

## 볏짚 및 가공처리 왕겨의 급여가 한우의 사료섭취 및 반추행동에 미치는 영향

이왕식\* · 이병석\* · 이상철\* · 이상석\*\* · 이세영\*\* · 이덕윤\*\* · 하중규\*\*

농촌진흥청 축산연구소\*, 서울대학교 농생명공학부\*\*

## Effects of Rice Straw and Rice Hull Supplement on Ruminations and Chewing Behavior in Hanwoo Steers

W. S. Lee\*, B. S. Lee\*, S. C. Lee\*, Sang S. Lee\*\*, S. Y. Lee\*\*, D. Y. Lee\*\* and J. K. Ha\*\*

National Livestock Research Institute, RDA\*

School of Agricultural Biotechnology, Seoul National University\*\*

### ABSTRACT

Effects of low quality roughage sources on duration and frequencies of rumination and chewing in Hanwoo steers were determined. Animals were fed three diets; concentrate+rice straw(50:50), concentrate + rice straw + popped rice hull(50:35:15) and concentrate + rice straw+ground rice hull(50:35:15) to compare both rice straw alone and combination with rice hull. Eating and ruminating time of steers fed concentrate + rice straw(50:50), concentrate + rice straw + popped rice hull(50:35:15) and concentrate + rice straw + ground rice hull(50:35:15) were 78.8 and 338.4min/day; 98.0 and 362.5min/day, and 160 and 519.2min/day, respectively. When steers were fed popped rice hull and ground rice hull, time spent for both eating and ruminating was significantly increased( $p < 0.05$ ). When steers fed popped and ground rice hull, number of ruminating chews and number of chews per rumination time were significantly decreased( $p < 0.05$ ). The number of rumination boli and boli per rumination time had significantly decreased( $p < 0.05$ ), but chewing time per boli, number of chews per bolus were significantly increased( $p < 0.05$ ) in steers fed both types of rice hull.

In summary, when cattle were fed experimental diets substituted with popped or ground rice hull to rice straw, the rumination behaviors were increased, because popped or ground rice hull might physically stimulate rumen wall. Therefore, both the physically shape and size of roughage sources are important factors to induce rumination behavior.

(Key words : Rice straw, Rice hull, Hanwoo steers, Rumination and eating behavior)

### I. 서론

사료섭취 및 반추시 소요되는 시간 또는 저작횟수 등은 반추동물의 소화생리에 절대적인 영향을 미칠 뿐만 아니라 조사료의 물리화학적 특성을 나타내는 지표여서 그 동안 비교적 많은 연구가 이루어진 분야이다.

사료의 섭취시간은 조사료의 물리적 형태와 조사료의 급여 비율에 의해 영향을 받고(Bailey,

1959), 사료의 섭취속도는 조사료의 형태에 의해 영향을 받으며(Gill, 1969), 사료의 입자크기도 큰 영향이 있어서 입자가 작아질수록 사료의 섭취시간은 짧아진다고 보고되고 있다(Castle 등, 1979; Van 등, 2002).

여러 가지 크기로 절단한 사탕수수를 급여한 산양과 면양의 총 사료섭취 시간을 측정한 결과에 의하면 절단 크기가 클수록 사료섭취에 소요되는 시간이 길어지고(Van 등, 2002), 조사

Corresponding author : Wang-Shik. Lee, National Livestock Research Institute, RDA, #564 Omockchun-dong, Kwonsungu, Suwon-si, Kyunggi-do 441-350, Korea. E-mail : leews@rda.go.kr

료의 절단 길이가 감소할 수록 사료섭취에 소비하는 시간이 감소한다고 보고하였다(Castle 등, 1979). 또한 동일한 사료를 섭취하는 산양과 면양에서 사료섭취 시간과 횡수를 측정하고 결과 품종간에 차이가 있고, 일반적으로 선택 채식 습성 때문에 면양보다 산양이 더 천천히 사료를 섭취하였다(Morand-Fehr 등, 1991).

