

농후사료와 조사료의 비율이 한우의 저작 및 반추시간과 빈도에 미치는 영향

이왕식* · 이병석* · 오영균* · 김경훈* · 강수원* · 이상석** · 하종규**

농촌진흥청 축산연구소*, 서울대학교 농생명공학부**

Effects of Concentrate to Roughage Ratios on Duration and Frequencies of Rumination and Chewing in Hanwoo Steers

W. S. Lee*, B. S. Lee*, Y. K. Oh*, K. H. Kim*, S. W. Kang*, Sang S. Lee** and J. K. Ha**

National Livestock Research Institute, RDA*

School of Agricultural Biotechnology, Seoul National University**

ABSTRACT

The effects of concentrate to roughage ratios on duration and frequencies of rumination and chewing in Hanwoo steers were determined. Five Hanwoo steers fitted with rumen fistula were used to evaluate the effects of concentrate to rice straw ratio on eating and ruminating behavior. Experimental diets were formulated with different concentrate to rice straw ratios(50 : 50, 60 : 40, 70 : 30, 80 : 20, 90 : 10).

When level of roughage feed was increased by 10, 20, 30, 40 to 50% of total dry matter of the diet, total chewing time was increased linearly from 286.99, 321.09, 390.29, 406.63 to 423.30 min/d, which was mainly due to increased ruminating time from 204.91 to 342.80 min/day. However, the level of roughage did not affect eating time. The number of chews per day for rumination and number of chews per rumination were significantly decreased($p < 0.05$) as roughage level was increased.

In summary, the duration and frequencies of rumination in Hanwoo increased with increased rice straw level.

(Key words : Rice straw, Concentrate to roughage ratio, Cattle, Rumination and eating behavior)

I. 서 론

반추동물에 있어서 사료섭취 및 반추시 턱의 운동을 측정하는 방법이 Balch(1958)에 의하여 개발된 이래, 여러가지 개선된 장치가 개발되어 사료섭취 및 반추행동을 보다 편리하게 측정할 수 있게 되었다(Young, 1966; Matsui와 Okubo, 1991). 이들 장치를 이용하여 시험된 결과에 의하면 소의 평균 사료 섭취 속도는 길이가 긴 건초, 70; 마른 목초, 83; 사일리지, 248; 청예 목초, 282(g/min)이었으며 (Bailey, 1959), 사료섭취 속도는 소에게 급여되는 조사료의 형태와 가공방법에 따라 변이가 있다고 보고하였

다(Gill 등, 1969; Campling과 Freer, 1966). 사료의 형태를 달리하여 급여할 경우에 면양의 경우 저작횟수는 38,000 ~ 39,000회이며(Gordon, 1958), 이는 Pearce(1965)가 보고한 6,300 ~ 36,700회에 비해 약간의 차이가 있으나, 이들의 연구결과를 종합하면 일일 평균 30,000회 정도 저작한다고 할 수 있다. Freer 등(1962)은 턱의 운동 횟수는 젖소가 일일 3.6 ~ 4.5kg의 사료를 섭취할 경우에 26,500회, 건초, 목건초 또는 농후사료를 8.2 ~ 10.9kg을 섭취할 경우에 각각 50,100, 36,100, 11,000회였다고 보고하였다. Sudweeks(1977)은 저작시간이 농후사료의 형태에 의해 영향을 받지 않았으나, 농후사료의 수

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

준이 증가되는 경우에 감소되고 저작이 증가함으로써 타액의 양이 증가하였으며(Bartley, 1976), 반추위의 완충능력은 타액의 분비에 기인하고 사료에 의해 크게 변화되었다고 하였다(Bailey, 1961; Bartley, 1976). 이와 같이 사료의 물리적 형태와 농후사료와 조사료의 비율은 사료의 섭취에 영향을 미치고 사료섭취 속도는 소에게 급여되는 조사료의 형태에 따라 영향을 받는다고 하였다.

또한 현재까지의 연구결과를 종합해보면, 저작이 많이 요구되는 섬유질 사료는 섭취속도가 느리다. Putnam 등(1967)은 분말이나 펠렛 형태의 사료를 조사료의 수준을 높이거나(89%) 낮게하여(25%) 급여하였을 때 가축의 사료 선택에 있어서 상당한 변이가 있었다고 보고하였다. 반면에 적절한 양의 조사료가 포함된 사료의 급여시험에서 Ilan 등(1973)은 중간정도의 조사료(40%)가 포함된 사료를 섭취한 어린 소는 사료섭취에 하루 중 26% 이상의 시간을 소비하며 음수에 5 ~ 19%의 시간을 소비하였다고 보고하였다. 저질조사료와 사일리지를 급여한 시험에서 사료를 섭취하는 동안에 사료종류에 따른 사료섭취 속도의 차이는 없었다(Suzuki 등, 1969).

