

新得畜試研究報告
Bull. Shintoku Anim.
Husb. Exp. Stn.

ISSN 0388-0044

北海道立新得畜産試験場研究報告

第 18 号

Bulletin
Hokkaido Prefectural Shintoku
Animal Husbandry Experiment Station

No. 18

平成 3 年 3 月

1991

北海道立新得畜産試験場

北海道上川郡新得町

Hokkaido Prefectural Shintoku
Animal Husbandry Experiment Station
Shintoku, Hokkaido, Japan

北海道立新得畜産試験場研究報告

第 18 号

目 次

| | |
|---|----|
| アバディーンアンガスならびにヘレフォードの直接検定における 140 日間と 112 日間の絶対ならびに相対成長速度の遺伝的パラメーターの推定 藤川 朗・田村 千秋 | 1 |
| 絶食・絶水期間中における群混合が肥育牛の血液性状に及ぼす影響 西邑 隆徳・森 清一・田村 千秋・裏 悦次 | 13 |
| 泌乳牛のトウモロコシサイレージ主体飼養時における濃厚飼料割合の違いと重曹添加が乳生産ルーメン内性状および消化率に及ぼす影響 中辻 浩喜・原 悟志・黒澤 弘道・森 清一・小倉 紀美 | 21 |
| 蒸煮解繊処理シラカンバのペレット処理または配合飼料との混合給与が牛における嗜好性に及ぼす効果 黒沢 弘道・小倉 紀美・原 悟志・大坂 郁夫・遠藤 展 | 31 |
| 冬期屋外肥育における濃厚飼料の給与量が産肉性に及ぼす影響 西邑 隆徳・佐藤 幸信・齊藤 利朗・田村 千秋・裏 悦次 | 37 |
| トウモロコシサイレージ主体混合飼料における粗飼料と濃厚飼料の比率並びに粗蛋白質含量が高泌乳牛の泌乳前期における飼料摂取量と乳生産に及ぼす影響 坂東 健・出岡謙太郎・原 悟志・森 清一・南橋 昭 | 47 |
| 牛体外受精においてカフェイン濃度およびヘパリン濃度が精子の侵入および受精に及ぼす効果 南橋 昭・山本 裕介・伊東 季春・工藤 卓二 | 59 |
| 飼料の TDN 含量がアバディーンアンガス去勢牛の増体および枝肉構成に及ぼす影響 佐藤 幸信・西邑 隆徳・齊藤 利朗・田村 千秋・裏 悦次 | 65 |
| 短報 泌乳牛のトウモロコシサイレージ主体飼養時における繊維質摂取不足と乳脂率の関係 中辻 浩喜・原 悟志・黒澤 弘道・小倉 紀美 | 73 |
| 場外学術雑誌掲載論文抄録 | 79 |

Bulletin
of the
Hokkaido Prefectural Shintoku
Animal Husbandry Experiment Station

No. 18

Contents

Originals

- Genetic Parameter Estimates of Absolute and Relative Growth Rate for 140 and 112 Days
in a Bull Test of Aberdeen Angus and Hereford
Akira FUJIKAWA and Chiaki TAMURA 1
- Mixed pening and blood chemical findings in beef deprived of feed and water
Takanori NISIMURA, Kiyokazu MORI, Chiaki TAMURA and Etsuji URA 13
- Effects of Different Concentrate Ratios and Sodium Bicarbonate Supplementation on Milk
Production, Rumen Fermentation and Digestibility by Lactating Dairy Cows Fed Corn
Silage Based Rations
Hiroki NAKATSUJI, Satoshi HARA, Hiromichi KUROSAWA, Kiyokazu MORI
and Noriyoshi OGURA 21
- Effect of Pelleting or Mixed Feeding with Formula Feed on the Palatability of Steamed
and Fiberized Birch by Cows
Hiromichi KUROSAWA, Noriyoshi OGURA, Satoshi HARA, Ikuo OSAKA
and Hiromu ENDO 31
- Effects of the Level of Concentrate in the Outdoor Winter Fattening Period on Cattle
Performance and Meat Quality
Takanori NISIMURA, Yukinobu SATO, Tosiro SAITO, Chiaki TAMURA
and Etsuji URA 37
- Influence of Forage-Concentrate Ratio and Protein Percent of Corn Silage-Based Total
Mixed Rations on Feed Intake and Milk Production of High Producing Dairy Cows in
Early Lactation
Takeshi BANDO, Kentaro DEOKA, Satoshi HARA, Kiyokazu MORI and
Akira MINAMHASHI 47