소의 사료섭취 및 반추행동에 대한 조사료 형태의 영향에 관하여 Susenbeth 등(1999)이 시험한 결과에 의하면 반추행동이 조사료 품질에 따라 영향을 받지 않았으나, 일반적으로 반추에 소요되는 시간은 섭취하는 사료의 종류에 따른 변이가 적기 때문에 소의 반추행동을 대표할 수 있다.

국내에서 가장 많은 양으로 이용되는 조사료 원은 볏짚과 왕겨인데 이들 조사료 원의 성분이나 소화율 등 사료적 가치에 관한 연구는 비교적 많이 되어 있지만(Garrett 등, 1974; Han 등, 1983; 고 등, 1989), 이들이 한우의 반추 및 사료섭취행동에 미치는 상대적 효과에 관한 연구는 없다. 따라서 본 연구는 볏짚과 왕겨(분쇄 및 팽연화 처리)의 급여가 한우의 반추 및 사료섭취시간과 횡수에 미치는 영향을 구명함으로써 조사료원으로서의 가치를 추정하고자 실시하였다.

험우사에서 사육되었으며, 시험사료는 농후사료 + 볏짚(50:50), 농후사료 + 볏짚 + 팽연왕겨(50:35:15)와 농후사료 + 볏짚 + 분쇄왕겨(50:35:15) 3처리 구였으며 실험을 3 × 3 라틴방각법으로 수행하였다. 시험에 공시된 한우는 각 시험 기간별로 3일 간의 예비시험과 7일 간의 시험사료 급여 시기로 나누어 시험을 수행하였으며, 시험사료 급여 4일째에 센서를 장착하고 7일째에 저작시험을 수행하였다. 시험사료는 체중의 2%를 기준으로 상기와 같은 비율로 급여하였는데, 시험사료의 급여는 하루 급여량을 2회로 나누어 오전 9시와 오후 4시에 급여하였다. 시험에 공시된 왕겨는 분쇄와 팽연화 처리과정을 거친 것을 사용하였다. 분쇄왕겨는 소형왕겨 분쇄기 (Green star, Jeewon Machinery Co., LTD.)를 이용하여 60mesh로 분쇄하였으며, 팽연화처리 과정은 왕겨를 고속회전 스크류에 수분을 가하면서 통과시켜 압축과 마찰되는 과정에서 160~200℃의 마찰열을 받게 되고, 증발립 현상과 공기 중으로 방출될 때 압력의 하강으로 체적이 증가되도록 제조한 것을 이용하였다. 시험에 사용된 볏짚은 5~10cm로 절단하여 시험에 사용하였으며, 시험사료의 영양소 함량은 Table 1에 나타내었다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 공시동물 및 시험사료

본 시험에 사용된 공시동물은 평균체중 550±30kg인 반추위 누관이 장착된 거세한우 3두이었다. 시험축은 개체사육을 할 수 있는 시

### 2. 저작 및 반추 횡수와 빈도 측정

총 저작횡수와 저작시간, 반추횡수와 반추시간을 조사하기 위하여 공시동물의 턱주위에 transducer와 pen recorder가 장착된 센서를 부착하여 24시간 주기로 기록하였다(Law와 Sudweeks, 1975; Brewer 등, 1977). 시험축의 부담을 줄이기 위하여 측정 3일전에 센서를 부착하

Table 1. Chemical composition of experimental diets(%)

Items	Rice straw	Popped rice hull	Ground rice hull	Concentrate
Moisture	14.21	9.72	9.80	13.83
Crude protein	4.63( 5.40)*	3.65( 4.04)	3.60( 3.99)	13.28(15.41)
Crude fat	1.45( 1.69)	0.75( 0.83)	0.74( 0.82)	3.04( 3.53)
Crude fiber	27.91(32.53)	36.50(40.43)	38.90(43.13)	5.86( 6.80)
Crude ash	11.25(13.11)	18.52(20.51)	18.90(20.95)	5.05( 5.86)

