

유기질비료의 시용과 수확시기가 Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.)의 생산성과 사료가치에 미치는 영향*

조익환** · Byamungu Mayange Tomple ***

Response of Organic Fertilizer Application Rates and Different Harvesting Periods on Forage Yield and Quality of Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.)

Jo, Ik-Hwan · Byamungu Mayange Tomple

The objective of present experiment was to examine the impact of different organic nitrogen (N) fertilizer application rates and different harvesting periods on the forage yield and feed value of kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.). This study was carried out from May to September 2019, the amount of 80 kg of kenaf seed/ha were applied with different rates of nitrogen fertilizer. The plants were sampled at 10 days intervals (100, 110, 120, and 130 days after seeding) from different harvesting dates. In the organic fertilizer treatments, the highest dry matter (DM) yield was observed in the application rate at 250 kg of N/ha. Crude protein (CP) content in leaves was similar between the organic fertilizer rates at 200 and 250 kg of N/ha and were higher compared with other fertilizer treatments. The highest CP content in the stem was 4.3% in the organic fertilizer application rates at 250 kg of N/ha. Neutral detergent fiber (NDF) in leaves showed no significant difference between the chemical fertilizer rates at 200 and 250 kg of N/ha, and the organic fertilizer rates at 150 and 250 kg of N/ha. In addition, DM yield of kenaf was highest in the harvest of 100 days after seeding, and tended to decreased significantly with increase of harvesting periods ($p < 0.05$). As the growth progressed, the plant height and stem ratio increased but the leaves ratio decreased significantly ($p < 0.05$) and the highest was found at 110 days after seeding. The highest CP, Acid detergent fiber (ADF), NDF and total digestible nutrient (TDN) contents in leaves were 13.9, 25.4, 40.5 and 71.1%, respectively that were affected by different harvesting periods. Also, the ADF and NDF in stem increased significantly with increase of

* 본 연구는 2019학년도 대구대학교 학술연구비 지원으로 수행되었음.

** Corresponding author, 대구대학교 동물자원학과 교수(greunld@daegu.ac.kr)

*** 대구대학교 동물자원학과 박사과정

kenaf maturity ($p < 0.05$). In conclusion, the optimal organic fertilizer application rates and the proper harvesting periods for the forage yield and quality of kenaf were at 200 to 250 kg of N/ha, and 100 to 110 days after seeding, respectively.

Key words : *forage production, harvesting period, kenaf, nutritive value, organic nitrogen*

I. 서 론

지난 30년 동안 축산물 소비량이 3배 이상 급증하여 가축 사육두수가 증가하고 있는데 (FAO, 2018), 사료자원은 매우 부족하여 대부분 수입에 의존하고 있는 현실에서 생산비 과다로 우리나라 축산의 걸림돌이 되고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 정부에서는 무엇보다도 사료 자급률을 개선하고 사료의 수요와 공급을 조절하며 사료 재배 면적을 증가시켜 사료 생산용 토지를 확대하려고 하고 있어 동계 사료작물의 재배 면적은 점차 증가하고 있지만, 케나프를 포함한 하계 사료작물의 재배 면적을 늘리는 것은 경제성 발작물의 재배면적 증가로 어려움에 직면하고 있다(Jung et al., 2019).

특히, 국내에서는 하계사료작물로 대부분 옥수수 혹은 수수×수단그라스 교잡종 등이 재배되고 있어 다양한 대체 사료 자원을 특정하기 위한 지속적인 연구가 요구되고 있다. 이러한 측면에서 케나프는 새로운 사료 자원을 위한 중요한 하계 사료작물로서 전세계에서 폭넓게 재배되고 있다(Oh et al., 2018).

케나프(*Hibiscus cannabinus* L., Malvaceae)는 난지형 일년생 작물이며, 산업소재인 섬유작물과 사료작물 모두로 사용할 수 있어 많은 연구자들에 의해 연구가 진행되어 왔는데(Taylor, 1992; Webber, 1993), 건물생산성이 높고 섬유소 함량이 높기 때문에 전 세계적으로 사료작물로 이용하기 위해 재배면적이 증가하고 있다(Hossain et al., 2010). Phillips 등(2002)은 조사료의 품질과 생산성을 최적화하려면 식물 재배 후 60~80일에 케나프를 수확해야 하고, 생산량을 증대시키고 생산 비용을 최소화하기 위해서는 적절한 토양에서 양분공급, 특히 질소의 공급이 반드시 필요하다고 보고하였다. Webber와 Bledsoe (2002)은 케나프의 수량 구성 요소에 대한 생육단계를 비교해 보면 단위면적 당 식물 개체 수에 의해서도 큰 차이를 나타낼 수 있다고 보고하였다.

