

신도입 케나프 품종의 파종시기에 따른 생육 및 수량 변동과 광합성 특성

강시용*, 김판기¹⁾, 강영길²⁾, 강봉균²⁾, 유장걸²⁾, 류기중²⁾, 송희섭

한국원자력연구소 방사선이용연구부, ¹⁾서울대학교 기초과학연구원, ²⁾제주대학교 농생대

Growth, Yield and Photosynthesis of Introduced Kenaf Cultivars in Korea

Si-Yong Kang*, Pan-Gi Kim¹⁾, Young-Kil Kang²⁾ Bong-Kyoon Kang²⁾
Zang-Kual U.²⁾, Key-Zung Riu²⁾ and Hi-Sup Song

Radiation Application Research Division, Korea Atomic Energy
Research Institute, P.O. Box 105, Daejeon 305-600, Korea.

¹⁾Research Institute of Basic Science, Seoul Nat' l. Univ., Seoul 151-742,

²⁾College of Agriculture, Cheju Nat' l. Univ.

ABSTRACT

Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.), an annual plant of the family Malvaceae, is considered to be the most promising for alternative plants with potential use as a non-wood fiber source. The objectives of this study were to select the optimum seeding date and adaptable cultivar among newly introduced kenaf cultivars (Everglades-41, Tainung-2 and Chingpi-3) in Jeju island, and to clarify the photosynthetic characteristics of those cultivars. Among the three cultivars, the fresh shoot weight per unit area of Chingpi-3 at harvest season showed highest through all seeding dates, that of while Everglades-41 was the lowest. The difference of shoot yield at harvest mainly due to seedling stand rate and plant number per unit area among the cultivars. The Chingpi-3 showed the highest shoot fresh weight in the seeding date of May 11 and decreased trend in the late seeding dates. Net photosynthesis rate was higher on Everglades-41 with entire type leaf than other two cultivars with palmate type leaf. The activity of ribulose-1,5- biphosphate carboxylase/oxygenase(rubisco) estimated from the A-Ci curve showed highest in Chingpi-3 among three cultivars. These results suggest that Chingpi-3 might be adaptable cultivar with seeding date of around May 10 for kenaf production in Jeju island.

Key words : Kenaf, Cultivar, Fiber source, Production, Photosynthesis

*교신저자 : E-mail : sykang@kaeri.re.kr

서론

케나프(영명: kenaf, 학명: *Hibiscus cannabinus* L.)는 서부 아프리카 원산의 무궁화과(Malvaceae)에 속하는 1년생 초본식물로 오래 전부터 주로 밧줄 및 포낭 재료로 이용되어 왔다. 인도, 중국, 동남아시아, 미국 등에서 주로 재배되며, 빠른 생육 특성으로 최근 목재펄프의 대체자원으로서 주목을 받고 있다. 또한 제지, 보드, 벽지, 기능성 의류 및 차체 소재, 충진제, 버섯 및 식물재배용 배지, 오염물질 흡착제, 관상용, 토양오염정화, 사료용 등 용도가 다양하게 개발되고 있다(Bledsoe, 1999; Killinger, 1969).

우리 나라에서는 케나프를 양마(洋麻)라고도 하며, 농촌진흥청 작물시험장을 중심으로 1960년부터 70년대 초반에 포낭 및 밧줄 원료용의 농가 소득작물로 개발이 추진되었으나, 화학 제품의 이용이 늘어남에 따라 중단된 적이 있다 한다(관련 연구자 사신). 우리 나라에서 케나프에 관한 연구는 재래 품종의 개화 특성 및 육종을 위한 기초 연구 등이 일부 있었는데(박, 1964, 1968), 주로 일장감응성이 높은 북방형의 품종을 도입하여 검토한 것으로 보여진다. 최근에 외국에서 케나프의 연구 개발이 활발해짐에 따라 국내에서도 케나프의 펄프자원(정 등, 1995; 조·정, 1995) 및 사료자원(조 등, 2001; 황 등, 2002)으로의 이용 연구가 일부 있으나 품종별 재배 및 생리생태적 특성에 관한 연구는 아직 부족한 상태이다.

