

靑刈用 수수-수단그라스 雜種, 眞珠조,  
飼料用 피의 後期 生育에서 再生葉의 生長과 光合成

李浩鎭·金泰勳\*

Photosynthesis and Regrowth of Leaf  
in Sorghum-Sudangrass Hybrid,  
Pearl Millet, and Barnyard Millet after 2nd Cutting

Ho Jin Lee and Tae Hoon Kim \*

**ABSTRACT** : Field experiment was carried out to study the new and old leaf development and photosynthesis of sorghum-sudangrass hybrid 855F, pearl millet Suwon No. 6 and barnyard millet in cutting and non-cutting plots from the 2nd cutting day(September, 17th).

Leaf regrowth of sorghum-sudangrass hybrid and pearl millet begun after the 2nd cutting day, except barnyard millet. Photosynthetic rate of new leaf blades in cutting plots reached to higher level than old leaf at 12th to 20th day after cutting(DAC). Stomatal density of leaf blade of each crop in non-cutting plot was observed higher pearl millet and sorghum-sudangrass hybrid than barnyard millet. New leaf blade of each crop in cutting plot was showed complete development in stomata size, form and vascular bundles in 12th DAC. Non-structural carbohydrates(NSC) contents of stembase in sorghum-sudan hybrid which had 17%, the highest among three forages decreased daily into 8th DAC and begun to increase from 20th DAC. But, those of pearl millet and barnyard millet in cutting plots were about 10% at cutting day and inclined to decrease continuously into the 20th DAC and reached about 3~4% in 32nd DAC.

These results showed that regrowth energy of sorghum-sudangrass hybrid was mainly dependent on non-structural carbohydrates of stembase until 12th DAC, but pearl millet had active lower leaves supported its regrowth by concurrent photosynthesis. As barnyard millet which did not reserve enough NSC, its regrowth fail to survive under low temperature. Also, late regrowth of rest two forage crops was delayed with decreasing daily temperature after mid-September.

**Key word** : Sorghum-sudangrass hybrid, Pearl millet, Barnyard millet, Photosynthesis, Regrowth

현재 재배되고 있는 夏季 靑刈作物들에는 수수 및 수단그라스, 진주조, 飼料用 피, 등을 들 수 있는데, 이들은 여름에서 가을까지 생장이 왕성하여 젖소농가들은 刈草하여 급여하지만 일부농가에서

는 직접 방목 이용시키고 있다. 이들 작물을 청예로 이용할 경우 일년생작물들은 Harvest Index를 높이도록 재배관리를 하고 연내 가능한한 예취회수를 늘이는 것이 총 생산량 증대에 기여 할수 있

\* 서울大學校 農業生命科學大學 農學科(Dept. of Agronomy, Seoul Nat'l Univ., Suwon 441-744, Korea)

<93. 12. 3. 接受>

다. 그러나 국내의 하계청예작물들은 2차 예취후 生長이 급격히 저하하여 生育이 부진하고 가을철 청예사료 공급에 차질을 가져오는데, 이러한 再生 부진의 原因이 이들 작물의 生理的 原因인지 또는 재생기간의 短日, 低溫 條件으로 인한 環境條件 때문인지 분명치 않다. 특히 이들 작물의 2차 재생시기는 9월중하순경으로 날씨는 맑지만 야간기온의 저하가 심하게 일어나고 단일이 진행되는 시기에 해당된다.

일반적으로 예취후 分蘖 형성과 그 재생 상태는 예취 당시 식물체 殘存部位에 남아있는 어린 눈의 활성상태<sup>3,12)</sup>, 저장탄수화물 함량<sup>1,10,11)</sup>과 예취높이 및 예취빈도<sup>3)</sup> 등 예취관리에 따라 그리고 草種, 品種 등 유전적 要因과 日長, 溫度 및 식물영양상태<sup>2, 6,8)</sup> 등의 재배환경적 要因에 의해 많은 영향을 받는다고 할 수 있다.

본 실험은 이들 夏季 作物들을 대상으로 생육 후기인 2차 예취후 葉의 광합성과 재생과정을 조사하여 봄으로써 新生葉의 再生生育과 관련되어진 要因들을 발견하고 이를 收割이용의 기간연장에 관련된 기초 자료로 삼고자 수행되었다.

## 材料 및 方法

본 실험에 사용된 作物로는 수수-수단그라스 잡종인 Pioneer 855F, 眞珠조 재배종인 水原 6 號 그리고 飼料用 피(稷), King Millet 이었다. 播種은 92년 5월 15일에 파종량을 수수-수단그라스는 10a 당 4kg, 진주조는 3kg 그리고 피는 2kg으로 하여 세 작물 모두 條間 50cm로 줄뿌림 하였다. 施肥量은 세 작물 모두 질소 25kg, 인산 15kg, 칼리 15kg으로 하였으며, 질소의 경우 9kg/10a를 基肥로, 1,2차 예취후 8kg/10a 水準으로 追肥 사용하였다.

試驗區配置는 각 작물별 3 반복으로 5×3m씩 총 9개의 시험구를 임의 배치하였으며 파종후 약 70일 경인 7월 22일에 제 1차 예취, 제 2차 예취는 9월 17일에 실시하였다. 예취높이를 세 작물 모두 지상으로부터 20cm로 하였다. 한편 본 실험을 수행하기 위해 제 2차 예취후부터는 예취구와 비예취구로 主區를 細分하여 예취후 4일 간격으로 처리구당 3

개구를 대상으로 단일 葉의 葉장, 葉폭, 外관상 광합성량등을 조사하였다. 또한 예취후 4일 간격으로 葉의 건물중, 그루터기의 건물중 및 저장탄수화물을 조사하기 위하여 예취구에서 3개 이상의 주를 채취하여 葉과 그루터기를 분리하고, 그루터기는 지하부를 물로 씻어 흙을 제거한 후 뿌리를 잘라내고 건조 oven에서 50℃로 3일간 건조후 秤量하였다. 葉의 葉肉細胞의 형태적인 변화를 관찰하기 위해 조사일수별로 처리구당 3개 이상의 葉을 취하여 葉의 중간부위를 절취하고 길이 0.5cm, 폭 1cm로 절편을 만들고 이를 FAA에 고정하고 paraffin법으로 section하였고 광학 현미경 100-200 배에서 관찰하였다. 葉의 표면, 기공의 수 및 형태를 관찰하기 위해 polymer를 이용하여 葉의 중간부위에서 길이 2cm, 폭 1.5cm를 취하여 광학 현미경하에서 검경하였다.