Effects of Caffeine and Heparin Concentrations on in vitro Fertilization of Bovine Oocytes
Matured in vitro
Akira MINAMIHASHI, Yusuke YAMAMOTO, Sueharu ITO and Takuji KUDO 59

Effects of Dietary TDN Content on Growth and Carcass Composition of Aberdeen Angus
Steers
Yukinobu SATO, Takanori NISIMURA, Toshiro SAITO, Chiaki TAMURA
and Etsuji URA 65

Short Report

Relationship between Insufficient Fiber Intake and Milk Fat Percentage by Lactating Dairy
Cows Fed Corn Silage Based Ration
Hiroki NAKATSUJI, Satoshi HARA, Hiromichi KUROSAWA
and Noriyoshi OGURA 73

Others

Summaries of the papers by the staff appearing on other scientific journals 79

Genetic Parameter Estimates of Absolute and Relative Growth Rate for 140 and 112 Days in a Bull Test of Aberdeen Angus and Hereford

Akira FUJIKAWA and Chiaki TAMURA

Genetic parameter of absolute and relative growth rate (AGR and RGR) for 140 d and 112 d were estimated in a bull test of Aberdeen Angus and Hereford. Bull test data from the Hokkaido Prefectural Shintoku Animal Husbandry Experiment Station representing 10 yr, 267 bulls and 39 sires were used in this study. AGR and RGR for the different lengths of the test—AGR1 and RGR1 for the first 112 d, AGR2 and RGR2 for the last 112 d and AGR3 and RGR3 for the entire 140 d—were analyzed by a mixed model least-squares procedure. Means were 1.29 kg/d, 1.34 kg/d and 1.31 kg/d for AGR1, AGR2 and AGR3, respectively; and 0.357%/d, 0.338%/d and 0.348%/d for RGR1, RGR2 and RGR3, respectively. Estimates of heritability were 0.70, 0.53 and 0.70 for AGR1, AGR2 and AGR3, respectively; and 0.75, 0.33 and 0.75 for RGR1, RGR2 and RGR3, respectively. Phenotypic correlations among AGR1, AGR2 and AGR3 and those among RGR1, RGR2 and RGR3 were high. Genetic correlations for AGR1 with RGR1, AGR2 with RGR2 and AGR3 with RGR3 were 0.71, 0.65 and 0.68, respectively. Genetic coefficients of variation for AGR3 and RGR3 were 8.5% and 8.6%, respectively. These results indicate a possibility of improvement for Aberdeen Angus and Hereford by individual selection on tested bulls and shortening of the test period.

Number of Aberdeen Angus (Angus) and Hereford cows in Hokkaido has been increasing more rapidly in recent years. In most purebred herds of both the breeds, natural service program is adopted in their breeding management. Herd bulls with superior genetic potential for growth traits, therefore, are important for improvement of the Angus and the Hereford. Bull tests of both the breeds in Hokkaido have been conducted in the Tokachi National Livestock Breeding Station and the Hokkaido Prefectural Shintoku Animal Husbandry Experiment Station since 1970's. The superior bulls have been selected by a score

based on their performance on test in every year, but the score have not necessarily related to genetic properties of growth traits.

Length of the bull test is 140 d in both the stations as in the central bull test stations in the U.S.A. and Canada, but 112 d in Japanese Black since 1974¹⁴⁾. Shortening of the test length to 112 d has a possibility to reduce cost for the test and alleviate problems such as excessive fatness⁹⁾, hence it is required to establish the relationship between 140-d and 112-d bull performance.

Researchers have studied the relationship among absolute growth rate (AGR), relative growth rate (RGR) and the shape of the growth curve in beef cattle^{2,5,9,20)}. The effectiveness of RGR as a selection criterion, however, has

Key Words : Growth Rate, Test Lengths, Genetic Parameters

been still controversial. Estimation of the genetic parameters of AGR and RGR, therefore, should provide information to establish more successful bull test program for beef cattle.