케나프의 재배는 온대지방에서는 봄이 되어 서리 위험이 없을 때 파종하는 것이 좋으며 미국의 대부분 지역은 4월이나 5월 초에 실시하며, 파종 후 4~22일에 출현한다(Angelini, 1998; Hovermale, 1994; Manzanares, 1997). 미국의 Oklahoma에서 2년 동안 5종의 케나프 품종을 재배 시험한 결과, 파종후 161일째 수확시 건물 기준으로 잎 26%와 줄기 74%로 구

성되었다(Webber, 1993b). 케나프는 주로 줄기를 섬유자원(fiber crop)으로 이용하지만, 줄기나 잎은 조단백질 함량이 높아 사료적 가치가 뛰어난 것으로 알려져 있다(Killinger, 1969; Webber, 1993a). 제주에서 생산되는 초식가축용 건초는 가격이 높아 축산농가는 어려움을 겪고 있는데, 전세계적인 구제역 파동에서 보는 바와 같이 외국산 건초를 수입하여 이용하는 것은 많은 위험성이 있기 때문에, 우리나라 축산의 발전을 위해서는 안전하고 양질의 건초자원을 확보하는 것이 매우 중요하다.

그래서 본 연구팀은 몇 가지 케나프 품종을 도입하여 제주지역에서 사료용 및 섬유자원으로 생산 가능성과 함께 품종개발을 위하여 일련의 연구를 진행중인데(황 등 2002), 본 논문에서는 케나프 품종의 파종시기별 생산성 및 탄소동화 작용 등에 관하여 보고한다.

재료 및 방법

재배

본 시험은 2000년도에 제주시 아라동 소재의 제주대학교 농과대학 부속농장 포장에서 케나프 품종 Chingpi-3(원산국; 중국), Evergrades-41(미국), Tainung-2(대만)을 이용하여 파종시기를 5월 1일, 5월 11일, 5월 21일, 6월 1일로 나누어 생육과 수량을 비교하였다. 시험구는 1.2m(휴폭)×10m로 하여, 난괴법 3반복으로 배치하였다. 파종은 각 구별로 3열이 되도록 0.4×0.4m 간격으로 종자를 6립씩 점파하였다. 토양은 화산회토로 파종시의 토양 특성은 표 1과 같다. 비료는 성분량으로써 N-P₂O₅-K₂O를 10-10-10kg 10a⁻¹를 파종전 기비로 토양 혼화 시용하고, 8월중순에 N을 5kg 10a⁻¹ 추비로 토양표면에 시용하였다. 물관리는 파종후 50일까지는 토양 건조시에

Table 1. Soil chemical characteristics of the experimental farm at the Cheju University

pH (1:5)	EC (ms/m)	O.M. (%)	P ₂ O ₅ (Lancaster)	cmol/kg			
				K	Ca	Mg	Na
4.65	8.97	4.95	171	0.42	0.49	0.31	0.086

Table 2. Meteorological data for 2000 in Jeju

Month	Areas	Jeju		
	Air temperature (°C)	Precipitation (mm)	Sunshine hours (hr)	
April	12.3	28.5	217.0	
May	16.0	67.7	216.0	
June	20.5	121.5	146.7	
July	25.4	94.4	211.6	
Aug.	26.8	229.2	244.8	
Sept.	21.9	198.2	168.8	
Oct.	18.1	71.3	164.4	
Nov.	12.5	90.0	156.7	

스프링클러에 의해 살수해주었으며, 그 이후로는 자연 강우에 의존하였다. 제주도 기상대에서 측정된 2000년도 시험기간중의 월별 평균대기온도, 강우량, 일조량 등의 데이터는 표2와 같은데, 단 시험지는 기상대보다 해발이 약 250m 높은 곳에 위치하고 있어, 보통 기온은 기상대의 측정치보다 1-2°C 낮은 경향을 나타낸다.