일반적으로 케나프는 섬유작물로 간주되고 있지만, 케나프 식물체의 줄기(심과 껍질)와 잎은 가축의 사료로 사용할 수 있다. Oh 등(2018)은 가축에게 매우 효율한 영양분 공급 중 조단백질 함량은 재배지역, 기후, 수확시기 및 이용되는 식물의 부위에 따라 다양하다고 보고하고 있다. Clark와 Wolff (1969)는 케나프가 높은 단백질 함량을 가지고 있다고 하였고, Swingle 등(1978)과 Webber (1993)는 케나프 잎의 조단백질 함량이 14~34%, 줄기에서는 조

단백질 함량이 2~12%, 전체 식물의 조단백질 함량은 6~23%로 다양한 범위를 나타낸다고 하였다. 이외에도 국내·외적으로 케나프가 반추동물의 사료로 이용하기 위한 평가는 많이 이루어지고 있으나(Phillips et al., 2002; Kim et al., 2012), 국내에서 케나프 재배에 의한 생산성과 영양 가치에 대한 연구는 매우 제한되어 왔다.

따라서 본 연구에서는 하계 사료작물로 케나프를 재배 시에 질소공급원으로 유기 혹은 무기질 비료의 시용과 수확시기의 차이가 케나프의 생산성과 사료가치에 미치는 영향을 평가하여 다양한 양질의 친환경 조사료 생산체계를 확립하고자 실시하였다.

II. 재료 및 방법

본 실험은 2019년 5월부터 9월까지 경북 경산시 소재 대구 대학교 실습 농장(위도: 35°54' 11.12"N, 경도: 128°51'22.67"E)에서 실시되었으며 공시초종은 케나프(*Hibiscus cannabinus* L.) ‘홍마 74-3’ 품종을 사용하여 2019년 5월 8일에 80 kg/ha를 파종하였다.

시험구의 배치는 질소비료 처리 구는 0 (무비구), 화학비료는 150, 200 및 250 kg/ha, 유기 질비료는 150, 200 및 250 kg/ha로 총 7개 처리 구로 하여 50%를 기비, 50%를 5 엽기 이후 추비로 시비하였고 수확 시기는 파종 후 100, 110, 120 및 130일째(즉, 2019년 8월 16일, 8월 26일, 9월 5일 및 9월 15일) 등 4개 처리 구를 분할구 시험법으로 3반복 실시하였다. 유기 질비료의 화학조성은 Table 1에 제시되었다. 파종량은 재식밀도 20 cm × 20 cm로 80 kg/ha를 제조하고 하였고, 시험구 면적은 5 m² (5 m × 1 m)로 하였다.

Table 1. Chemical compositions of the organic fertilizer

Compost composition	Ca	Cu	K	Mg	Zn	TS	VS	NH ₄ -N	MC	TN	TP
Average	25,059 ±506	21.4 ±1.1	21,679 ±237	7,869 ±153	137±4	940,372 ±2,100	682,272 ±7,134	43.7 ±0.6	6±0.21	21,454 ±58	9,184 ±90

TS: total soluble, VS: volatile soluble, NH₄-N: ammonium, MC: moisture content, TN: total nitrogen, TP: total phosphorus

실험기간 동안 기상 조건은 Table 2에 나타난 바와 같이, 최저기온이 5월, 최고기온은 8월에 각각 11.3°C와 32.1°C로 조사되었다. 강수량은 6월(242.1 mm)에 가장 높게 기록되었고 5월부터 9월까지의 평균 강수량은 701.5 mm이었다. 실험기간 동안 햇볕 시간은 크게 감소한 반면에 습도는 크게 증가했다.

시험 지역의 토성은 모래와 진흙이 알맞게 섞여 있는 양토이었으며 토양의 이화학적 특

Table 2. Climatic conditions during the experimental periods

Items	Classification	May	June	July	August	September
Temperature (°C)	Minimum	11.3	16.3	21.4	22.5	17.9
	Maximum	27.7	28.2	30	32.1	27.2
	Average	19.5	21.9	25.4	26.7	22.1
Precipitation (mm)	Total (701.5)	23	242.1	105.7	174.4	157
Sunshine (hours)	Sum	298.3	238.9	162.3	216.4	138.3
Relative humidity (%)	Average	49.1	66	73.1	72.7	77.4