\*원물기준(건물기준)

여 적응시킨 후, 사료섭취 및 반추행동을 조사하였다(Fig. 1). 턱의 움직임의 강도와 횟수는 압력센서에 의하여 감지가 된 후 transducer에 의해 변환되어 일정한 속도(80mm/min)로 기록지가 이동되는 pen recorder에 의해 특정한 파형으로 기록되는데 기록된 자료는 반추와 사료섭취 패턴이 다르게 나타나기 때문에 특정 패턴이 나타나는 기록지에서의 이동 범위를 반추 및 사료섭취 시간으로 환산하였다. 그리고 반추가 일어나는 동안 식피의 토출 및 재연하 횟수로부터 식피수를 측정하였다. 식피당 저작시간은 식피의 토출 후 재연하까지의 기록지의 이동 거리를 시간으로 환산하였고, 기록된 파형의 수를 세어 저작횟수로 결정하였다.

### 3. 통계분석

시험에서 얻어진 자료는 SAS package(2000)의 GLM procedure에 의하여 분석하였으며, Orthogonal contrast 기법 및 LSD 검정법에 의하여 처리구간의 유의성 분석을 하였다.

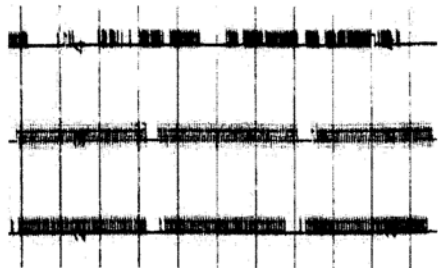


Fig. 1. Eating and ruminating patterns in Hanwoo steers measured by transducer and pen recorder.

### III. 결과 및 고찰

농후사료 + 볏짚(50:50), 농후사료 + 볏짚 + 팽연왕겨(50:35:15)와 농후사료 + 볏짚 + 분쇄왕겨(50:35:15)를 섭취한 소의 사료섭취 및 반추시간은 Table 2에서 보는 바와 같다. 하루 중 총사료섭취에 소비한 시간은 처리구별로 각각 80.5, 102.7과 165.0 min/d이었고, 반추에 소비한 시간

은 각각 342.8, 370.8 및 369.7 min/d로서 볏짚의 30%를 팽연왕겨와 분쇄왕겨로 대체하여 급여하였을 때에 소의 사료섭취 및 반추에 소비한 시간이 유의하게 증가하였다( $p < 0.05$ ). 이것은 볏짚에 비하여 팽연왕겨와 분쇄왕겨가 갖고 있는 물리적 특성 때문에 사료섭취 및 반추시간의 저작이 천천히 그리고 길게 이루어지고 있음을 나타낸다. 조사료원으로 왕겨를 급여하면서 소의 반추활동을 조사한 연구는 매우 적다. 다만 White와 Reynolds(1969)가 다양한 수준의 볏짚, 왕겨를 소에게 급여하는 비교시험에서 왕겨의 이용성을 높이기 위하여 분쇄하거나 암모니아를 처리한 왕겨의 경우에 소화율의 증가는 적었으나, 물리적인 효과는 개선되었다고 보고한 바 있다. 비록 왕겨를 분쇄하면 왕겨의 matrix를 깨고 있는 silica나 lignin층이 균열이 생기지만, 세포막 구성물질의 함량이 다른 조사료에 비해 월등히 높아(Garrett 등, 1974), 저작이 많이 요구되기 때문에 반추와 사료섭취시간이 볏짚에 비해 길어진 것으로 생각된다. 이 결과는 국내에서 사용되고 있는 왕겨의 NDF 함량은 76 ~ 78%이고 ADF 함량은 64 ~ 67% 수준으로서 볏짚보다 높는데, 조사료의 NDF, ADF가 높은 경우에 저작 및 반추시간을 유의하게 증가시켰다는 연구결과(Allen, 1997)와도 일치하였다. 그러나 같은 종류의 조사료를 가지고 입자도를 달리하였을 때의 결과에서는 입자도가 감소하면 저작시간이 감소하였다고 보고되고 있다(Jorgensen 등, 1978; Sudweeks 등, 1979; Shaver 등, 1984; Mertens, 1997).