생육 및 수량 조사

파종후 출현일수(DAT)는 자엽이 토양표면에서 완전히 노출한 유묘가 50% 되는 날을 기준으로 하였으며, 입모율(立毛率)은 파종후 20일에 조사하였다. 초기생육(초장, 엽수)은 파종후 30일에 조사하였다. 최종수량은 모두 11월 14일에 조사하였다. 각 구별로 1.2m×2.0m (15주)를 조사구를 설정하고 개체수를 센 다음, 각 구별로 10개체를 무작위로 선발하여 초장, 줄기직경, 엽수 및 생체중을 수확후 곧 바로 측정하였다.

광합성 특성 조사

광합성 특성은 9월 28일 11:00~14:00에, 5월 11일 파종구의 케나프에서 주경의 최정단 잎으로부터 6~10번째 잎을 대상으로 측정하였다. 광합성 측정은 광도와 leaf chamber에 공급되는 공기의 CO₂농도를 일정하게 제어할 수 있는 휴대용 광합성 측정장치 (Li-6400, Li Cor, USA)를 사용하였다. Light-Photosynthesis Curve (광도-광합성 곡선)는 측정기의

광원을 적색광과 청색광이 혼합된 LED로 광도를 0, 50, 100, 250, 500, 750, 1000, 1500, 2000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 으로 설정하여 측정하였다. 이때의 leaf chamber에 공급되는 공기의 CO₂농도는 400 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{air}$, 온도는 25°C이다. 그리고, A-Ci Curve를 구하기 위한 광합성속도는 chamber내에 공급되는 공기의 CO₂농도를 1000, 1000, 750, 500, 250, 100, 50, 0 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{air}$ 로 단계별로 설정하여 측정하였다. 이 때의 LED 광도는 1,000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, 챔버내 온도는 25°C이었다.

결과 및 고찰

파종시기별 생육특성

파종후 출현일수는 5월 1일 8 DAT, 5월 11일 7.3 DAT, 5월 21일 5.0 DAT 및 6월 1일 4.0 DAT로 파종기가 늦어질수록 빨라졌는데, 품종간에는 큰 차이는 없었다. 파종 20일 후의 입모율은 Everglades-41가 5월 11일 및 5월 21일 파종에서 특히 다른 품종보다 크게 낮았다. 이와 같이 Everglades-41가 입모율이 낮은 것은 출아후 해충(굴파리 일종의 애벌레) 및 병해에 의해 케나프의 줄기 지체부가 썩는 증상에 의한 것이었는데, 이는 출아후 10-30일 사이에만 나타났으며, 그러한 피해증상은 Everglades-41가 특히 심했다.

파종 30일후의 초장과 엽수는 파종기가 늦을수록

Table 3. Early growth characteristics of Kenaf cultivars as affected by seeding dates

Seeding dates & Cultivars	Seedling emergence	Seedling stand rate at 20 DAS	Plant length at 30 DAS	Leaf number at 30 DAS	Plant length growth rate
	DAT	(%)	(cm)	no	(mm day ⁻¹)
May 1					
Chingpi-3	8	62	9.2	3.7	3.1
Everglades-41	8	61	8.8	3.3	2.9
Tainung-2	8	61	9.9	3.6	3.3
Mean 8.0	61.3	9.3	3.5	3.1	
May 11					
Chingpi-3	7	56	9.7	3.9	3.2
Everglades-41	7	35	9.9	3.8	3.3
Tainung-2	8	67	9.4	3.5	3.1
Mean	7.3	52.7	9.7	3.7	3.2
May 21					
Chingpi-3	5	94	15.8	3.9	5.3
Everglades-41	5	68	16.7	5.6	5.7
Tainung-2	5	95	21.6	5.9	7.2
Mean	5.0	85.7	18.0	5.1	6.1
June 1					
Chingpi-3	4	75	23.8	6.2	7.9
Everglades-41	4	62	20.4	6.0	6.8
Tainung-2	4	64	19.7	5.8	6.6
Mean	4.0	67.0	21.3	6.0	7.1