Table 3. Physicochemical properties of the experimental soils

pH (1:5)	OM (g/kg)	EC (dS/m)	T-N (%)	Available P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ca ²⁺	K ⁺	Mg ²⁺
					(cmol ⁺ /kg)		
7.3	12.0	0.23	0.14	422.3	6.07	1.18	2.07

OM: organic matter, EC: electric conductivity, T-N: total nitrogen, available phosphorus (P₂O₅)

성은 Table 3과 같다. pH는 7.3으로 중성을 나타내었고, 유기물 함량(OM)은 12.0 g/kg이었다. 전기전도도(EC)는 0.23 dS/m, 전 질소 함량(T-N)은 0.14%, 유효태 인산함량은 7.3 mg/kg, 탄질율은 11.4%, 유효인산 함량은 422.3 mg/kg으로 나타났다. CEC의 경우 칼슘, 칼륨 및 마그네슘 이온 성분은 각각 6.07, 1.18 및 2.07 cmol⁺/kg이었다.

생육조사는 농업과학기술 연구조사 분석기준(RDA, 2012)에 의거 실시하였는데, 초장은 지면에서 최장엽 선단까지의 길이로 측정하였다. 생초 수량은 수확 당일 지면 높이 예취하여 측정하였고 건물함량은 각 시험구마다 500 g 정도의 시료를 채취하여 60°C 순환 열풍 건조기에서 48시간 건조한 후 단위면적당 건물수량을 산출하였다. 건조된 시료는 Wiley mill로 분쇄하여 A.O.A.C.법(2000)으로, acid detergent fiber (ADF)와 neutral detergent fiber (NDF)의 함량은 Georing과 Van Soest (1970)에 의해 분석하였다. 또한 ADF와 NDF의 함량으로부터 total digestible nutrients (TDN; 가소화양분총량)은 Nahm (1992)과 Linn과 Martin (1989) 등의 계산식(TDN = 88.9 - (0.79 × ADF%))에 의하여 구하였다.

본 실험에서 얻은 모든 데이터의 통계 분석은 SAS Statistical Package Program (version 9.1, SAS Institute Inc., Cary, NC)에 의해 수행되었으며, 처리 평균 간 비교는 5% 수준의 최소 유의차 검정(Least significant difference test) 방법으로 하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 질소공급원에 따른 케나프의 생육특성 및 건물생산성의 변화

무비 구와 화학비료 사용 구(T1: 150, T2: 200 및 T3: 250 kg N/ha) 및 동일한 질소 수준의 유기질비료(T4: 150, T5: 200 및 T6: 250 kg N/ha) 사용의 영향을 받는 케나프의 초장, 건물함량, 잎과 줄기의 비율 및 건물수량을 Table 4에 나타내었다. 케나프의 초장은 T2 처리 구(화학비료 200 kg/ha)에서 213.1 cm를 기록하여 다른 처리 구보다 유의하게 높았는데($p < 0.05$), 이는 Cho 등(2001)의 200과 250 kg N/ha에서 가장 높은 초장을 기록한다고 하였다는 보고와도 일치하고 있다. 또한 유기질비료 구보다 화학비료 구에서 초장이 더욱 높았는데 이들은 Kang 등(2018)의 보고와 일치하였으며, 유기질비료 처리 구에서는 사용수준이 가장 높은 250 kg N/ha에서 최고의 초장을 나타내어 Nam 등(2018)의 보고와 유사한 경향을 나타내었다.

케나프의 생초수량은 화학비료 처리 구(50.2~67.0톤/ha)가 대조 구(32.0톤/ha) 및 유기질비료 250 kg N/ha 처리 구(48.4톤/ha)를 제외한 모든 처리 구(T4와 T5, 33.2와 39.8톤/ha) 보다 유의하게 높았고 유기질비료 처리 구는 대조구보다 높았으며 사용수준이 높아짐에 따라 증가한 경향을 나타내어 하계 사료작물의 생산성 증대를 위해 질소공급이 필수적임을 증명하는 결과라고 사료된다(Saheb et al., 2017).