왕겨의 분쇄가 사료의 소화율에 미치는 효과에 대하여서는 서로 다른 결과들을 보여주고 있으며, 저작 등에 미치는 효과에 대하여서 기존 문헌이 적어 정확한 비교가 어렵지만, 왕겨를 분쇄하여 입자도를 작게하면 통왕겨보다 소화관의 통과속도가 증가되어 소화율이 저하될 수도 있고, 다른 한편으로는 분쇄에 의하여 입자의 표면적이 증가하여 반추위내 미생물의 작용을 받을 수 있는 면적이 증가될 것으로 생각되나 이에 대한 확실한 보고는 없다. White (1966)는 왕겨를 분쇄하여 급여하였을 때에 건조초보다 소화관내 통과 속도가 늦었으며, 왕겨

의 조사료로서의 가치는 왕겨의 영양소 함량보다는 왕겨가 갖는 물리적 성질, 즉 반추위내의 자극에 의한 효과라고 보고하고 있다(White와 Reynolds, 1969).

반추 행동이 일어나는 동안에 섭취되어졌던 사료가 토출되어지기 위해서는 토출되는 물질이 혀에 의하여 압축되어질 때에 입에 남아있을 정도로 충분히 섬유화되고 일정한 크기를 갖고 있어야 한다. 반면에 토출된 것 중 입자가 작은 고형물은 액체분획과 함께 즉시 재연하되거나 짧은 저작을 거쳐 재연하된다(Campion과 Leek, 1997). 볏짚의 30%를 팽연왕겨와 분쇄왕겨로 대체하였을 때 소의 반추시 저작횟수와 반추 분당 저작횟수는 Table 3에 있는 바와 같다. 반추시 저작횟수는 처리별로 각각 22,530, 19,080과 21,410회였고, 반추 분당 저작횟수는 65.7, 51.4와 57.9회로 팽연왕겨와 분쇄왕겨를 섭취하였을 경우에 1일 총 반추시 저작횟수와 반추 분당 저작횟수는 유의하게 감소되었다( $p < 0.05$ ).

Welch와 Smith(1970)는 반추행동과 섬유소의

함량과의 관계를 알아보기 위한 연구에서 절식된 면양과 소에 품질이 다른 긴 건초와 짚을 단일사료로 급여하면서 반추행동의 변화를 조사하였다. 이들의 연구에 따르면 사료 중 조성유 함량과 세포벽구성분(cell wall constituents; CWC) 섭취량이 반추행동과 밀접하게 관계가 있었다고 보고한 바 있다. 그러나 본 연구에서 사용한 왕겨의 섬유소 함량이 볏짚에 비해 높은데도 반추횟수가 적은 것은 왕겨의 입자가 볏짚에 비해 월등히 작기 때문인 것으로 보이며, 사료의 입자와 반추횟수의 관계에 대하여서는 여러 연구에서 보고된 바 있다(Castle 등, 1979; Suzuki 등, 1999). Chai 등(1984)은 반추시 적절한 크기의 사료입자는 식도와 입으로 식피의 형태로 토출되고, 고운 사료입자는 즉시 연하되고, 큰 입자의 사료는 재 저작되게 된다고 보고한 바 있어, 본 연구의 결과를 뒷받침하여 주고 있다.