In this paper, we describe the genetic Parameters of AGR and RGR for 140 d and 112 d in a bull test of Angus and Hereford.

Materials and Methods

Performance records were collected from 1980 to 1989 at the bull test in the Shintoku Animal Husbandry Experiment Station. Records of 267 Angus and Hereford bull progeny representing 39 sires were available for this study. Table 1 shows number of bulls and

Table 1. Number of bulls and sires by breed.

| Breed | Bull | Sire |
|----------------|------|------|
| Aberdeen Angus | 141 | 20 |
| Hereford | 126 | 19 |
| Total | 267 | 39 |

sires by breed. The bulls were brought into the station between six and seven months of age before 20-d warm up period. The actual test was 140 d in duration. The test starts in either October and November. In 1980 and 1981, the bulls were fed individually; but from 1982 to 1989, the bulls were fed in groups of five or eight bulls. The bulls were given grain mixture and alfalfa meal daily at rate of 1.3% and 0.7% of body weight, respectively; and they had free access to long hay and water. Body weights were measured at 14-d intervals, and then the supply levels of grain mixture and alfalfa meal were determined by the weights. The average of weights taken on three consecutive days were used as the weight at the start and the end of the test.

The three different lengths of the test were defined as follows: 1) the first 112 d of the test period (0-112 d), 2) the last 112 d of the test period (28-140 d) and 3) the entire test period (0-140 d). For each test length,

AGR and RGR were calculated as follows⁵⁾,

$$\text{AGR} = (W_2 - W_1) / (t_2 - t_1)$$

$$\text{RGR} = (\ln W_2 - \ln W_1) / (t_2 - t_1)$$

where W_2 and W_1 were the weights of bull at the end and the start of the test length, respectively; and t_2 and t_1 were the age in days of the bull at the end and the start of the test length, respectively. RGR is reported as percentage/d. AGR and RGR are denoted as AGR1 and RGR1 for the length 1, respectively, AGR2 and RGR2 for the length 2, respectively, and AGR3 and RGR3 for the length 3, respectively, in this paper.

The data were analysed by a mixed model least-squares procedure with variance and covariance estimated by method 3 of Henderson.⁷⁾ Calculations were made using the LSMLMW program described by Harvey⁶⁾. We used the following mathematical model.

$$G_{ijklm} = \mu + Y_i + M_j + YM_{ij} + B_k + S(B)_{lk} + bA_{ijklm} + e_{ijklm}$$

where;

G_{ijklm} : observation on the each bull for that trait

μ : population mean for that trait

Y_i : fixed effect of the i th year of the test

M_j : fixed effect of the j th initial month

YM_{ij} : the interaction of i th year of the test and j th initial month

B_k : fixed effect of the k th breed

$S(B)_{lk}$: a random effect associated with the additive effect of the l th sire within the k th breed ($\sim N(0, \sigma_s^2)$)

b : the partial regression coefficient of Y_{ijklm} on A_{ijklm}

A_{ijklm} : the deviation in initial age of each bull from the arithmetic mean of initial age

e_{ijklm} : random residual effect associated with the observation on the each bull

($\sim N(0, \sigma_e^2)$)

In preliminary analyses, two-way interactions involving year of the test, initial month and

breed were included in the above model. The interaction of year of the test x breed and initial month x breed were not statistically significant, hence we excluded these interactions in subsequent analyses.

Body weight, AGR and RGR measured at 28-d intervals were analysed by the same model; and the changes in these traits during the test were examined for the two breeds. Furthermore, we used the model with regression of AGR on initial weight, instead of initial age, to examine the effects of initial weight on AGR for 28-d intervals and the three lengths. Pre-test AGR, (initial weight-birth weight)/initial age, and AGR for 28-d intervals and the three lengths were also analyzed by the model without covariate, and the relationship between pre-test AGR and on-test AGR was examined. The weights of the bulls at 56d and 84d in 1981 were missing. The data in 1981 hence were excluded in the analyses for these traits, and the data from 254 bulls were analysed as a result.