광합성 조사는 휴대용인 LCA-3(open System) 광합성 測定裝置를 이용하여 제 2차 예취일을 전후로 비예취구의 葉 중간부위에서 3일간 광합성 일중 변화를 조사하였고 2차 예취후 4일 간격에 맞춰 맑은날을 택하여 11시와 2시 사이에 예취구 및 비예취구의 葉 중간부위에서 광합성을 측정하였다.

그루터기의 貯藏炭水化合物을 분석하기위해 건조시킨 시료를 30mesh의 크기로 마쇄하여 100mg을 취하고 묽은 황산을 가한 후 약 한시간 정도 중탕한 뒤 Amyloglucosidase를 첨가하였다가 50℃ 건조 oven에서 24시간 분해시켰다. 분해액에서 약 5ml를 취하여 원심분리하고 여기서 0.1ml를 취하여 염화칼슘, 수산화나트륨(1N NaOH), 염산(0.5 N), p-hydroxybenzoic acid hydrazide(PAHB-AH), citric acid를 섞어 만든 발색용 혼합액을 4ml씩 첨가하여 5분간 중탕후 냉각해서 spectrophotometer를 410nm에 맞추고 비색하였다. 이를 glucose표준액에 대해 계산한 후 건물중 수용성 탄수화물함량으로 換算하였다<sup>6)</sup>.

## 結 果

### 1. 예취후 再生過程중 葉生長

예취후 예취되지않고 남겨졌던 下部 節位の 잔

존엽들은 성장하지 않았고 새로운 잎들이 줄기의 마디와 葉草속에서 새로이 자라났다. 예취후 再生 과정동안 이들 신생엽과 하부잔존엽의 성장을 엽장과 엽폭으로 표1에 나타내었다. 예취구에서 작물간 엽장은 수수-수단그라스, 진주조는 차이가 없었으나 엽폭의 경우 수수-수단그라스가 더 넓었다. 피의 경우 수수-수단그라스, 진주조의 엽장, 엽폭에 비해 현저히 작았다.

작물별로 新生葉과 下部잔존엽을 예취후 일수별로 비교하면 엽장의 경우 예취후 20일 이후에 수수-수단그라스, 진주조의 신생엽은 하부잔존엽에 유

사한 크기로 성장하였다. 한편, 엽폭은 진주조 신생엽의 경우 예취후 12일 이후 하부잔존엽과 차이가 없는 너비로 자랐으며 수수-수단그라스와는 다른 伸長 양상을 띠었다. 대체로 수수-수단그라스, 진주조 신생엽의 엽장, 엽폭은 예취 후 20일 이후에는 하부잔존엽에 유의하지 않았으며 이로 미루어 보아 이 두 작물의 신생엽의 재생은 20일경에 완료됨을 알 수 있었다. 이는 단지 단일엽 성장에 한정되며 실제 식물체 전체의 재생이 완료되는 시기는 이보다 더 긴 시간이 소요된다 하겠다. 피의 경우 앞의 두작물과는 달리 하부잔존엽의 경우 예취후 12

Table 1. Leaf regrowth of three forage crops in cutting plot

Crop	Old or New* leaf	DAC	LL	LW (cm)	LA (cm)	LN (cm <sup>2</sup> )	LDW (mg)	SLW (g/m <sup>2</sup> )
Sorghum sudangrass	Old	0	41.00 a <sup>+</sup>	2.20 a	90.20 a	0.2	37.0 a	70 a
		4	39.27 a	1.85 bc	72.65 b	0.4	30.7 ab	50 b
		8	33.08 b	1.48 c	48.89 c	0.4	15.2 d	40 c
		12	32.83 b	2.00 bc	65.66 bc	0.4	16.0 d	30 cde
		20	29.60 bc	2.05 b	60.68 bc	0.3	18.0 d	30 cde
		32	29.24 bc	2.12 b	62.05 bc	0.3	16.2 d	30 cde
	New	4	5.51 e	0.27 e	0.95 f	0.7 c	0 e	0 e
		8	7.88 e	0.94 d	7.42 e	0.8 c	1.60 e	20 e
		12	16.22 d	1.81 bc	29.33 d	2.1 b	3.8 e	20 de
		20	26.50 c	2.70 a	71.55 bc	2.5 b	20.7 cd	40 cd
		32	30.10 bc	2.72 a	81.93 b	3.7 a	26.1 bc	40 c
Pearl millet	Old	0	39.01 a	1.59	61.99	2.9 a	29.7 a	60 bcd
		4	33.35 ab	1.57	52.43	1.4 b	28.2 a	50 bcd
		8	35.09 ab	1.62	56.74	2.1 ab	22.0 b	70 abc
		12	36.72 ab	1.70	62.42	1.1 b	19.2 bc	50 dc
		20	32.06 abc	1.75	55.94	1.7 ab	19.2 bc	40 dc
		32	30.00 bc	1.70	51.00	1.3 b	15.7 c	40 d
	New	4	4.71 e	0.23 c	1.10 e	0.6 b	0 e	0 e
		8	7.68 e	0.69 b	5.32 d	0.8 b	2.4 e	50 bcd
		12	15.88 d	1.29 a	20.52 cd	1.3 b	7.4 d	80 a
		20	24.16 c	1.48 a	35.71 bc	1.8 ab	15.2 c	70 ab
		32	30.26 bc	1.72 a	52.11 ab	1.6 ab	20.7 b	70 ab
Barnyard millet	Old	0	25.73 a	1.10 ab	28.39 a	0.2 a	13.2 a	50 a
		4	1.94 e	0.80 b	1.56 d	0.3	5.0 b	11 b
	New	8	4.74 d	1.15 ab	5.46 c	0.3	5.0 b	11 b
		12	7.91 c	1.11 ab	8.79 c	0.3	7.9 b	45 a
		20	12.69 b	1.52 a	19.25 b	0.3	7.9 b	50 a
		32	11.44 b	1.51 a	17.29 b	0.3	14.5 a	50 a

\* DAC, Days after cutting, LL; Leaf length, LW; Leaf width, LA; Leaf area, LN; Leaf number per stem, LDW; Leaf dry weight, SLW; Specific leaf weight

<sup>+</sup> Column values followed by same letter do not differ significantly at the level of probability according to DMRT.

NOTE: The old leaves of barnyard millet in cutting plot did not survived DAC, therefore, could not be recorded.