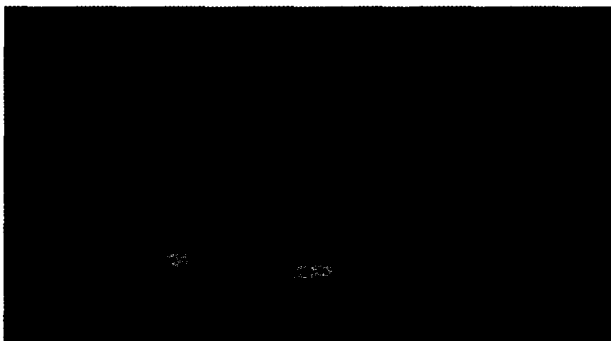


Photo 1. Leaf shape of three kenaf cultivars; Chingpi-3 (left), Everglades-41 (middle) and Tainung-2 (right)

큰 경향이었으나, 품종간 차이는 명확하지 않았다. 1 일당 초장생장율(mm day⁻¹)는 파종기에 따라서 크게 변동하였는데, 3 품종을 평균한 초장생장율은 5월 1

일 및 5월 11일 파종에서 각각 3.1 및 3.2인 반면, 5월 21일 및 6월 1일 파종은 각각 6.1 및 7.1로 크게 증가하였다(Table 3). 잎모양은 Chingpi-3와 Tainung-2는 대마 잎과 비슷한 장상(掌狀, palmate shape)을 나타낸 반면, Everglades-41은 대마 잎과 구별하기 쉽게 미국에서 육성된 품종으로 완전엽형(entire-leaf type)을 나타내는 특성이 있다(Photo 1; Wilson, 1965).

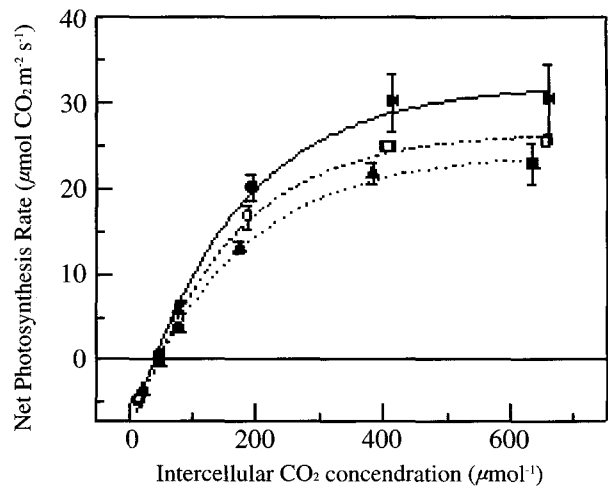
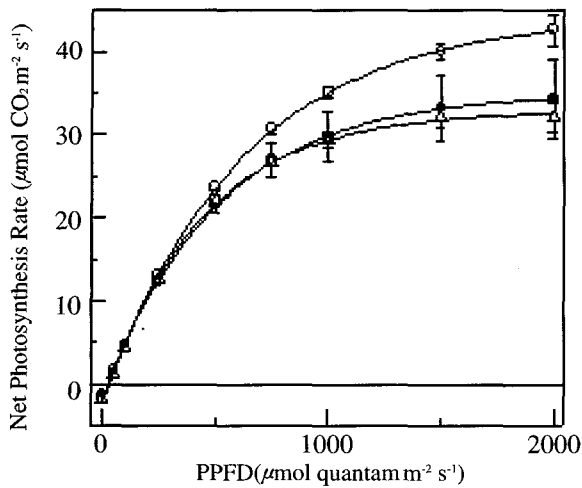
수확기의 초장은 5월 1일 파종에서 길었으며, Everglades-41이 다른 두 품종보다 초장은 짧고 줄기 직경은 가는 경향을 나타냈다. 단위면적당 개체수는 5월 11일 파종이 적고 5월 21일 및 6월 1일 파종에서 증가하였으며, 품종간에는 Everglades-41이 다른 품종보다 적은 경향이였다. 특히 5월 1일 및 5월 11일 등 조기파종에서 Everglades-41의 단위면적당 개체