케나프의 건물함량은 모든 처리 구에서 유의한 차이는 없었지만, T1처리 구에서 약간 높았다. 대조구와 T1, T2 및 T5 처리 구의 잎과 줄기의 비율은 각각 그들 사이에 유의한 차이는 없었지만, 케나프의 최고의 잎 비율은 T3, T4 및 T6 처리 구에서 관찰되었다. 이에 대해 Cho 등(2001)은 ha 당 200 및 250 kg의 질소시비가 케나프 잎을 늘리는 데 적절하다고 보고하여 본 연구결과 유사하였다. 본 연구에서 케나프의 줄기 비율은 T2와 T5 처리 구에서 최고였으나, T3, T4 및 T6 사이에 큰 차이가 없었다. 그러나 케나프의 줄기와 잎의 비율이 질소시비량의 증가로 높아진다고 보고한 Cho 등(2001)의 결과와는 본 실험에서도 잎보다 줄기 비율이 높아지고 있는 것은 일치하지만 사용수준 간 명확한 차이를 나타내지 않는 것은 케나프의 품종, 수확시기, 파종비율 및 시험지역의 토양 등 환경조건의 차이가 더욱 큰 원인이라고 사료된다.

케나프의 건물수량은 생초수량의 경우와 마찬가지로 화학비료 처리 구의 T2 (10.3톤/ha)를 제외하고 T1과 T3에서 각각 14.3과 13.4톤/ha를 기록하여 다른 처리 구보다 유의하게 높았으나($p < 0.05$), 시비수준 간에 차이가 없었다. 한편 유기질비료 처리 구는 6.7~9.9톤/ha를 기록하였는데 사용수준이 높아질수록 건물수량이 많아져 T6 처리 구는 화학비료 처리 구의 건물수량과 유의한 차이가 인정되지 않았다($p > 0.05$). 이들의 결과로 보면 화학비료 처리 구는 ha 당 150 kg의 N 사용수준에서 최고의 건물수량을 보이지만 유기질비료 처리 구에

Table 4. Effects of different organic and chemical fertilizer application rates on agronomic traits and dry matter yield of kenaf

Organic/Chemical fertilizer (kg N/ha)	Plant height (cm)	Fresh matter yield (ton/ha)	Dry matter (%)	Leaves ratio (%)	Stem ratio (%)	Dry matter yield (ton/ha)
Control	156.4 ^E	32.0 ^B	20.8	35.2 ^{AB}	64.8 ^{AB}	6.6 ^B
T1	206.2 ^{AB}	67.0 ^A	21.4	32.8 ^{AB}	67.2 ^{AB}	14.3 ^A
T2	213.1 ^A	50.2 ^{AB}	20.9	29.6 ^B	70.4 ^A	10.3 ^{AB}
T3	203.0 ^{BC}	64.1 ^A	21.0	37.3 ^A	62.7 ^B	13.4 ^A
T4	168.8 ^D	33.2 ^B	19.9	37.8 ^A	62.2 ^B	6.7 ^B
T5	176.3 ^D	39.8 ^B	20.7	30.5 ^B	69.5 ^A	8.3 ^B
T6	195.5 ^C	48.4 ^{AB}	20.2	37.5 ^A	62.5 ^B	9.9 ^{AB}
LSD	<0.0001	0.0075	0.8643	0.0509	0.0509	0.0025

A-E Different letters in the same column are statically different ($p < 0.05$), Chemical fertilizer (T1: 150, T2: 200 and T3: 250 kg of N/ha) and organic fertilizer (T4: 150, T5: 200 and T6: 250 kg of N/ha)

서는 250 kg 이상의 질소를 요구하고 있어 비록 단기간의 실험으로 적정 시용수준을 결정하기에는 성급하나 지속적인 연구로 결정된다면 불필요한 자원의 낭비를 줄일 수 있는 계기는 될 수 있으리라 사료된다.

2. 수확시기에 따른 케나프의 생육특성 및 건물생산성의 변화

Table 5는 파종 후 100, 110, 120 및 130일째 다른 수확시기의 영향을 받은 케나프의 초장, 건물함량, 잎과 줄기의 비율, 건물 수량을 나타낸 것이다.

생육이 진행되면서 케나프의 초장이 가장 높았던 것은 수확시기가 가장 늦은 날(130 DAS)로 220.2 cm ($p < 0.05$)이었는데, 이는 Anut 등(2009)이 보고한 케나프의 성숙이 진행되면서 식물의 초장이 증가했다는 결과와 일치하였다.

한편 생초 수량은 성장이 진행되면서 51.1에서 41.6톤/ha로 감소하는 경향을 나타내었으나 처리 간에 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$). 이에 대해 최고의 수량이 이식 후 12, 16 및 20주에 나타났다고 보고한 Masnira 등(2015)의 연구결과, 그리고 Webber와 Bledsoe (2002)은 수량이 파종 후 60, 90, 120 및 150일 사이에 유의한 차이가 없었다고 보고한 것과 일치하는 경향을 나타내었다.