일 이후 모두 枯死되어 측정이 이루어지지 않았으며 예취후 20일 이후 신생엽은 신장이 중단되었고 엽폭만이 과도하게 신장하는 異常生育 형태를 나타냈다(표 1).

예취구에서 예취후 葉面積의 일수별 변화는 잎의 엽장, 엽폭의 경우와 같이 수수-수단그라스와 진주조는 유의하지 않았으나 피는 이 두 작물에 크게 뒤떨어지는 수준이었다. 작물별로 엽면적의 변화를 살펴보면 진주조의 경우 하부잔존엽의 일수별 변화가 거의 없었으며 수수-수단그라스의 경우 예취후 8일까지 저하하는 양상을 보였는데 이는 예취후 기온하강에 따른 영향으로 수수류에서 흔한 문고병등이 발생하여 잎의 老化가 촉진되었고 엽장 및 엽폭의 크기가 줄어든 데 기인한 결과였다. 이에 반하여 신생엽의 경우는 엽장, 엽폭의 신장으로 엽면적은 지속적인 증가 추세를 보여 하부잔존엽과 신생엽의 엽면적을 비교했을 때 수수-수단그라스, 진주조의 경우 예취후 20일이후로는 신생엽의 엽면적이 하부잔존엽에 상응하였으나 피의 경우는 예취 당일 하부잔존엽의 엽면적에 이르지 못하는 재생양상을 보였다.

예취후 莖當 葉數의 변화는 수수-수단그라스의 경우 예취후 8일이후로 신생엽수가 꾸준히 증가하여 예취후 30일경에는 약 3.7개/경의 엽수를 보유하여 진주조, 피의 신생엽수에 비해 월등히 많았다. 수수-수단그라스의 경우와는 달리 진주조와 피의 엽수 변화는 경미하였다. 진주조의 경우 예취후 8일 이후부터 하부잔존엽과 신생엽이 같은 비율로 남게되었고 수수-수단그라스에 비해 하부잔존엽의 비율이 높았다. 피의 경우 예취후 12일 이후 하부잔존엽은 대부분 枯死하였고 신생엽의 엽수 변화가 없었다.

葉乾物重 및 比葉重(Specific Leaf Weight)의 예취후 일수별 변화에서도 수수-수단그라스, 진주조의 예취 20일경에 신생엽의 엽건물중, 비엽중들은 일정한 무게에 도달하였으나 피의 경우 두 작물에 비해 크게 떨어지는 수준이었다. 수수-수단그라스의 경우 재생 초기인 예취후 12일까지는 신생엽의 건물중이 서서히 증가하고 이후 예취후 20일경까지 급속히 늘어나는 편이었는데 진주조와 피의 경우 재생 전반에 걸쳐 신생엽의 건물중 증가가 대

체로 일정하였다. 한편 엽 충실의 指標가 되는 比葉重의 변화는 엽건물중의 변화 양상과 상반되는 것으로 나타났는데 수수-수단그라스는 비교적 재생후기까지 완만한 증가폭을 나타내고 있고 진주조와 피는 재생초기인 예취후 12일까지 신생엽의 비엽중이 급속히 증가하여 하부잔존엽과 비슷하거나 보다 상회하는 것으로 나타났다. 하부잔존엽의 경우 엽건물중과 비엽중이 대부분 감소하는 경향이었는데 특히 수수-수단그라스에서 재생초기인 예취후 12일까지 엽건물중과 비엽중이 급격히 감소함을 볼 수 있었다. 진주조의 경우 그 감소폭이 적고 또한 완만하였다. 포장에서 관찰한 바로는 진주조의 하부잔존엽은 재생후기까지 녹색성을 띠고 있었고 수수-수단그라스의 경우 재생초기부터 급격하게 노화되어가는 것을 볼 수 있었다. 이를 엽의 기능과 연결하여 볼때 수수-수단그라스의 하부잔존엽이 진주조에 비해보다 빨리 그 기능을 상실하였고 신생엽들이 기능을 대신하였음을 알 수 있었다.

엽건물중과 비엽중의 변화를 종합하면 진주조와 피가 수수-수단그라스의 신생엽 보다 재생초기의 생육이 우수하다고 평가할 수 있겠다. 특히 비엽중의 변화 양상은 뒤에 설명하는 신생엽의 형태적 변화와도 연관되는데 엽육세포의 발육 및 維管束의 形態 形成이 수수-수단그라스 보다 진주조의 신생엽에서 빠르게 진행되었음을 알려주고 있다. 대부분 재생초기에는 그루터기내의 저장양분을 이용하여 신생엽의 발생 및 생장이 이루어지게 되는데 재생초기에 신생엽수를 비교적 많이확보한 수수-수단그라스의 경우 신생엽들 사이의 경합으로 단일엽의 생장에 비효율적으로 저장양분이 배분되었고 이로 인해 재생초기의 신생엽 생장이 다소 저해된 것으로 보인다.

이상에서 단일엽 및 군락단위에서 하계정예작물인 수수-수단그라스, 진주조의 예취후 엽의 생장을 살펴본 결과 엽의 再生이 완료된 시기는 예취후 20일 이후로 판단되었다.

## 2. 신생엽 및 기존엽의 光合成 速度 변화

하계정예작물인 수수-수단그라스, 진주조, 피를 대상으로 예취구 및 비예취구에서 이들 작물의 엽

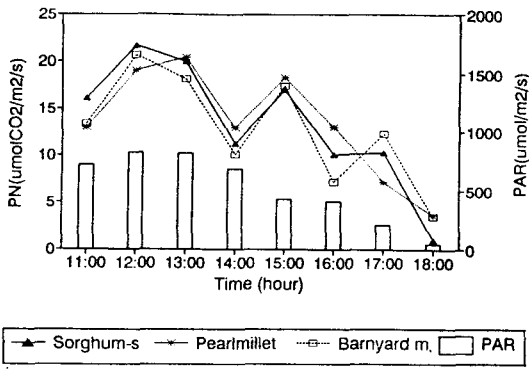


Fig. 1. Diurnal changes in photosynthetic rate in flag leaf of sorghum-sudangrass hybrid, pearl millet and barnyard millet in non-cutting plot.