Table 4. Growth and yield characteristics of three kenaf cultivars on the harvest day (14. Nov.) affected by different seeding dates determined on November 14

Seeding dates & Cultivars	Plant length cm	Stem diameter mm	Plant number No. 10a ⁻¹	Shoot fresh weight g plant ⁻¹	Shoot fresh weight kg 10a ⁻¹
May 1					
Chingpi-3	304.7	20.1	18648	304	5674
Everglades-41	247.8	16.4	15318	214	3277
Tainung-2	304.6	16.5	20779	238	4942
Mean	285.7	17.7	18248	252	4631
May 11					
Chingpi-3	280.0	18.9	17316	366	6340
Everglades-41	248.7	17.3	12254	276	3383
Tainung-2	294.9	19.3	17050	291	4995
Mean	274.5	18.5	15540	311	4906
May 21					
Chingpi-3	277.3	19.5	18782	292	5475
Everglades-41	261.9	13.3	21312	215	4576
Tainung-2	285.7	15.2	20779	252	5242
Mean	275.0	16.0	20291	253	5098
June 1					
Chingpi-3	283.0	17.9	20513	257	5262
Everglades-41	262.1	17.8	19640	235	4615
Tainung-2	273.0	17.8	20107	262	5274
Mean	272.7	17.8	20087	251	5050

수가 적은 것은 생육초기에 굴파리나 줄기썩음병에 의한 피해가 컸던 것에 의한 것으로 보여진다. 단위면적당 수량(지상부생중)은 Everglades-41가 다른 두 품종보다 적었는데, 파종시기별로는 Chingpi-3은 5월 11일 파종에서 높았고 파종시기가 늦어질수록 감소하였으나, Everglades-41 및 Tainung-2은 5월 21일 및 6월 1일 파종에서 높은 경향을 나타냈다(Table 4). 이와 같은 결과로 볼 때 제주지역의 중산간 지대에서 케나프를 사료나 줄기섬유를 이용하기 위해 생산하기 위해서는 중국 원산의 Chingpi-3가 Tainung-2 및 Everglades 41보다 적당하며, 이의 파종적기는 5월 11일경으로 보여진다. 본 시험에서 재배한 3품종 모두 10월에 들어서 일부 개체가 개화하였으나, 채

종은 되지 않았다. 그러나 본 시험에 공시한 품종과는 다르고 품종명이 불확실한 케나프 1종을 진주시 농업기술센터에서 분양받아 제주대 부속농장과 제주시의 저지대(해안가) 농가포장에서 재배한 경우 8월부터 개화되어 결실하였는데, 생육 및 채종량은 해안가 포장이 부속농장보다 좋았다(데이터 미표시). 이와같이 본 연구의 재배한 케나프에서 종자가 채종되지 않은 것은 세 품종 모두 일장 감응성이 약한 품종들이고(Wilson, 1965), 본 시험지가 해발 250m 정도의 중산간 지대에 위치하고 있어 유효적산온도가 적어 개화가 늦어졌기 때문으로 보여진다. 중고위도 지역에서도 채종 가능한 일장 감응성이 강한 품종의 경우 지상부 건물 수량이 떨어지기 때문



●: Chingpi-3, ○: Everglades-41, △: Tainung-2

Fig. 1. Varietal differences on the Light-Photosynthetic curve (A) and the A-Ci curve (B).