Table 4는 농후사료 + 볏짚(50:50), 농후사료 + 볏짚 + 팽연왕겨(50:35:15)와 농후사료 + 볏짚 + 분쇄왕겨(50:35:15)를 섭취한 소의 반추 식피수,

Table 2. Eating and ruminating time of cattle given rice straw or rice hull

Items	Concentrate + Rice straw(50:50)	Concentrate +Rice straw + Popped rice hull(50:35:15)	Concentrate +Rice straw + Ground rice hull(50:35:15)
Time spent for eating(min/d)	80.5 <sup>a</sup> ± 1.08	102.7 <sup>b</sup> ± 3.72	165.0 <sup>c</sup> ± 2.89
Time spent for ruminating(min/d)	342.8 <sup>a</sup> ± 3.63	370.8 <sup>b</sup> ± 5.06	369.7 <sup>b</sup> ± 6.02
Total chewing time(min/d)	423.3 <sup>a</sup> ± 2.28	473.5 <sup>b</sup> ± 5.62	534.7 <sup>c</sup> ± 6.01
RVI(min/kg, DM)	72.4 <sup>c</sup> ± 0.39	93.5 <sup>b</sup> ± 1.12	105.3 <sup>a</sup> ± 1.19

\* Mean ± S.E.

\*\* <sup>abc</sup> Means in the same row with different superscripts are significantly different( $p < 0.05$ ).

\*\*\*RVI: Roughage value index

Table 3. Effects of rice straw and rice hull on the number of chews

Items	Concentrate + Rice straw(50:50)	Concentrate + Rice straw + Popped rice hull(50:35:15)	Concentrate + Rice straw + Ground rice hull(50:35:15)
No. of ruminating chews/day( $\times 10^2$ )	225.3 <sup>a</sup> ± 0.35	190.8 <sup>b</sup> ± 2.29	214.1 <sup>c</sup> ± 3.69
No. of chews/min, rumination	65.7 <sup>a</sup> ± 0.59	51.4 <sup>b</sup> ± 0.08	57.9 <sup>c</sup> ± 0.84

\* Mean ± S.E.

\*\* <sup>abc</sup> Means in the same row with different superscripts are significantly different( $p < 0.05$ ).

Table 4. Effects of rice straw and rice hull on rumination boli

Items	Concentrate + Rice straw(50:50)	Concentrate +Rice straw + Popped rice hull(50:35:15)	Concentrate +Rice straw + Ground rice hull(50:35:15)
Rumination boli(boli/d)	599.7 <sup>a</sup> ± 6.06	482.0 <sup>b</sup> ± 4.16	441.0 <sup>c</sup> ± 4.93
Chewing time/bolus(sec.)	34.3 <sup>a</sup> ± 0.15	46.2 <sup>b</sup> ± 0.22	50.3 <sup>c</sup> ± 0.28
No. of chews/bolus	37.6 <sup>a</sup> ± 0.35	39.6 <sup>b</sup> ± 0.14	48.6 <sup>c</sup> ± 0.72
Boli/min, Rumination	1.8 <sup>a</sup> ± 0.01	1.3 <sup>b</sup> ± 0.01	1.2 <sup>c</sup> ± 0.01

\*Mean ± S.E.

\*\*<sup>abc</sup> Means in the same row with different superscripts are significantly different(p<0.05).

식피당 저작시간, 식피당 저작횟수와 반추분당 식피수를 나타내었다. 반추시 연하되는 총 식피수와 반추 분당 식피수는 처리별로 각각 599.7과 1.75, 482.0과 1.30회, 그리고 441.0과 1.19회였다. 식피당 저작시간, 식피당 저작횟수는 처리별로 34.3초와 37.6회, 46.2초와 39.6회, 그리고 50.3초와 48.6회로 팽연왕겨와 분쇄왕겨를 섭취한 소의 경우에 반추식피수와 반추 분당 식피수는 유의하게 감소하였으나(p < 0.01), 식피당 저작시간과 식피당 저작횟수는 유의하게 증가하였다(p < 0.01). Gordon(1958)의 연구 결과에 의하면 세절된 건초를 면양에게 급여하는 경우에 반추시 분당 저작횟수는 75회라고 보고하고 있어, 본 시험의 결과인 51.4 ~ 65.7회에 비하여 반추 분당 저작횟수가 다소 높게 제시된 바 있으나 이는 축종이 다를 뿐만 아니라 사료의 종류 및 물리·화학적 특성이 다르기 때문인 것으로 보인다.