광합성 속도를 일중 및 예취후 일수별로 조사하였다(그림 1, 2). 먼저 광합성의 일중변화는 비예취구에서 예취 당일을 전후로 3일간 오전 11시부터 한시간 간격으로 오후 6시까지 조사했을때 오전 12시경에 일사광량이 가장 높았고, 2시이후에는 급격히 떨어졌다. 세 작물의 광합성 일중 변화는 비예취구의 기존 식물체 지엽을 조사하였는데 오전 12시 경에 모든 작물에서 광합성 속도가 가장 높게 나타났고, 오후 1시경까지 비슷한 수준을 유지하다가 2시 이후로는 급격히 감소하였고 오후 3시경에 약간의 증가세를 보이거나 그 이후 감소하였다.

지엽의 경우 오전 12시경을 기준으로 작물간 광합성의 차이를 보았을때 수수·수단그라스 > 피 > 진주조의 순으로 광합성 속도가 높았다.

예취구에서 예취후 일수별 광합성은 매회 계속 시 오전 11시에서 오후 2시 사이에 이루어졌다. 먼저 광합성 속도의 변화를 하부잔존엽과 신생엽 각각에 대해서 살펴보면 하부잔존엽의 경우 예취후 12일경까지는 광합성의 속도가 약간의 증가 추세를 보이거나 12일 이후부터는 감소하여 거의 엽의 기능을 상실하였음을 알 수 있었다. 작물간에는 수수·수단그라스의 하부잔존엽이 진주조의 하부잔존엽에 비해 보다 빨리 감소하였다. 신생엽의 광합성속은 예취후 계속 증가하여 예취후 20일 이후부터는 신생엽의 광합성 속도가 하부잔존엽에 비해 높게 나

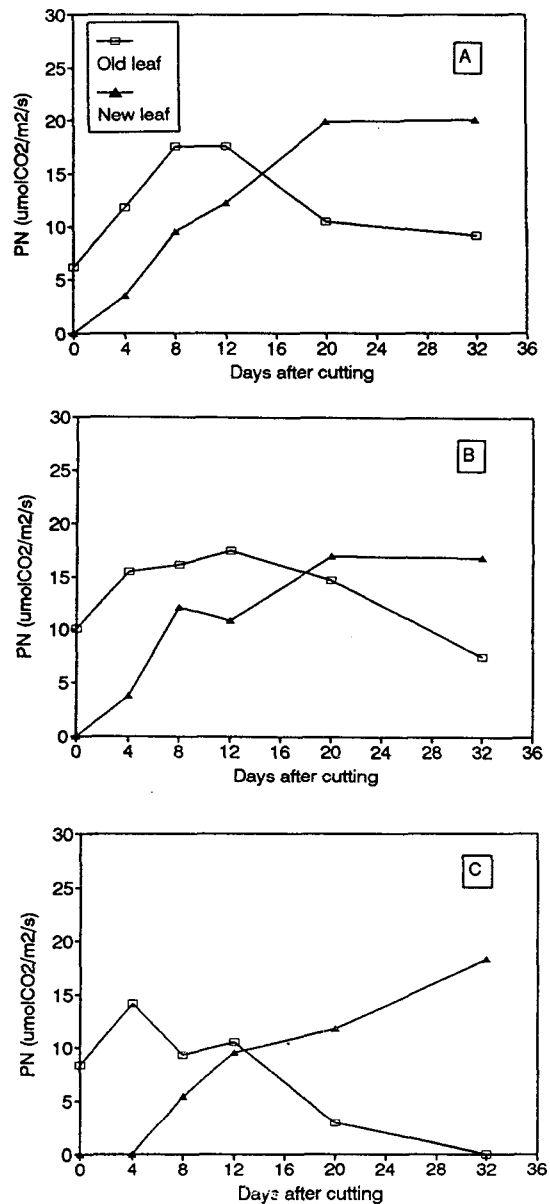


Fig. 2. Variation of photosynthetic rate of old and new leaf in sorghum-sudangrass hybrid, pearl millet and barnyard millet in cutting plot.

A : Sorghum-sudangrass hybrid  
B : Pearl millet C : Barnyard millet

타났는데 이로써 예취후 20일 이후의 신생엽이 source로서 엽의 제거능을 발휘하게 됨을 알 수 있었다.

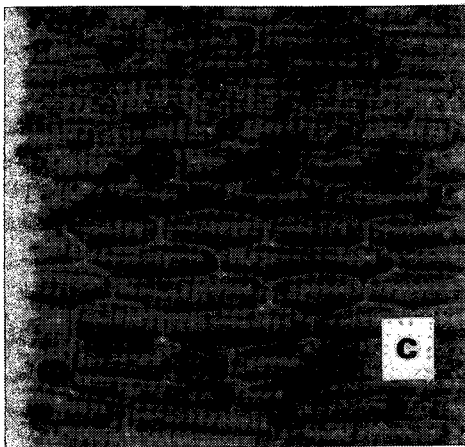
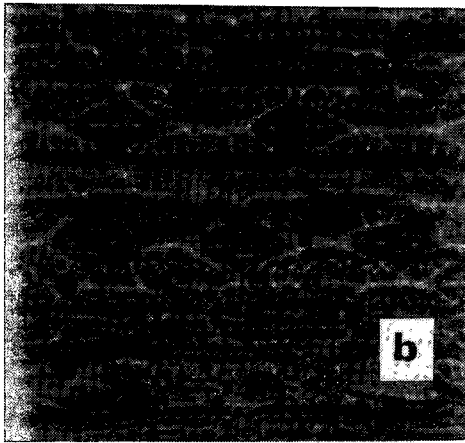
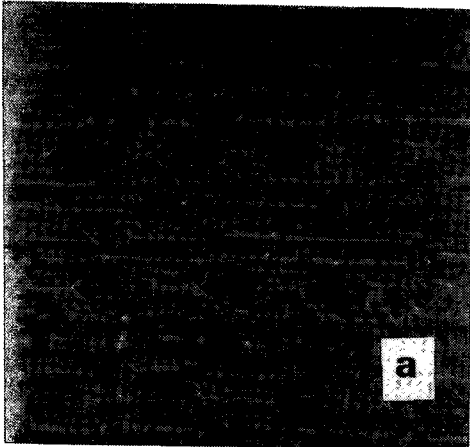


Fig. 3. Leaf surface of sorghum-sudangrass hybrid, pearl millet and barnyard millet old plant in non-cutting plot.  
 A : Sorghum-sudangrass hybrid  
 B : Pearl millet  
 C : Barnyard millet