에 미국, 일본이나 중국에서는 일장 감수성이 약한 품종을 열대나 아열대 지역에서 채종하여 생산하고 있다. 앞으로 국내에서의 케나프 생산을 외국에서 종자를 수입하여 재배하는 방안도 있지만, 국내 기후에서도 채종 가능하고 재배적성이 높은 품종의 도입 활용 또는 품종 개발이 필요할 것으로 보인다.

광합성 특성

광합성 측정기를 이용하여 챔버내 빛의 강도 변화에 따른 광합성 곡선을 작성하였다(그림 1-A). 이 곡선은 광이 충분한 조건에서 품종간의 광합성 능력을 비교할 수 있는데(김·이, 2001), 광합성능력은 500~2000 µmol m⁻² s⁻¹ 광도조건에서는 Everglades-41이 다른 두 품종보다 높았다. 이것은 Everglades-41의 잎모양이 두 품종의 掌狀과는 다른 완전엽형을 나타내는 것과 광이용효율(apparent quantum yield) 및 탄소고정효율(carboxylation efficiency)이 높은 것에서 기인하는 것으로 생각된다. 그러나, Everglades-41의 성장량은 두 품종보다 낮았는데(표 4), 이것은 생육 초기에 병충해에 의한 것 이외에도 광호흡(photo respiration)이 높은 점으로 보아 광호흡에 의한 물질 생산량의 손실도 고려 대상이다(표 5). 그런데, 광합성 측정기 챔버 내부의 CO₂ 농도를 임의로 조정하면서 엽육내 CO₂ 농도(Ci)에 대한 광합성(A) 변화를 나

타내는 곡선(A-Ci curve)은 잎 내부의 광합성에 관련된 동화효소 ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase (rubisco)의 활성을 나타내는 지표로 쓰일 수 있는데(Farquar and Sharkey, 1982; 김?이, 2001), Chingpi-3이 다른 두 품종보다 rubisco 활성이 높은 것으로 나타났다(Fig. 1-B). 이것은 Chingpi-3이 탄소고정효율이 다른 품종보다 높은 것을 의미한다. Light-Photo curve와 A-Ci curve 간의 품종간 차이 및 광합성능력과 지상부 생산량의 불일치를 알아보기 위해서는 Everglades-41에서의 성장저하를 초래하는 요인과 환경스트레스가 성장 및 광합성에 미치는 영향에 대하여 구명할 필요가 있을 것으로 보여진다.

적 요

제주에서 새로 도입한 케나프 3개 품종(Everglades-41, Chingpi-3, Tainung-2)의 파종시기별 생산성을 검토하였다. 11월 말 수확의 단위면적당 수량(지상부생중)은 Everglades-41가 다른 두 품종보다 적었는데, 파종시기별로는 Chingpi-3은 5월 11일 파종에서 높았고 파종시기가 늦어질수록 감소하였으나, Everglades-41 및 Tainung-2은 5월 21일 및 6월

Table 5. Photosynthesis related characteristics estimated from the Light- Photosynthetic curve and A-Ci curve

Cultivar	Estimated from Light-Photo. curve		Estimated from A-Ci curve		
	Dark respiration rate ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ S}^{-1}$)	Maximum photosynthesis rate ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ S}^{-1}$)	Apparent quantum yield ($\text{mmol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ S}^{-1}$)	Photo respiration rate ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ S}^{-1}$)	Carboxylation efficiency ($\text{mmol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$)
Chingpi-3	-1.38 ± 0.19	34.4 ± 4.59	57.8 ± 2.51	7.09 ± 0.51	163.3 ± 3.7
Everglades-41	-1.80 ± 0.32	42.7 ± 1.91	65.2 ± 3.65	7.54 ± 0.63	152.2 ± 3.9
Tainung-2	-1.88 ± 0.13	32.1 ± 1.84	64.1 ± 0.83	6.39 ± 0.48	126.0 ± 10.1