Comparisons between direct and indirect responses to selection, assuming individual selection for AGR and RGR, were done by the expression $[(r_g)(h_x)] / (h_y)$, where h_x and h_y are the square roots of heritability for the traits involved in the direct and indirect selection, respectively; and r_g is the genetic correlation coefficient between the two traits.¹⁸⁾

Results

Mean age at the start of the test was 253.7 ± 17.8 d. Fig. 1 shows the change in least-squares means for body weight during the test by breed. The body weight increased linearly for both the breeds. The Angus bulls had heavier weights during the test than the Hereford bulls. The weights at the start of the test were 298.3 ± 4.3 kg and 290.7 ± 4.3 kg for the Angus and Hereford bulls, respectively; and the weights at the end of the test were

480.4 ± 5.6 kg and 473.5 ± 5.6 kg for the Angus and Hereford bulls, respectively.

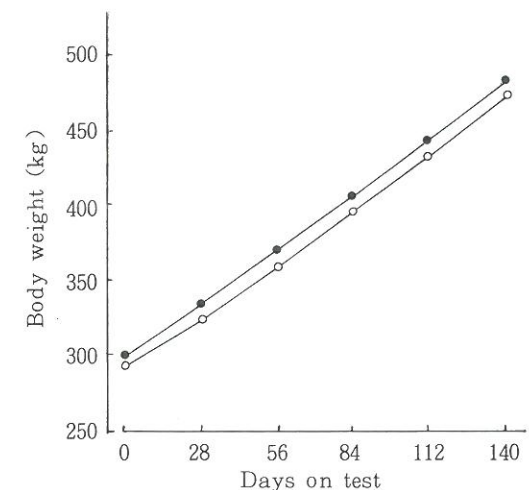


Fig. 1. The change in least-squares means for body weight during the test by breed.

• : Aberdeen Angus ○ : Hereford

Fig. 2 shows the change in least-squares means for AGR for 28-d intervals during the test by breed. AGR increased during the test for both the breeds. AGR for the Angus bulls had little change before 84 d, but increased rapidly after 84 d. AGR for the Hereford bulls, however, increased linearly during the test. The Angus bulls had higher AGR before 56 d than the Hereford bulls, but after 56 d

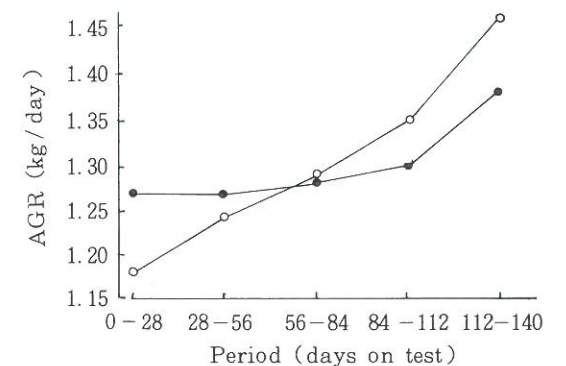


Fig. 2. The change in least-squares means for AGR for 28-d intervals during the test by breed.

• : Aberdeen Angus ○ : Hereford

the Hereford bulls had higher AGR than the Angus bulls. AGR for 0-28 d were 1.27 ± 0.02 kg/d and 1.18 ± 0.03 kg/d for the Angus and Hereford bulls, respectively; and AGR for 112-140 d were 1.38 ± 0.03 kg/d and 1.46 ± 0.03 kg/d for the Angus and Hereford bulls, respectively.

Fig. 3 shows the change in least-squares means for RGR for 28-d intervals during the test by breed. RGR decreased consistently during the test for both the breeds. The Angus bulls had higher RGR before 28 d than the Hereford bulls, but after 28 d the Hereford bulls had higher RGR than the Angus bulls. RGR for 0-28 d were 0.403 ± 0.009 %/d and 0.386 ± 0.009 %/d for the Angus and Hereford bulls, respectively; and RGR for 112-140 d were 0.301 ± 0.007 %/d and 0.327 ± 0.007 %/d for the Angus and Hereford bulls, respectively.