### 3. 신생엽 및 기존엽의 형태 변화

기존엽을 대상으로하여 비에취구에서 세 작물의 止葉의 엽면을 관찰한 결과, 기공의 밀도가 수수-수단그라스 > 진주조 > 피의 순으로 나타났으며 기공의 배열상태는 수수-수단그라스 > 피 > 진주조의 순으로 균일한 형태였다. 엽면의 전반적인 양상은 수수-수단그라스가 진주조에 비해 앞표면이 단순하고 기공의 밀도도 높았는데 이로 미루어 수수-수단그라스가 보다 boundary layer resistance가 적고 광합성에 더 효율적인 형태임을 알 수 있었다 (그림 3). 수수-수단그라스와 진주조 신생엽의 에취후 일수별 기공밀도 변화에서는 재생초기에 수

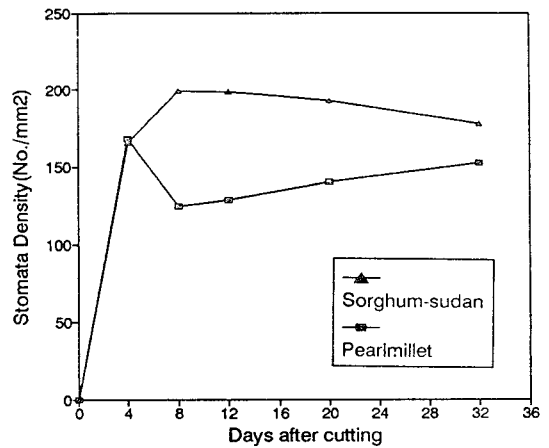


Fig. 4. Variation of stomatal density of new leaf in sorghum-sudangrass hybrid and pearl millet.

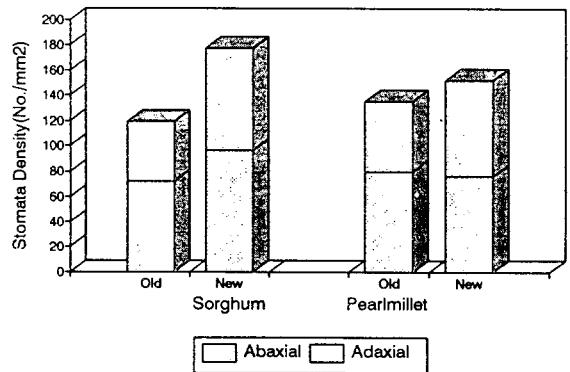


Fig. 5. Stomatal density of sorghum-sudangrass hybrid, pearl millet old and new leaf in cutting plot. (32th DAC)

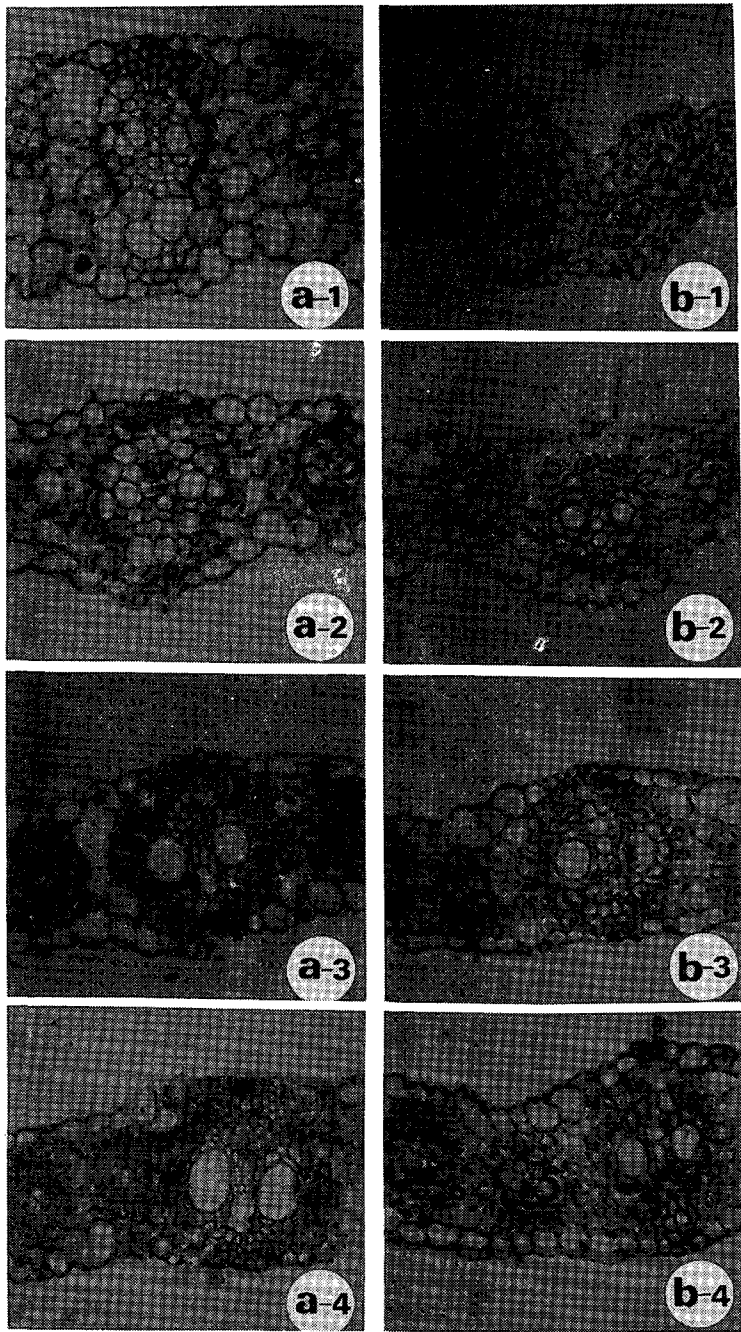


Fig. 6. Cross-section of new leaf blade in sorghum-sudangrass hybrid(a) and pearl millet(b) in cutting plot.

a-1 : New leaf 2 DAC.  
 a-2 : New leaf 8 DAC.  
 a-3 : New leaf 12 DAC.  
 a-4 : New leaf 20 DAC.

b-1 : New leaf 2 DAC.  
 b-2 : New leaf 8 DAC.  
 b-3 : New leaf 12 DAC.  
 b-4 : New leaf 20 DAC.