본 시험의 결과는 볏짚과 왕겨의 물리·화학적 특성을 잘 반영하고 있는데, 왕겨는 볏짚에 비해 입자도가 작은 반면, 세포벽 물질의 함량이 높는데, 이에 따라 왕겨 급여시 일어나는 반추식피수나 반추분당 식피수는 왕겨의 작은 입자도 때문에 적어질 수 밖에 없을 것이다. 또한 식피당 저작시간, 저작횟수는 왕겨가 볏짚보다 높았는데, 이는 왕겨의 세포조직이 볏짚보다 단단하나 입자도가 작아 식피수가 감소된 반면(Table 4), 총 반추시 저작시간이나 횟수가 높게(Table 3) 나타난 것으로 생각된다.

#### IV. 요 약

본 연구는 한우에 급여하는 저질 조사료 원이 반추시간 및 빈도, 저작시간 및 저작빈도에 미치는 효과를 알아보기 위해 실시하였다. 시험사료는 농후사료 + 볏짚(50:50), 농후사료 + 볏짚 + 팽연왕겨(50:35:15), 농후사료 + 볏짚 + 분쇄왕겨(50:35:15)를 사용하였다. 농후사료 + 볏짚(50:50), 농후사료 + 볏짚 + 팽연왕겨(50:35:15) 및 농후사료 + 볏짚 + 분쇄왕겨(50:35:15)를 섭취한 한우의 사료섭취 및 반추시간은 각각 78.8과 338.4, 98.0과 362.5, 그리고 160과 519.2min/d이었다. 볏짚의 30%를 팽연왕겨나 분쇄왕겨로 대체하였을 때 사료섭취 및 반추시간이 유의하게 증가하였으며(p < 0.05), 1일 반추시 총 저작횟수와 분당 저작횟수는 팽연왕겨와 분쇄왕겨를 급여하였을 때 유의하게 감소하였다(p < 0.05). 또한 1일 총 반추식피수와 반추분당 식피수도 팽연왕겨와 분쇄왕겨를 급여할 때에 감소되었지만, 식피당 저작시간과 저작횟수는 증가되었다(p < 0.05). 이러한 결과는 볏짚과는 다른 물리적 특성을 팽연왕겨와 분쇄왕겨가 갖고 있고, 왕겨의 조사료적인 가치는 왕겨가 갖고 있는 물리적인 유효성에 의하여 반추위가 자극된 결과에 의한 것으로 생각된다.

#### V. 인 용 문 헌

- Allen M. S. 1997. Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. J. Dairy Sci. 80:1447-1462.