케나프의 잎과 줄기의 비율을 보면, 수확시기가 100일(100 DAS)과 110일(110 DAS)까지는 잎의 비율이 유의하게 높고 반대로 줄기의 비율이 120 DAS와 130 DAS의 수확시기 보

Table 5. Effects of different harvesting periods on agronomic traits and dry matter yield of kenaf

Harvesting period (Days after seeding)	Plant height (cm)	Fresh matter yield (ton/ha)	Dry matter (%)	Leaves ratio (%)	Stem ratio (%)	Dry matter yield (ton/ha)
100	161.6 ^D	51.1	25.8 ^A	36.8 ^{AB}	63.2 ^{BC}	13.3 ^A
110	179.5 ^C	48.6	20.9 ^B	38.3 ^A	61.7 ^C	10.0 ^B
120	192.0 ^B	49.9	16.8 ^C	32.2 ^{BC}	67.8 ^{AB}	8.4 ^B
130	220.2 ^A	41.6	19.3 ^B	30.2 ^C	69.8 ^A	8.0 ^B
LSD	<0.0001	0.6546	<0.0001	0.0048	0.0048	0.0090

A-D Different letters in the same column are statistically different (p<0.05)

다는 유의하게 낮아졌는데(p<0.05), 이는 생육이 진행되면서 건물생산을 구성하는 요인 중 줄기 부분에 물질생산이 더 많이 축적된다는 Nam 등(2018)의 보고와 일치하고 있다. 이와 관련하여 생육이 진행됨에 따라 건물수량이 증가된 것이 일반적으로 알려져 있는데, 본 연구에서는 오히려 수확시기가 늦어질수록 유의하게 낮은 건물수량을 기록하였다(p<0.05). 이에 대해 Phillips 등(1999)은 케나프를 이식 후 80일에 가장 높은 건물수량을 기록하였다고 보고한 결과와 다소 일치하며, 이러한 결과로 부터 케나프의 수확시기가 120일째 이후는 건물수량이 낮아질 수 있다는 가능성을 시사하고 있어 이들에 대해 장기적이고 시비 수준 혹은 사료가치에 따른 더욱 다양한 연구 진행되어야 한다고 사료된다(Masnira et al., 2015).

3. 질소공급원에 따른 케나프의 사료가치의 변화

Table 6은 질소공급원으로 유기질과 화학비료의 시용량 차이에 따른 케나프의 잎과 줄기의 사료가치를 나타낸 것이다. 케나프 잎의 조단백질 함량은 유기질비료 처리 구 중 ha 당 200 kg (T5 처리 구)와 250 kg (T6 처리 구)에서 각각 14.4%와 14.5%로 가장 높았으며, 무비구(13.1%)와 화학비료 구(11.6~12.4%)보다도 유의하게 높게 나타났고 줄기에서는 T6 처리 구에서 최고의 조단백질 함량인 4.3%를 나타내어 다른 처리 구(2.7~3.7%)보다 유의하게 높았는데(p<0.05), 케나프 잎의 조단백질 함량이 14~34%이고, 줄기에서 조단백질 함량이 2~12%이었다고 보고한 Webber (1993)의 연구와 유사한 결과를 나타내었다. 한편 본 실험에서 유기질비료 시용으로 잎에서 1.3~2.9%, 줄기에서는 0.6~1.6%의 단백질 증수를 나타내어 반추동물에 단백질 공급원으로 사용되고 있는 수입곡류를 대체할 가능성도 시사하고 있다(Jo, 2003).

잎과 줄기의 ADF와 NDF 함량은 잎에서 각각 21.9~26.9%와 34.1~38.0%이었고, 줄기에서

Table 6. Nutritive value (chemical composition, %) in leaves and stem of kenaf treated with different application rates of organic and chemical fertilizer

	Organic/Chemical fertilizer (kg N/ha)	CP	ADF	NDF	TDN
Leaves	Control	13.1 ^B	22.8 ^{CD}	34.8 ^B	70.9 ^{AB}
	T1	11.6 ^C	24.6 ^B	37.1 ^{AB}	69.4 ^C
	T2	12.7 ^B	26.9 ^A	38.0 ^A	67.6 ^D
	T3	12.4 ^{BC}	25.0 ^B	37.9 ^A	69.5 ^C
	T4	13.0 ^B	23.9 ^{BC}	38.0 ^A	70.0 ^{BC}
	T5	14.4 ^A	21.9 ^D	35.5 ^{AB}	71.6 ^A
	T6	14.5 ^A	23.4 ^{BCD}	38.0 ^A	70.4 ^{ABC}
	LSD	<0.0001	<0.0001	0.0140	<0.0001
Stem	Control	3.7 ^B	58.2 ^C	70.2 ^{BC}	42.9
	T1	3.4 ^B	59.6 ^{ABC}	73.1 ^{ABC}	41.8
	T2	3.3 ^{BC}	61.2 ^A	74.0 ^{ABC}	40.6
	T3	3.3 ^B	61.0 ^{AB}	74.2 ^{AB}	40.7
	T4	3.2 ^{BC}	60.0 ^{ABC}	74.6 ^A	41.5
	T5	2.7 ^C	58.4 ^{BC}	71.8 ^{ABC}	42.8
	T6	4.3 ^A	59.4 ^{ABC}	70.0 ^C	42.0
	LSD	0.0004	0.0214	0.0137	0.2139