수-수단그라스가 진주조에 비해 기공밀도가 높았으며 대체로 기공수는 예취후 4일에서 8일 사이에 확보되나 그 크기나 형태는 예취후 12일 이후에 완전한 형태를 갖추는 것으로 관찰되었다(그림 4). 또한 두 작물의 예취후 32일경의 신생엽과 기존엽의 기공수를 조사한 결과 기존엽에서 뒷면의 기공수가 보다 적게 관찰되어 엽의 기능이 신생엽에 비해 저하되었음을 알 수 있었다. 그러나 진주조에서 기존엽의 기공수가 신생엽과 큰 차이가 없어 수수-수단그라스에 비해 재생후기까지 엽의 기능을 유지하였음을 보여주었다. 신생엽의 경우 수수-수단그라스에서 기공수가 진주조에 비해 높았다(그림 5, 6).

엽단면의 변화를 보면 신생엽의 경우 수수-수단그라스, 진주조의 신생엽은 예취후 12일까지는 유관속의 발달이 불완전하나 16일 이후로는 유관속의 발달이 완성단계에 이르렀다. 기존엽의 경우 예취후 일수별 변화는 두드러지게 나타나있지 않으나 수수-수단그라스의 기존엽은 예취후 16일과 20일째 엽의 단면 그림에서 엽육세포가 일부 손상된 것을 관찰할 수 있었다. 이상에서 엽단면의 변화와 기공 및 엽면의 형태를 관찰한 결과 수수-수단그라스, 진주조, 피의 신생엽이 엽으로서 주요한 형태가 완성되는 시기는 예취후 12일 이후임을 알 수 있었다. 오차드그라스의 예취후 잎 조직형성이 20일경에 완성된 것에<sup>9)</sup> 비한다면 이상의 하기작물들의 재생이 보다 신속히 이루어지는 것으로 생각된다.

#### 4. 그루터기의 乾物重 및 貯藏炭水化合物의 變化.

예취시 그루터기에 남아있는 저장탄수화물(Non-Structural Carbohydrates)은 재생에 중요한 에너지원으로서 수수-수단그라스 및 진주조는 예취후 재생초기에 주로 이 저장탄수화물에 의존해 분얼을 형성하고 재생을 시작하는 것으로 알려져 왔다. 따라서 예취후 남아있는 그루터기 기저부의 건물중 및 저장탄수화물의 변화는 재생시 지상부에 대한 즉 신생엽과 분얼의 발생 및 성장에 대한 양 및 질적 변화를 결정하는 요인이 된다<sup>11)</sup>.

먼저 예취구에서 수수-수단그라스와 진주조의 그루터기 基低部(stembase) 건물중의 변화를 보면 재생초기인 8일까지 비슷한 경향으로 감소하였

는데 수수-수단그라스의 감소폭이 더 큰 편이었다. 그러나 예취후 12일이 지나면서 두 작물의 건물중은 점차 증가하여 예취당일의 수준으로 회복되었으며 수수-수단그라스가 진주조에 비해 건물중의 증가폭이 컸다. 피의 경우 두 작물에 비해 예취당일의 건물중이 작았으며 재생초기에 약간의 감소를 보이나 재생전반에 걸쳐 별다른 차이가 없었다(그림 7). 그루터기 기저부의 건물중 변화는 재생과정중 신생엽의 출현과 이들의 성장에 따른 저장양분의 양적인 소모와 축적을 반영하고 있으며 이들 하계청예작물들의 2차 예취후 재생반응을 간접적으로 보여주었다.

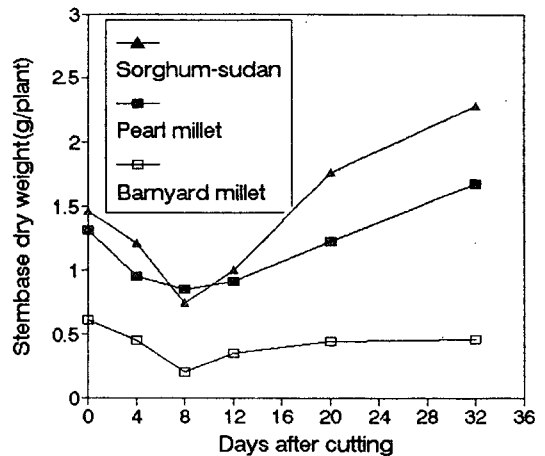


Fig. 7. Variation of stembase dry weight of sorghum-sudan grass hybrid, pearl millet, and barnyard millet in cutting plot.

예취구에서 예취후 일수별로 그루터기 기저부를 절취하여 저장탄수화물을 분석한 결과 수수-수단그라스가 진주조 및 피에 비해 예취당일의 저장탄수화물 함량이 높아 생육후기까지 재생에 유리한 특성을 보임을 알 수 있었는데 수수-수단그라스의 저장탄수화물 함량은 예취당일 약 17.0%에서 예취후 8일에는 약 5.0% 수준으로 급격히 감소하였고 예취후 20일 이후로는 증가하는 경향이 뚜렷하였으나 예취당일의 수준으로 회복되지는 못하였다(그림 8). 이와같은 결과는 野島 등<sup>13)</sup> 이 보고한 수수-수단그라스의 재생 특성과 일치하는 것으로 수수-수단그라스는 초기에 많은 분얼을 확보하나 재



생 후기에 생육이 정체하는 형태임을 알 수 있었다. 진주조는 예취당일 그루터기내 저장탄수화물 함량이 10% 내외로 극히 낮은 상태였고 예취후 12일까지 저장탄수화물 함량은 계속 감소하였는데 수수-수단그라스에 비해 그 감소폭은 완만하였다. 이것은 재생초기에 하부잔존엽의 역할이 컸기 때문인 것으로 추측된다. 진주조의 재생후기에 저장탄수화물의 회복세는 수수-수단그라스에 비해 저조하였다. 피의 경우 재생초기인 예취후 12일 까지 진주조와 유사하게 감소하였으나 이후로도 저장탄수화물 함량은 계속 감소하여 생육후기에 재생능력이 상실되었음을 알 수 있었다. 이로서 2차 예취후 저장탄수화물의 축적 여부는 재생 기간동안 지상부의 정상생육과 3차 예취시 예취수량을 결정하는 요인이 된다고 할 수 있겠다. 또한 이것은 신생엽의 성장에 대한 중요한 정보로서 신생엽의 독립적인 생육이 수수-수단그라스의 경우 예취후 12일 이후에 진주조의 경우는 이보다 늦게 이루어짐을 알 수 있었다.