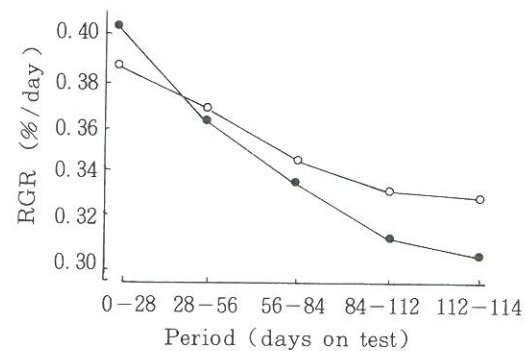


Fig. 3. The change in least-squares means for RGR for 28-d intervals during the test by breed.
●: Aberdeen Angus ○: Hereford

Means and standard deviations for AGR and RGR for the three lengths are listed in Table 2. The mean for AGR2 was higher than that for AGR1, and AGR3 had the value between AGR1 and AGR2. The mean for RGR1 was higher than that for RGR2, and RGR3 had the value between RGR1 and RGR2.

Table 3 shows partial regression coefficients of AGR for the different lengths on initial age and initial weight. The regression coeffi-

icients of AGR for the different lengths were positive except those of AGR for 56-84 d. Both the initial age and the initial weight had a significant effect on AGR for the first two 28-d intervals and the three lengths.

Table 2. Means and standard deviations of AGR and RGR for the three lengths of the test^{a)}.

| Trait ^{b)} | Mean | SD |
|---------------------|-------|-------|
| AGR 1 | 1.29 | 0.16 |
| AGR 2 | 1.34 | 0.16 |
| AGR 3 | 1.31 | 0.14 |
| RGR 1 | 0.357 | 0.040 |
| RGR 2 | 0.338 | 0.044 |
| RGR 3 | 0.348 | 0.037 |

a) The first 112 d of the test, the last 112 d of the test and the entire 140 d of the test correspond to the numbers, 1, 2 and 3, in the name of trait, respectively.
b) AGR: absolute growth rate (kg/d)
RGR: relative growth rate (%/d)

Table 3. Partial regression coefficients of AGR for the different lengths of the test on initial age and initial weight.

| Intervals for AGR | Partial regression coefficient on | |
|--------------------|-----------------------------------|------------------------|
| | Initial age (g/day) | Initial weight (g/kg) |
| 0-28 ^{a)} | $3.020^* \pm 1.276^c)$ | $1.412^* \pm 0.682$ |
| 28-56 | $2.828^* \pm 1.230$ | $2.077^{**} \pm 0.647$ |
| 56-84 | -0.611 ± 1.119 | -0.471 ± 0.595 |
| 85-112 | $3.459^{**} \pm 1.225$ | 1.258 ± 0.660 |
| 112-140 | 0.073 ± 1.389 | 0.198 ± 0.740 |
| 1 ^{b)} | $2.140^{**} \pm 0.626$ | $1.133^{**} \pm 0.336$ |
| 2 | $1.633^* \pm 0.671$ | $0.769^* \pm 0.361$ |
| 3 | $1.750^{**} \pm 0.588$ | $0.911^{**} \pm 0.316$ |

a) Days on test
b) The first 112 d of the test, the last 112 d of the test and the entire 140 d of the test correspond to the numbers, 1, 2 and 3, in the name of trait, respectively.
c) Standard error
* : $P < 0.05$, ** : $P < 0.01$

Mean for pre-test AGR was 1.00 ± 0.09 kg/d. Table 4 shows genetic, phenotypic and environmental correlations between pre-test AGR and AGR for the different lengths. All phenotypic correlations between pre-test AGR and AGR for the different lengths were low. Genetic and environmental correlations between pre-test AGR and AGR for 28-d intervals were inconsistent in both signs and absolute values, and those between pre-test AGR and AGR for the three lengths were positive, but low.

Table 5 shows Least-squares analysis of variance table on AGR and RGR for the three lengths. Breed had a significant effect on only RGR2. Sire within breed had a significant effect on all traits. Year of the test was also a significant source of variation for all traits with exception of AGR3. Initial month of the

Table 4. Genetic (r_g), phenotypic (r_p) and environmental (r_e) correlations between pre-test AGR and AGR for the different lengths of the test.