CP: crude protein, ADF: acid detergent fiber, NDF: neutral detergent fiber, TDN: total digestible nutrient, chemical fertilizer (T1: 150, T2: 200 and T3: 250 kg of N/ha) and organic fertilizer (T4: 150, T5: 200 and T6: 250 kg of N/ha)

A-E Different letters in the same column are statistically different ($p < 0.05$)

는 각각 58.2~61.2%와 70.0~74.1%로 줄기의 경우가 잎의 ADF와 NDF 함량 보다 2배 이상 높게 나왔는데, 이는 줄기에는 세포벽물질이 많아져서 높은 섬유소 함량을 나타낸 것으로 사료되며, 또한 줄기의 NDF 함량을 제외하고는 대부분 화학비료 처리 구가 유기질비료 구 보다 높은 함량을 기록하여 소화율의 저하를 초래할 수 있는 가능성을 시사하고 있다 (Hwangbo and Jo, 2013). 특히 화학비료 시용 구의 ha 당 200 kg (T2 처리 구)에서 다른 처리 구보다 유의하게 높았다($p < 0.05$).

잎의 TDN 함량은 무비구와 유기질비료 시용 구에서 각각 70.9%와 70.0~71.6%로 화학비료구의 67.6~69.5% 보다 유의하게 높게 나타났고, 줄기의 TDN 함량은 처리 구별 유의한 차이 없이 40.6~42.9% 범위를 나타내어 잎의 TDN 함량보다도 24.7~31.0%가 낮아져, Cho 등

(2001)이 보고한 잎의 TDN 함량이 최대 75%이고 줄기의 경우 최고가 38.2%로 매우 낮았다는 결과와 일치하고 있다.

4. 수확시기에 따른 케나프의 사료가치 변화

수확시기에 따른 케나프의 잎과 줄기의 사료가치를 나타낸 것은 Table 7로 잎의 조단백질 함량(12.6~13.9%)은 줄기의 조단백질 함량(3.2~3.5%)보다는 9.1~10.7%(약 3.6~4.3배)가 높았고, ADF와 NDF 함량은 잎과 줄기에서 각각 22.6~25.4%와 33.8~40.5%, 그리고 57.5~62.9%와 70.6~75.3%로 각각 32.1~40.3 %와 30.1~41.5% 낮았고, TDN 함량은 잎에서 68.8~71.1% 그리고 줄기에서는 39.2~43.4%로 잎의 TDN 함량이 25.4~31.9%가 높게 나타났다. 이들에 대해 Minson (1990)은 생육이 진행됨에 따라 줄기의 비율이 증가함에 따라 사료가치 중 특히 조단백질 함량이 낮아진다고 보고하였는데, 이는 식물의 성숙과 함께 섬유소가 증가에 기인하며(Nam et al., 2018) 또한 환경요인 중 강수량과 기후 조건이 식물의 수량구성요소인 잎과 줄기의 비율에 결정적인 중요한 역할을 하고 있음을 고려하여 수확시기를 결정하여야 한다고 하였다(Minson, 1990; Muir, 2002).

한편 잎의 조단백질 함량은 120 DAS에서 13.9% 다른 수확시기보다 유의하게 높게 나타났지만, ADF와 NDF 함량은 100 DAS와 110 DAS에서 각각 22.6~24.5%와 33.8~36.7%로 다

Table 7. Nutritive value (chemical composition, %) in leaves and stem of kenaf as harvested with different cultivation periods