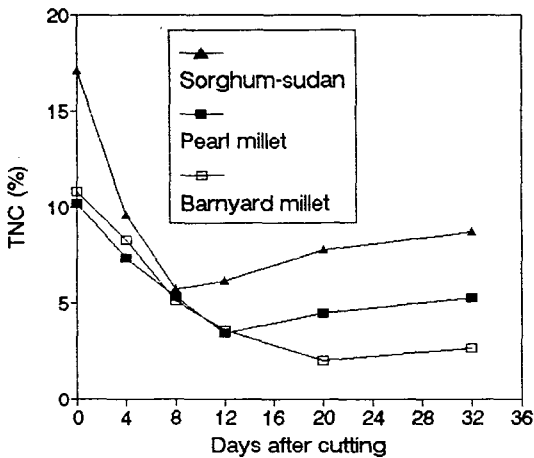


Fig. 8. Variation of total non-structural carbohydrates of the stembase in sorghum-sudan grass hybrid, pearl millet, and barnyard millet.

### 考 察

夏季靑刈作物인 수수-수단그라스 잡종 855F, 진주조 수원 6 호, 사료용 피 King millet를 대상으

로 제 2차 刈取時期인 9월 17일부터 3차 예취시기인 10월 30일까지 예취구 및 비예취구에서 新生葉과 기존의 하부 殘存葉의 성장과 光合成을 조사한 결과 하계청예용 사료작물의 후기 재생 특성은 작물간 차이가 뚜렷하였다.

사료작물의 예취후 재생은 그루터기에 남아있는 저장탄수화물 함량, 殘存葉의 활동과 再生腋芽의 발생이 기본적으로 재생을 결정짓게 된다고 볼 수 있었다. 일단 예취된 식물체에서 엽의 재생성장 및 광합성은 수수-수단그라스 잡종, 진주조가 피에 비해 신생엽의 신장속도가 빠른 편이었고 동화능력도 우월한 것으로 나타났다. 엽수는 예취후 32일경 수수-수단그라스에서 약 3.7개/경으로 진주조, 피의 신생엽수에 비해 월등히 많았는데 이는 수수-수단그라스가 타 작물에 비해 후기생육에 필요한 저장양분을 더 많이 보유하고 있던 것에 기인된 결과로 해석된다. 2차 예취시 수수-수단그라스의 저장탄수화물 함량은 예취당일 약 17.0% 진주조 및 피는 예취당일 약 10% 내외로 극히 낮은 상태였고 특히 피는 재생후기에 재생능력을 상실하였다. 진주조의 경우 전체 엽수중 하부잔존엽의 비율이 높아 하부잔존엽과 신생엽 수는 비슷한 수준으로 유지되었고 예취후 32일경의 수수-수단그라스 전체 엽수와는 차이가 없었다.

엽의 전개 양상을 보면 수수-수단그라스의 신생엽 대부분이 그루터기 基部의 腋芽로부터 발생하여 그루터기를 중심으로 그 둘레를 에워싸며 약 45°의 각도로 신장하였고 진주조의 경우 그루터기 상부의 하부절간 마디에서 1내지 2개 정도의 신생엽이 발생하여 거의 수직으로 뻗어 나갔다. 이러한 엽의 발생양상과 엽수 변화의 결과로 수수-수단그라스와 진주조는 각기 다른 재생양상을 나타내었는데 이는 예취 높이에 따른 영향인 것으로 보인다. 80~90%가량의 액아가 그루터기 기저부에 존재하는 특성을 지닌 수수-수단그라스의 경우 10~15cm가 적정 刈取高임에도 불구하고 본 실험에서는 작물간 차이를 두지 않고 刈取高를 20cm로 일정하게 하여 수수-수단그라스는 하부무하게 되었고 예취후 일수가 경과함에 따라 엽의 신장세가 좋아지긴 하였으나 예취 후기까지 신생엽의 발생이 계속되고 엽과 엽이 겹치는 형태로 신장하여 수광

태세가 불량해졌다. 한편 예취 당시 수수-수단그라스는 그루터기에 하부잔존엽이 거의 남아 있지 않았으며 남아있던 잎들마저 대부분이 붉은줄무늬병에 감염된 상태여서 재생초기의 잔존엽의 역할을 제대로 하지 못하고 신생엽의 발생과 수광 태세를 저하시켰다. 진주조는 이와 반대로 재생 초기에 주경과 일부 분얼에 하부잔존엽수가 수수-수단그라스에 비해 많았고 예취후기에 그루터기내 군락상태는 신생엽과 기존엽 비율이 1:1정도로 분포하였으며 잘리워진 하부잔존엽의 일부는 재생양상을 띠어 예취후기에는 신생엽과 유사한 형태를 갖추었다. 이러한 결과로 진주조에서는 예취후 32일을 제외하고 하부 잔존엽의 엽생장이 신생엽보다 우월 하였다. 진주조의 경우 20cm 예취 높이로 절단되었을때 타작물과 달리 하부잔존엽이 재생초기 광합성의 source으로서 역할을 발휘하였고 재생 12일까지 높은 동화능력을 보였으며 20일째 부터 약간씩 감소하기 시작하였다. 피의 경우 이들과는 달리 하부잔존엽의 경우 예취후 12일 이후로 모두 고사하여 측정이 이루어지지 않았고 신생엽의 발생 형태는 진주조와 유사하여 그루터기 節間마다 상부에서 대부분 발생하였으나 그 수가 경미하였다. 예취후 20일 이후 신생엽들은 신장을 중단하였고 엽폭만이 과도하게 신장하는 異常生育 형태를 나타냈다.

이와같이 하계청예작물들은 후기 생육과정에서 각기 다른 재생특성을 보여주었는데 대부분 엽에 한정하여 재생이 진행되었으며 새로운 분얼의 형성은 일부 株에서만 나타나 3차 예취시 지상부 건물에 대한 예취 수량이 1차 및 2차예취에 비해 약 10분의 1가량 줄어든 극히 저조한 수준에 머물렀다. 하계청예작물들의 이러한 후기 재생부진의 원인으로는 식물체의 영양상태와 기상조건 그리고 작물별 특성등을 들 수 있겠는데 본 실험의 결과로는 예취후 그루터기에 남아있는 수수-수단 잡종은 저장탄수화물 함량이 진주조는 殘存葉의 활동이 재생을 결정짓게 된다고 볼 수 있었다. 기상환경은 후기생육의 제한요소로서 예취관리를 통해 어느정도 극복할 수 있는 것으로 판단 되었다. 따라서 하계청예작물중 후기생육이 비교적 양호하였던 수수-수단그라스는 후기생육에 있어 진주조 및 피에 비

해 유리한 조건을 갖춘 작물로 판단되었으며 수수-수단그라스를 재배할 경우 청예 수량을 생육후기 까지 어느정도 확보할 수 있을 것으로 예상되었다.