하루에 1회 사료를 급여하였을 경우 면양은 하루에 9 ~ 18회의 반추를 하지만, 사료급여 횟수를 증가시켰을 때 12 ~ 35회 주기의 반추가 일어난다. 평균 반추주기는 1회 사료급여 시 14회이며, 급여횟수가 증가할 경우 18회 정도이다. 주기당 재저작되는 식피의 수도 역시 변이가 있으며 평균식피수는 1회 사료급여 시 31개, 다급시에는 25개 정도이다. 일일 반추하는데 소비하는 시간은 약 8 ~ 9시간으로 나타났으며, 반추시간은 사료급여 횟수의 변이에 의하여 영향을 받았다(Pearce, 1965; Weston과 Hogan, 1967; Welch와 Smith, 1968, 1969a, b).

Van 등(2002)은 산양과 면양에게 1 ~ 3cm 및 20cm 크기로 절단한 사탕수수를 급여한 후 총 사료섭취 시간을 측정한 결과에서는 절단 크기가 클수록 사료섭취에 소비하는 시간이 길었다고 보고하였다.

지금까지 국내에서 조사료 원으로 많이 이용하고 있는 볏짚의 섭취에 따른 사료섭취 및 반추행동에 관한 자료는 드물다. 따라서 본 연구는 볏짚과 농후사료의 급여 비율에 따른 한우의 저작 및 반추시간과 빈도에 미치는 영향을 구명하기 위하여 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시험동물 및 시험사료

농후사료와 볏짚의 급여 비율에 따른 사료섭취와 반추행동에 미치는 영향을 조사하기 위하여 반추위 누관이 장착된 평균체중 500 ± 30kg 한우 5마리를 이용하여 5 × 5라틴 방각법으로 시험을 수행하였다. 농후사료와 조사료의 비율은 50 : 50, 60 : 40, 70 : 30, 80 : 20과 90 : 10이었고, 공급한 볏짚은 5cm 정도로 절단하여 급여하였다. 시험축들은 개체별로 관리할 수 있는 스톨하우스에서 사육하였고, 물은 급수조를 이용하여 자유롭게 섭취할 수 있도록 하였다. 시험축에 급여한 사료의 영양소 함량은 Table 1에서 보는 바와 같다.

Table 1. Chemical composition of experimental diets
(Unit : % of dry matter)

Items	Rice straw	Concentrate
Moisture	14.21	13.83
Crude protein	4.63	13.28
Crude fat	1.45	3.04
Crude fiber	27.91	5.86
Crude ash	11.25	5.05

2. 저작 및 반추 횟수와 빈도 측정

총 저작횟수와 저작시간, 반추횟수와 반추시간을 조사하기 위하여 공시동물의 턱주위에 transducer와 pen recorder가 장착된 센서를 장착하여 24시간 주기로 기록하였다(Law와 Sudweeks, 1975; Brewer 등, 1977). 시험축의 부담을 줄이기 위하여 측정 3일전에 센서를 부착하여 적응시킨 후, 사료섭취 및 반추행동

을 조사하였다. 턱의 움직임의 강도와 횡수는 압력센서에 의하여 감지가 된 후 transducer에 의해 변환되어 pen recorder에 일정한 속도 (80mm/min)로 기록된다. 기록된 자료는 반추와 사료섭취 패턴이 다르게 나타나기 때문에 특정 패턴이 나타나는 기록지에서의 이동 범위를 반추 및 사료섭취 시간으로 환산하였다. 그리고 식피수는 반추하는 동안 일어나는 식피의 토출 및 재연하 횡수로부터 구하였다. 식피당 저작시간은 식피가 토출된 후 재연하될 때까지의 기록지의 이동 거리를 시간으로 환산하여 구하였고, 기록된 파형의 수를 계산하여 저작횡수로 하였다. 조사료 가치지수 (roughage value index, RVI)는 건물당 저작한 시간으로 계산(저작시간, 분/섭취한 사료건물, kg) 하였다(Balch, 1958).

3. 통계분석

시험에서 얻어진 자료는 SAS package(2000)의 GLM procedure에 의하여 분석하였고, 처리간의 유의성은 Duncan의 다중검정법(1955)으로 검정하였으며 신뢰구간은 95% 수준($p < 0.05$)이었다.