1일 파종에서 높은 경향을 나타냈다. 단위엽면적당 광합성능력은 Everglades-41이 다른 두 품종보다 높았는데, 이것은 Everglades-41의 잎모양이 타 두품종과 다른 것과 높은 광이용 효율에 기인한 것으로 생각된다. 그러나, Everglades-41의 성장량은 두 품종보다 낮았는데, 이것은 생육초기에 병충해에 의한 생육 저해에 의한 것 이외에도 광호흡(photo respiration)이 높은 점으로 보아 광호흡에 의한 물질 생산량의 손실도 고려 대상이다. 생산적인 측면을 고려할 때 제주 지역에서는 Chingpi-3을 5월중순경 파종해서 재배하는 것이 적당할 것으로 보여지나, 본 시험에 공시한 3품종은 제주에서의 재배는 쉽지 않을 것으로 보여진다.

사사

본 연구는 과기부·과학재단 지정 제주대학교 아열대원예산업연구센터 및 과기부 원자력연구개발중장기사업의 연구비 지원에 의해 수행되었음.

인용문헌

Angelini, L.G. 1998. Screening of kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) genotypes for low temperature requirements during germination and evaluation of feasibility of seed production in Italy. Field Crop Research 59:73-79.

- Bledsoe, V. 1999. Kenaf: Alternative Fiber. Countryside Pub. Texas, USA.
- Farquar, G.D. and T.D. Sharkey 1982. Stomatal conductance and photosynthesis. Ann. Rev. Plant Physio. 11:539-552.
- Hovermale, C.H. 1994. Kenaf variety by date of planting in Mississippi. In A Summary of Kenaf Production and Product Development Research 1989-1993. Mississippi Agriculture & Forestry Experiment Station. p. 3-5.
- Killinger, G.B. 1969. Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.), a multi-use crop. Agron. J. 61. 734-736.
- Manzanares, M., J.L. Tenorio and L. Ayerbe 1997. Sowing time, cultivar, plant population and application of N fertilizer of kenaf in Spain's central plateau. Biomass and Bioenergy 12:263-271.
- Webber, C.L. III. 1993a Crude protein and yield components of six kenaf cultivars as affected by crop maturity. Industrial Crops and Products. 2: 27-31.
- Webber, C.L. III. 1993b. Yield components of five kenaf cultivars. Agron. J. 85: (3) 533-535.
- Wilson, F.D., T.E. Summers, J.F. Jorner, and C.C. Seale. 1965. Everglades 41 and Everglades 71, two new varieties of kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) for the field and seed. Florida Agr. Exp. Sta. Cir. P.168.
- 김판기·이은주 2001. 광합성의 생리생태(1): 광도와 엽육내 CO₂ 분압 변화에 대한 광합성 반응. 한국농림기상학회지 3(2):126-133.
- 박종문 1964. Genus Hibiscus의 품종에 관한 연구. 1.

- 한국재래종 및 남방형 양마의 개화와 수정. 한작지 2: 50-56.
- 박종문 1968. 섬유용 양마의 육종에 관한 연구: 단일 반응성과 섬유중의 유전 및 연쇄. 한작지 4115-124.
- 정승근 · 조동삼 · 조남석 1995. 지구온난화 방지 및 농산촌 소득증대를 위한 새로운 속성 섬유자원 개발. 1. 속성 섬유자원 양마와 어저귀의 건물생산성. 대산논총 3:197-174.
- 조남기 · 송창길 · 조영일 · 고지병 2001. 제주지역에서 파종기에 따른 양마의 사료수량 및 조성분 변화. 한작지 46(6):439-442.
- 조남석 · 정승근 1995. 지구온난화 방지 및 농산촌 소득증대를 위한 새로운 속성 섬유자원 개발. 2. 속성 섬유자원의 펄프화 특성. 대산논총 3:175-187.
- 황경준 · 김문철 · 강시용 · 유장걸 · 송상택 · 박남건 · 김종하 2002. 양마의 제주지역 적응성, 생산성 및 사료적 가치에 관한 연구. (접수일 2004. 2. 11)
(수락일 2004. 5. 31)