	Harvesting period (Days after seeding)	CP	ADF	NDF	TDN
Leaves	100	12.6 ^B	24.5 ^{AB}	36.7 ^C	69.5 ^{BC}
	110	12.8 ^B	22.6 ^C	33.8 ^C	71.1 ^A
	120	13.9 ^A	23.6 ^{BC}	40.5 ^A	70.2 ^{AB}
	130	12.9 ^B	25.4 ^A	37.2 ^B	68.8 ^C
	LSD	0.0053	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Stem	100	3.5	57.5 ^C	70.6 ^B	43.4 ^A
	110	3.5	58.0 ^C	71.4 ^B	43.1 ^A
	120	3.3	60.3 ^B	72.9 ^{AB}	41.2 ^B
	130	3.2	62.9 ^A	75.3 ^A	39.2 ^C
	LSD	0.5842	<0.0001	0.0234	<0.0001

CP: crude protein, ADF: acid detergent fiber, NDF: neutral detergent fiber, TDN: total digestible nutrient

A-D Different letters in the same column are statistically different (p<0.05)

른 수확시기보다 유의하게 낮았고($p < 0.05$), 반대로 TDN 함량은 다른 수확시기보다 유의하게 높은 경향을 나타내었다.

줄기의 ADF와 NDF 함량은 잎의 경우와 마찬가지로 100 DAS와 110 DAS에서 각각 57.5~58.0%와 70.6~71.4%로 120 DAS와 130 DAS의 60.3~62.9%와 72.9~75.3% 보다 유의하게 낮았으며, TDN 함량은 각각 43.1~43.4%와 39.2~41.2%로 100 DAS와 110 DAS가 유의하게 높아 사료가치만으로 수확시기를 결정한다면 수확시기가 100~110일에 이루어지는 것이 바람직하다고 사료된다.

IV. 적 요

하계사료작물로 케나프를 재배할 시에 유기 및 화학비료의 질소공급원과 수확시기를 달리하였을 때 케나프의 생산성과 양질의 조사료를 얻기 위해 적정 질소시용수준과 수확시기를 구명하고자 실시되었다.

질소공급원에 따른 케나프의 건물수량은 화학비료 처리 구가 다소 높았지만, 유기질비료를 ha 당 200~250 kg의 수준에서는 화학비료 처리 구와 유의한 차이가 인정되지 않았고 사료가치 특히 조단백질과 TDN 함량은 오히려 유기질비료 처리 구에서 유의하게 높게 나타나($p < 0.05$), 반추동물에게 양질의 조사료 공급원으로 이용하고자 케나프가 재배된다면 유기질비료가 화학비료를 대체할 수 있음을 시사하였다.

한편 수확시기에 따른 건물수량은 100일째가 다른 수확시기보다 유의하게 높았지만 100~110일 수확시기가 수량구성요인 중 잎의 비율이 줄기보다도 높았고 사료가치 중 조단백질과 TDN 함량이 다른 수확시기보다 높게 나타났으며 ADF와 NDF 함량은 크게 감소하였다($p < 0.05$).

본 연구의 결과 특히 건물수량과 사료가치를 비교해 볼 때 적절한 질소공급원으로 유기질비료를 사용 시에는 ha당 200~250 kg 정도가 적절하고 수확시기는 100~110일이 적합하다고 사료된다.

[Submitted, September. 11, 2020; Revised, November. 11, 2020; Accepted, November. 18, 2020]

References

1. Anut, C., C. Chaikong, O. Chinrasri, and P. Kangkun. 2009. Evaluation of Yield and Nutritive Value of Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L) at Various Stages of Maturity. Pakistan J.