2. Bailey, C. B. 1959. Rate of secretion of mixed saliva in the cow. Proc. Nutr. Soc. 18:1(Xiii).
  3. Brewer, B. A., Chapman, B. R. and Sniffen, C. J. 1977. Apparatus for measurement of ingestive behavior in dairy cattle. J. Dairy Sci. 60:985-988.
  4. Champion, D. P. and Leek, B. F. 1997. Investigation of a "fibre appetite" in sheep fed a "long fibre-free" diet. Applied Anim. Behavior Sci. 52: 79-86.
  5. Castle, M. E., Retter, W. C. and Watson, J. N. 1979. Silage and milk production: comparisons between three silages of different chop lengths. Grass Forage Sci. 34:293-301.
  6. Chai, K., Kennedy, P. M. and Milligan, L. P. 1984. Reduction in particle size during rumination in cattle. Canadian J. Anim. Sci. 64 (suppl.) : 339-340.
  7. Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F test. Biometric. 11: 1-42.
  8. Garrett, W. N., Walker, H. G., Kohler, G. O., Waiss, A. G., Jr., Graham, R. P., East, N. E. and Hart, M. R. 1974. Nutritive value of NaOH and NH<sub>3</sub> treated rice straw. J. Anim. Sci. 38:1342-1351.
  9. Gill, S. S., Conrad, H. R. and Hibbs, J. W. 1969. Relative rate of *in vitro* cellulose disappearance as a possible estimator of digestible dry matter intake. J. Dairy Sci. 52:1687-1690.
  10. Gordon, J. G. 1958. The effect of time of feeding upon rumination. J. Agric. Sci.(Camb.). 51:81-83.
  11. Jorgensen, N. A., Finner, M. F. and Marquardt, J. P. 1978. Effect of forages particle size on animal performance. Am. Soc. Agric. Eng. ASAE paper 78-1048.
  12. Law, S. E. and Sudweeks, E. M. 1975. Electronic transducer for rumination research. J. Anim. Sci. 41:213-218.
  13. Mertens, D. R. 1997. Creating a System for Meeting the Fiber Requirements of Dairy Cows. J Dairy Sci 80 : 1463-1481.
  14. Mowat, D. N. 1963. Factors affecting rumen capacity and the physical inhibition of feed intake. ph.D. dissertation, Cornell University, Ithaca, NY.
  15. SAS. 2000. SAS Software for pc. Release 8.01., Statistical Analysis Systems Institute. Inc. Cary, NC. USA.
  16. Shaver, R. D., Erdman, R. A. and Vandersall, J. H. 1984. Effect of silage pH on voluntary intake of corn silage. J. Dairy Sci. 67:2045-2049.
  17. Sudweeks, E. M., Law, S. E., Ely, L. O., McCullough, M. E. and Sika, L. R. 1979. Development and application of roughage value index system for formulating dairy rations. Univ. Georgia Coll. Agric. Exp. Stn. Res. Bull. 238, Athens.
  18. Susenbeth, A., Lang, G. U. and Mayer, R. 1999. The effect of the type of roughage on the pattern of the eating and rumination activity in cattle. S. Afr. J. Sci. 29 (ISRP). p. 32-33.
  19. Suzuki, T., Pan, J., Ueda, K. and Okubo, M. 1999. Effect of chewing during rumination on pattern of particle size reduction for different time after feeding in steer. S. Afr. J. Sci. 29(ISRP):44-45.
  20. Van Do Thi Thanh, Ingel Ledin and Nguyen Thi Mui. 2002. Feed intake and behaviour of kids and lambs fed sugar cane as the sole roughage with or without concentrate. Anim. Feed Sci. Techno. 100:79-91.
  21. Welch, J. G. and Smith, A. M. 1970. Forage quality and rumination time in cattle. J. Dairy Sci. 53:797-800.
  22. Welch, J. G. and Smith, A. M. 1971a. Physical stimulation of rumination activity. J. Anim. Sci. 33: 111-1123.
  23. Welch, J. G. and Smith, A. M. 1971b. Effect of beet pulp and citrus pulp on rumination activity. J. Anim. Sci. 33: 472-475.
  24. White, T. W. 1966. Utilization of ammoniated rice hull by beef cattle. J. Anim. Sci. 25:25-30.
  25. White, T. W. and Reynolds, W. L. 1969. Various sources and levels of roughage in steer rations. J. Anim. Sci. 28: 705-710.
  26. 고흥렬, 하종규, 최연호, 문양수, 한인규. 1989. 볏짚의 펠렛화 및 화학적 처리가 *in sacco* 분해율 및 반추위 성장에 미치는 영향. 한영사지 13: 150-155.
  27. 한인규, 최윤재, 유연선, 최창원, 배동호, 맹원재, 오대균. 1983. 볏짚 가공사료의 개발을 위한 연구. II. 면양에 대한 볏짚가공사료의 사료섭취량, 소화율 및 VFA 조성에 미치는 영향. 한축지 25: 175-180.
- (접수일자 : 2003. 10. 6. / 채택일자 : 2003. 12. 24.)