일반적으로 수원 지방에서 청예용으로 수수류 및 수수-수단그라스를 재배하고자 할때 파종적기는 4월말에서 5월 중순 경이며 보통 2회에 걸쳐 예취하는 것이 상례인데 예취간격은 60-75일 정도로 이루어지며 3차 예취까지도 가능한 것으로 보고된 바 있다<sup>18,25)</sup>. 본 실험의 경우는 2차 예취의 시기가 9월 17일에 이루어졌기 때문에 비교적 늦어진 편이다. 이처럼 2차 예취가 늦어짐으로 인하여 예취 후 재생후기인 10월 23일 이후 최저기온의 급격한 저하로 엽의 생장이 심히 저해되어 더 이상의 생육은 불가하였다.

## 摘 要

夏季靑刈作物인 수수-수단그라스 잡종 855F, 진주조 수원 6 호, 사료용 피 King millet 를 대상으로 제 2차 예취시기인 9월 17일부터 4일 간격으로 新生葉과 하부 殘存葉의 生長과 光合成을 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 예취일로부터 수수-수단그라스, 진주조 신생엽의 엽장, 엽폭, 엽면적, 경당 엽수, 엽건물중, 比葉重은 계속적으로 꾸준한 증가추세를 보여 주었다. 피의 경우 이들과는 달리 하부잔존엽은 예취후 12일 이후로 모두 枯死하여 측정이 이루어지지 않았으며 예취후 20일 이후 신생엽의 길이는 伸長을 중단하였고 엽폭만이 과도하게 신장하는 異常生育 형태를 나타냈다.
2. 예취후 일수 경과에 따른 광합성의 속도 변화는 예취구에서 수수-수단그라스, 진주조, 피의 신생엽이 20일 이후부터는 기존엽에 비해 높게 나타났다.
3. 세 작물의 氣孔 密度는 수수-수단그라스, 진주조가 피 보다 높았으며 기공의 크기와 형태 그리고 엽육세포는 예취후 12일 이후에 완전한 형태를 갖추는 것으로 관찰되었다.
4. 그루터기 基底部의 저장탄수화물 함량은 수수-수단그라스의 경우 예취후 8일까지는 감소하였

고, 20일 이후로는 증가하였으나 진주조 및 피는 예취 당일 그루터기내 저장탄수화물 함량이 10%내외로 극히 낮은 상태였고 예취후 20일까지 저장탄수화물 함량은 계속 감소하는 경향이 있으며 예취후 32일경에는 3.0에서 4.0%수준에 이르렀다.

5. 수수-수단그라스, 진주조의 신생엽은 제 2차 예취후 12일 이후에 독립적인 생육이 이루어졌다. 이들이 再生특성은 수수-수단그라스는 에너지원으로서 그루터기의 저장탄수화물을 주로 이용하였으나 진주조는 하부 잔존엽의 동화작용에 주로 의존하였고 피는 저장양분의 축적이 빈약하였고 기온 강하에 민감히 반응하여 재생이 억제되었다.

## 引用文獻

1. Alberda, T. H. 1957. The effect of cutting, light intensity, and night temperature on growth and soluble carbohydrate content of *Lolium perenne* L.. plant and soil. 8:199-230.
2. Beuerlein, J. E., H. A. Fribourg and F. F. Bell. 1968. Effect of environment and cutting on regrowth of a sorghum-sudangrass hybrid. *Crop Sci.* 8:152-155.
3. Clapp, Jr. J. G., and D. S. Chamblee. 1970. Influence of different defoliation system on the regrowth of pearl millet, hybrid sudangrass, and two sorghum-sudangrass hybrids from terminal, axillary and basal buds. *Crop Sci.* 10:345-349.
4. Holt, D. A., A. R. Hilst. 1969. Daily variation in carbohydrate content of selected forage crops. *Agron. J.* 61:239-242.
5. McGree, K. J. 1974. Changes in the stomatal response characteristics of grain sorghum produced by water stress during growth. *Crop Sci.* 14:273-278.
6. Trent, J. D. and S. Christiansen. 1986. Determination of total nonstructural carbohydrates in forage tissue by p-hydroxybenzoic acid hydrazide flow-injection analysis. *J. agric. food chem.* 34:1033- 1037.
7. 金永斗, 신만균, 최정식. 1989. 栽培環境에 따른 靑刈수수의 生産性에 관한 研究 3. 靑刈用 수수-수단그라스 交雜種 刈取前後 溫度가 再生, 收量 및 營養價에 미치는 影響. 農試論文集 31(2):31-40.
8. 金相德, 尹益錫. 1983. 窒素水準이 Pioneer 988 (*Sorghum bicolor* X *S. sudanense*)의 葉生育 및 乾物生産에 미치는 影響. 韓草誌 4 (2):158-163.
9. 金煥基, 李浩鎭. 1988. 오차드그라스품종들의 예취에 따른 엽생장과 수량형성. I. 오차드그라스 품종들의 계절별 엽의 재생과 조직형성. 韓草誌 8(2):104-109.
10. 徐 成, 金東岩. 1983. 窒素施肥水準과 刈取管理가 靑刈用 수단그라스系 雜種(*Sorghum bicolor* (L.) Moench.)의 貯藏炭水化物 含量, 再生 및 收量에 미치는 影響. 韓草誌 3(2):58-75.
11. 徐 成, 金東岩. 1983. 질소시비수준과 刈取관리가 靑刈용 수단그라스계 雜種 [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.]의 저장탄수화물량, 再生 및 收量에 미치는 影響 II. 窒素肥料水準과 刈取높이가 수단그라스系 雜種의 그루터기 枯死와 貯藏炭水化物含量에 미치는 影響. 韓草誌 3(2):67-76.
12. 徐鍾許, 李浩鎭. 1992. 지베레린, 옥옥신, 카이네틴 처리가 수수 및 진주조의 재생에 미치는 영향. 韓作誌 37(2)141-148.
13. 野島博, 高橋直秀, 後藤寬治. 1987. ソルガム 再生における品種間差-再生に 再生莖數の 影響. 日草誌 33:206-212.