- Nut. 8(7): 1055-1058.
2. AOAC. 2000. Official methods of analysis of the AOAC. 17th Edition, Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, USA.
 3. Cho, N. K., C. K. Song, Y. Cho, and J. B. Ko. 2001. Effect of Nitrogen rate on agronomic characteristics, forage yield and chemical composition of kenaf in Jeju Island. Korean Grassl. Sci. 21(2): 59-66.
 4. Clark, T. F. and I. A. Wolff. 1969. A search for new fiber crops, XI. Compositional characteristics of Illinois kenaf at several population densities and maturities. TAPPI J. 52(11): 211-216.
 5. FAO. 2018. <http://www.fao.org/3/i8384en/I8384EN.pdf>
 6. Goering, H. K. and P. J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis. Agric. Handbook No. 379. ARS. USDA. Washington, D. C.
 7. Hossain, M. D., M. H. Musa, J. Talib, and J. Hamdan. 2010. Effects of Nitrogen, Phosphorus and Potassium Levels on Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) Growth and Photosynthesis under Nutrient Solution. J. Agric. Sci. 2(2): 49-57.
 8. Hwangbo, S. and I. H. Jo. 2013. Effects of applying cattle slurry and Mixed sowing with legumes on productivity, feed values and organic stock carrying capacity of winter forage crops in Gyeongbuk regions. Korean J. Organic Agric. 21(3): 451-465.
 9. Jo, I. H. 2003. A Study on area types of recycling agriculture. Korean J. Organic Agric. 11(3): 91-108.
 10. Jung, J. S., G. J. Choi, and B. R. Choi. 2019. Effect of Waterlogging Duration on Growth Characteristics and Productivity of Forage Corn at Different Growth Stages under Paddy Field Conditions. J. Korean Soc. Grassl. Forage Sci. 39(3): 141-147.
 11. Kang, C. H., I. S. Lee, D. Y. Go, H. J. Kim, and Y. E. Na. 2018. The Growth and Yield Differences in Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) in Reclaimed Land Based on the Physical Types of Organic Materials. Korean J. Crop Sci. 63(1): 64-71.
 12. Kim, B. W., K. I. Sung, J. G. Nejad, and J. S. Shin. 2012. Nutritive Value and Fermentation Quality of the Silage of Three Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) Cultivars at Three Different Growth Stages. J. Korean Soc. Grassl. Forage Sci. 32(4): 353-360.
 13. Linn, J. and N. Martin. 1989. Forage quality tests and interpretation. The University of Minnesota Ext. Serv. AG-FO-2637. Minnesota.
 14. Masnira, M. Y., R. A. Halim, M. Y. Rafii, J. S. Mohd, and M. Y. Martini. 2015. Yield and Quality of Two Kenaf Varieties as Affected by Harvesting Age. J. Inter. Soc. for Southeast Asian Agric. Sci. 21(2): 129-142.

15. Minson, D. J. 1990. Forage in Ruminant Nutrition. Pages 1-8.
16. Muir, J. P. 2002. Effect of dairy compost application and plant maturity on forage kenaf cultivar fiber concentration and in sacco disappearance. *Crop Sci.* 42(1): 248-254.
17. Nahm, K. H. 1992. Practical guide to feed, forage and water analysis. Yoohan Pub. 1-70.
18. Nam, C. H., K. S. Kim, M. H. Park, W. H. Kim, H. J. Ji, K. C. Choi, and S. S. Sun. 2018. Effects of Seeding and Organic Fertilizer Rates and Harvest time on Kenaf Yield and Feed Value. *J. Korean Soc. Grassl. Forage Sci.* 38(2): 91-98.
19. Oh, S. J., D. T. Mbiriri, C. H. Ryu, K. H. Lee, S. B. Cho, and N. J. Choi. 2018. In vitro and in vivo evaluation of kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) as a roughage source for beef cattle. *Asian-Austral. J. Animal Sci.* 31(10): 1598-1603.
20. Phillips, W. A., G. Q. Fitch, F. T. McCollum III, R. S. Adams, and G. Hartnell. 1999. Kenaf Dry Matter Production, Chemical Composition, and In Situ Disappearance When Harvested at Different Intervals. *Prof. Animal Sci.* 15(1): 34-39.
21. Phillips, W. A., R. R. Reuter, and M. A. Brown. 2002. Growth and performance of lambs fed finishing diet containing either alfalfa or kenaf as the roughage source. *Small Rumin. Res.* 46: 75-9.
22. Rural Development Administration. 2012. Standardization for research survey on agricultural science and technology. pp. 339-358. Korea.
23. Saheb, A. M., M. M. Hoque, M. N. Gani, and M. M. Islam. 2017. Variation in Inorganic Fertilizer Is an Important Regulator of Yield Potential in BJRI Mesta-3. *American J. Environ. Engin. Sci.* 4(6): 78-84.
24. SAS. 2016. Statistical Analysis System ver. 9.1. SAS Institute Inc. Cary, NC.
25. Swingle, R., A. Urias, J. Doyle, and R. Voigt. 1978. Chemical composition of kenaf forage and its digestability by lambs and in vitro. *J. Animal Sci.* 46: 1346-1350.
26. Taylor, C. S. 1992. Kenaf: annual fiber crop products generate a growing response from industry: new crops, new uses, and new markets. In: 1992 Yearbook of Agriculture. Office of Publishing and Visual Communication, USDA, Washington, DC, pp. 92-98 Part III.
27. Webber III, C. L. and V. K. Bledsoe. 2002. Plant maturity and kenaf yield components. *Ind. Crops Prod.* 16(2): 81-88
28. Webber III, C. L. 1993. Crude protein and yield components of six kenaf cultivars as affected by crop maturity. *Ind. Crops Prod.* 2: 27-31.