch, W.M. 1971. Chloroplast structural re-

- relationships in leaves of C-4 plant. In M.D. Hatch., C.B. Osmond and R.O. Slatyer. *Photosynthesis and Photorespiration*. wiley interscience, New York.
14. 李性圭, 張楠基. 1983. 한국의 植生에 있어서 C₃, C₄ 및 CAM 식물의 分類, 生産力 및 分布에 관한 연구. II. 물질생산과 생산력. 한국생태학회지. 6(2): 114~127.
15. Sprague, V.G. and J.T. Sullivan. 1950. Reserve Carbohydrates in orchardgrass clipped periodically. *plant physiol.* 25; 92-102.
16. Tainton, N.M. 1967. A comparative study of the growth and development of some Subtropical and Temperate grasses. Thesis. Univ., Wales.