III. 결과 및 고찰

농후사료와 볏짚의 급여비율을 50 : 50, 60 : 40, 70 : 30, 80 : 20과 90 : 10으로 달리하였을 때에 한우의 사료섭취 및 반추시간은 Table 2와

같다. 총 저작시간은 반추동물의 사료섭취 시간과 반추시간의 합으로 계산하였다. 사료 내 조사료의 비율이 10%에서 50%로 증가할 때 총 저작시간은 286.99에서 423.30 min/d로 직선적으로 증가하였다. 이는 1일 반추시간이 204.91에서 342.80 min/d로 증가한 것에 기인한다. 조사료 가치지수(RVI)는 총 조사료의 비율이 증가함에 따라 증가하였으며, 이는 건물당 조사료의 비율이 증가함에 따라 총 저작시간이 증가한 것에 기인한다. 사료섭취 시간에 있어서 농후사료와 조사료의 비율에 따른 차이는 없었다. Woodford 등(1986)의 연구결과에서도 길이가 긴 알팔파 건초를 총사료의 28, 36, 45와 53%로 급여할 경우 조사료의 급여비율에 따른 사료섭취 시간은 차이가 없었다고 하였다. 그리고 Welch와 Smith(1970)는 세포벽구성분의 섭취량이 반추행동과 매우 높은 상관관계($r = 0.94$)를 갖는다고 보고하였으며, 반추시간이 총 저작시간의 증가에 70 ~ 80%를 기여한다고 하였다. 또한 Sudweeks(1977)는 농후사료의 급여 비율이 10, 40과 70%로 증가하는 경우에 저작 시간이 713, 490과 387분/일로 감소하였다고 보고하여 본 연구결과와 유사한 결과를 보여주었다.

위의 결과를 종합해 보면 저작시간은 사료 조성 특히 조사료의 급여 수준에 의하여 영향을 많이 받는 것으로 사료된다.

농후사료와 볏짚의 급여 비율(50 : 50, 60 : 40, 70 : 30, 80 : 20과 90 : 10)에 의한 한우의 일일 총 반추시 저작 횡수와 반추 분당 저작 횡수는

Table 2. Effects of concentrate to rice straw ratios on chewing time

Concentrate : Roughage ratios	Time spent eating(min/d)	Time spent ruminating(min/d)	Total chewing time(min/d.)	RVI (min/kg. DM)
50 : 50	80.50 ± 1.08	342.80 ^a ± 3.63	423.30 ^a ± 2.28	72.41 ^a ± 0.32
60 : 40	84.17 ± 2.21	322.46 ^b ± 3.84	406.63 ^b ± 2.40	69.99 ^b ± 0.34
70 : 30	80.17 ± 1.01	310.12 ^c ± 2.78	390.29 ^c ± 1.88	66.49 ^c ± 0.27
80 : 20	78.72 ± 7.30	242.37 ^d ± 3.84	321.09 ^d ± 3.59	55.27 ^d ± 1.05
90 : 10	82.08 ± 0.51	204.91 ^e ± 0.66	286.99 ^e ± 1.67	49.31 ^e ± 0.29

* Mean ± S.E.

** ^{abcde} Means in the same column with different superscripts are significantly different($p < 0.05$).

*** RVI : Roughage value index.

Table 3과 같다. 일일 반추 중 저작 횟수는 농후사료를 70% 이상 급여한 처리구에서 유의하게 감소하였고($p < 0.05$), 분당 저작횟수는 농후사료의 급여수준이 80% 이상인 경우에 유의하게 감소하였다($p < 0.05$). 이러한 결과는 일반적으로 조사료에 비하여 농후사료가 반추를 유도하는 능력이 적으며, 반추시 저작횟수가 유의하게 감소하였다고 보고한 Freer 등(1962)과 Sudweeks(1977)의 결과와도 일치한다. 본 연구의 결과에서 나타난 한우의 일일 반추시 저작횟수 12,779 ~ 22,531회와 반추 분당 저작횟수 62.36 ~ 67.27회는 Krzywane(1968)이 면양의 시험결과로 보고한 하루 중 반추시 총 저작횟수 23,000 ~ 44,000회에 비해 낮았으며, Gordon (1958)이 보고한 반추 분당 저작 횟수 75회에 비하여서도 낮았다. 그러나 육우의 경우 분당 저작 횟수는 42회이고(Johnstone-Wallace, 1953),

착유우는 분당 64회 저작을 한다는 연구결과(Hardison 등, 1956)를 볼 때 한우의 저작횟수와는 큰 차이가 없는 것으로 보인다.

Table 4에서 보는 바와 같이 반추시 총식피수는 조사료의 비율이 높을 수록 증가하였으며 ($p < 0.05$), 식피당 저작시간, 식피당 저작 횟수와 반추 분당 식피수는 처리간에 차이를 보였으나($p < 0.05$), 조사료와 농후사료 비율간에 일정한 경향을 보이지는 않았다. 이와 유사한 결과는 Looper 등(2001)에 의해서도 보고된 바 있는데, 섬유소의 급여수준과 물리적 형태가 반추 행동, 섬유소의 이용 효율 및 타액의 분비에 영향을 미쳤으나, 조사료를 잘게 분쇄하여 급여하는 경우에는 저작활동을 촉진하기에는 부적절하였으며(하루에 8시간에서 10시간 이하), 적절한 양의 타액의 분비가 이루어지지 않았다고 하였다. 본 연구의 결과에서 조사된 식피당 저작시간 34.30 ~ 46.18초와 식피당 평균 저작횟수 37.57 ~ 51.75회는 Gordon(1958)이 면양의 시험결과로 보고한 식피당 평균 저작시간인 49~54초와 식피당 평균 저작횟수 70회 보다는 다소 적었으나, Pearce(1965)가 보고한 결과를 보면 식피당 평균 저작횟수는 54 ~ 58회로서 본 연구결과와 큰 차이가 없었는데 이는 축종, 사료입자의 크기, 종류, 외부 환경조건 등에 의해 약간의 차이가 생기기 때문이라고 사료된다.

Table 3. Effects of concentrate to rice straw ratios on the number of chews

Concentrate : Roughage ratios	No. of ruminating chews/day($\times 10^3$)	No. of chews/min, Rumination
50 : 50	225.31 ^a \pm 0.35	65.73 ^{ab} \pm 0.59
60 : 40	216.93 ^a \pm 4.33	67.27 ^a \pm 1.54
70 : 30	202.15 ^b \pm 4.24	65.17 ^{ab} \pm 0.65
80 : 20	153.70 ^c \pm 3.48	63.46 ^{ab} \pm 0.54
90 : 10	127.79 ^d \pm 0.27	62.36 ^b \pm 0.08

*Mean \pm S.E.

**^{abcd} Means in the same column with different superscripts are significantly different($p < 0.05$).

Table 4. Effects of concentrate to rice straw ratios on rumination boli

Concentrate : Roughage ratios	No. of total boli	Chewing time/bolus (sec.)	No. of chews/bolus	Boli/min, Rumination period
50 : 50	599.67 ^a \pm 6.06	34.30 ^c \pm 0.15	37.57 ^d \pm 0.35	1.75 ^a \pm 0.01
60 : 40	419.00 ^b \pm 6.66	46.18 ^a \pm 0.75	51.75 ^a \pm 0.29	1.30 ^c \pm 0.02
70 : 30	419.00 ^b \pm 1.53	44.12 ^b \pm 0.51	47.53 ^b \pm 1.48	1.35 ^d \pm 0.01
80 : 20	340.33 ^c \pm 9.03	42.73 ^c \pm 0.94	45.20 ^b \pm 1.34	1.40 ^c \pm 0.01
90 : 10	308.33 ^d \pm 1.20	39.68 ^d \pm 0.19	41.46 ^c \pm 0.09	1.51 ^b \pm 0.01

*Mean \pm S.E.

**^{abcd} Means in the same column with different superscripts are significantly different($p < 0.05$).

IV. 요약

농후사료와 조사료의 비율이 한우의 반추행동, 저작시간 및 저작빈도에 미치는 효과를 조사하기 위하여, 반추위 누관이 장착되고, 턱 주위에 트랜스듀서가 설치된 한우 성우 5두를 공시하였다. 사료는 농후사료와 볏짚의 급여비율을 50:50, 60:40, 70:30, 80:20과 90:10으로 급여하면서 사료섭취와 반추행동의 변화를 조사하였다.

사료 중 조사료의 비율을 전체 건물량의 10, 20, 30, 40과 50%로 증가시켰을 때 일일 총 저작시간은 286.99분에서 423.30분/일로 직선적으로 증가하였는데, 이것은 반추시간이 204.91에서 342.80분/일로 증가한 것에 주로 기인하였다. 그러나 농후사료의 급여수준에 따른 사료섭취 시간의 차이는 없었으며, 일일 반추시 저작횟수와 반추당 저작횟수는 농후사료의 급여비율의 증가에 의하여 감소되었다.

V. 인용 문헌

- Bailey, C. B. 1959. Rate of secretion of mixed saliva in the cow. Proc. Nutr. Soc. 18:1(Xiii).
- Bailey, C. B. 1961. Saliva secretion and its relation to feeding in cattle. 3. The rate of secretion of mixed saliva in the cow during eating with an estimate of the magnitude of the total daily secretion of mixed saliva. Br. J. Nutr. 15:443.
- Balch, C. C. 1958. The observations of the act of eating in cattle. Brit. J. Nutr. 12:3330-3345.
- Bartley, E. E. 1976. Bovine saliva: production and function of buffers in ruminant physiology and metabolism. Weinberg, M. S. and A. L. Sheffer(eds.). Church and Dwight Co., Inc., New York.
- 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.
- Campling, R. C. and Freer, M. 1966. Factors affecting the voluntary intake of food by cows. Experiments with ground, pelleted roughages. Br. J. Nutr. 20:229-244.
- Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F test. Biometric. 11:1-42.
- Freer, M., Campling, R. C. and Balch, C. C. 1962. Factors affecting the voluntary intake of food by cows. 4. The behavior and reticular motility of cows receiving diets of hay, oat straw and oat straw with urea. Br. J. Nutr. 16:279-295.
- 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.
- Gordon, J. G. 1958. The effect of time of feeding upon rumination. J. Agric. Sci.(Camb.). 51:81-83.
- Hardison, W. S., Fisher, H. L., Graf, G. C. and Thompson, N. R. 1956. Some observations on the behavior of grazing lactating cows. J. Dairy Sci. 39:1735-1741.
- Ilan, D., Levy, D. and Holzer, Z. 1973. Behavior patterns of intensively fed male calves as affected by allowance and type of space, diethylstilboestrol implantation, and ration. Anim. Prod. 17:147-155.
- Johnstone-Wallace, D. B. 1953. Animal behaviour and grazing management. J. Roy. Agr. Soc. England. 114:11-20.
- Krzywanek, H. 1968. Ruminating behaviour of penned and grazing sheep. Nutr. Abstr. Rev. 38:462(2592).
- Law, S. E. and Sudweeks, E. M. 1975. Electronic transducer for rumination research. J. Anim. Sci. 41: 213-218.
- Looper, M. L., Stokes, S. R., Waldner, D. N. and Jordan, E. R. 2001. Managing milk composition: evaluating herd potential. New Mexico State University Extension Service. Guide D-104. p1-4.
- Matsui, K. and Okubo, T. 1991. A method for quantification of jaw movements suitable for use on free-ranging cattle. Appl. Anim. Behav. Sci. 32: 89-96.
- Pearce, G. R. 1965. Rumination in sheep: The investigation of some possible control mechanisms. Aust. J. Agri. Res. 16:837-853.
- Putnam, P. A., Lehmann, R. and Davis, R. E. 1967. Ration selection and feeding patterns of steers fed in drylot. J. Anim. Sci. 26:647-650.
- SAS. 2000. SAS Software for pc. Release 8.01., Statistical Analysis Systems Institute. Inc. Cary, NC. USA.
- Sudweeks, E. M. 1977. Chewing time, rumen fermentation and their relationships in steers as affected by diet composition. J. Anim. Sci. 44:694-701.
- Suzuki, S., Fujita, H. and Shinde, Y. 1969. Changes in the rate of eating a meal and the effect of the interval between meals on the rate at which cows eat roughages. Anim. Prod. 11:29-41.
- 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.
- Welch, J. G. and Smith A. M., 1968. Influence of

- fasting on rumination activity in sheep. *J. Anim. Sci.* 27:1734-1737.
25. Welch, J. G. and Smith, A. M. 1969a. Influence of forage quality on rumination time in sheep. *J. Anim. Sci.* 28:813-818.
26. Welch, J. G. and Smith, A. M. 1969b. Effect of varying amounts of forage intake on rumination. *J. Anim. Sci.* 28:827-830.
27. Welch, J. G. and Smith, A. M. 1970. Forage quality and rumination time in cattle. *J. Dairy Sci.* 53:797-800.
28. Weston, R. H. and Horgan, J. P. 1967. The digestion of chopped and ground roughages by sheep. 1. The movement of digesta through the stomach. *Aust. J. Agr. Res.* 18:789-801.
29. Woodford, J. A., Jorgensen, N. A. and Barrington, G. P. 1986. Impact of dietary fiber and physical form on performance of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 69:1035-1047.
30. Young, B. A. 1966. A simple method for the recording of jaw movement patterns. *J. Inst. Anim. Technic.* 17:20-21.
- (접수일자 : 2003. 10. 22. / 채택일자 : 2004. 1. 20.)