| Intervals for AGR | Correlation between pre-test and on-test AGR | | |
|--------------------|--|-------|-------|
| | r_g | r_p | r_e |
| 0-28 ^{a)} | $0.09 \pm 0.75^c)$ | 0.07 | 0.09 |
| 28-56 | -0.60 ± 0.37 | 0.06 | 0.82 |
| 56-84 | 1.36 ± 0.70 | 0.07 | -0.82 |
| 84-112 | 0.11 ± 0.40 | 0.00 | -0.12 |
| 112-140 | -0.18 ± 0.55 | -0.01 | 0.10 |
| 1 ^{b)} | 0.09 ± 0.32 | 0.09 | 0.10 |
| 2 | 0.13 ± 0.42 | 0.08 | 0.04 |
| 3 | 0.07 ± 0.33 | 0.07 | 0.08 |

a) Days on test
b) The first 112 d of the test, the last 112 d of the test and the entire 140 d of the test correspond to the numbers, 1, 2 and 3, in the name of trait, respectively.
c) Standard error

Table 5. Least-squares analysis of variance table on AGR and RGR for the three lengths of the test^{a)}.

| Source of Variation | d.f. | Mean square | | | | | |
|----------------------------------|------|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | AGR1 | AGR2 | AGR3 | RGR1 | RGR2 | RGR3 |
| Breed | 1 | 0.0144 | 0.0324 | 0.0006 | 0.0015 | 0.0125* | 0.0047 |
| Sire within Breed | 37 | 0.0349** | 0.0340** | 0.0307** | 0.0027** | 0.0019* | 0.0021** |
| Year of test | 9 | 0.0380* | 0.0445* | 0.0274 | 0.0036** | 0.0031* | 0.0032** |
| Initial Month | 1 | 0.0170 | 0.1093* | 0.0113 | 0.0005 | 0.0071* | 0.0003 |
| Year x Initial month | 9 | 0.0264 | 0.0340 | 0.0184 | 0.0026* | 0.0036** | 0.0020* |
| Linear regression on initial age | 1 | 0.1933** | 0.1125* | 0.1293** | 0.0124** | 0.0149** | 0.0151** |
| Residual | 208 | 0.0165 | 0.0190 | 0.0146 | 0.0012 | 0.0013 | 0.0010 |

a) The first 112 d of the test, the last 112 d of the test and the entire 140 d of the test correspond to the numbers, 1, 2 and 3, in the name of trait, respectively.

* : $P < 0.05$, ** : $P < 0.01$

test had a significant effect on AGR2 and RGR2. The interaction of the year of the test and the initial month had a significant effect on all RGR. The linear regression on initial age was a significant effect on all traits.

Estimates of heritability, phenotypic and genetic correlations for AGR and RGR for

the three lengths are shown in Table 6 and Table 7, respectively. The estimated heritabilities were high, and those for RGR1 and RGR3 were slightly higher than those for AGR1 and AGR3, respectively. The heritability for RGR2, however, was lower than that for AGR2. The estimates of genetic correlations

among AGR1, AGR2 and AGR3 and those among RGR1, RGR2 and RGR3 exceeded the theoretical limit of one. The phenotypic correlation estimates among AGR1, AGR2 and AGR3 and those among RGR1, RGR2 and

RGR3 were also high. AGR3 and RGR3 had higher phenotypic correlations with AGR1 and RGR1 than those with AGR2 and RGR2, respectively.

Table 6. Estimates of heritability, phenotypic and genetic correlations for AGR for the three lengths of the test^{a)}

| | AGR1 | AGR2 | AGR3 |
|------|---------------------------|-------------|-------------|
| AGR1 | 0.70 ± 0.25 ^{b)} | 1.09 ± 0.10 | 1.00 ± 0.02 |
| AGR2 | 0.70 | 0.53 ± 0.23 | 1.08 ± 0.05 |
| AGR3 | 0.90 | 0.87 | 0.70 ± 0.25 |

Estimates of heritability are on the diagonal, genetic correlations are above the diagonal, phenotypic correlations are below the diagonal.

a) The first 112 d of the test, the last 112 d of the test and the entire 140 d of the test correspond to the numbers, 1, 2 and 3, in the name of trait, respectively.

b) Standard error

Table 7. Estimates of heritability, phenotypic and genetic correlations for RGR for the three lengths of the test^{a)}

| | RGR1 | RGR2 | RGR3 |
|------|---------------------------|-------------|-------------|
| RGR1 | 0.75 ± 0.25 ^{b)} | 1.21 ± 0.20 | 1.00 ± 0.02 |
| RGR2 | 0.66 | 0.33 ± 0.22 | 1.18 ± 0.15 |
| RGR3 | 0.93 | 0.80 | 0.75 ± 0.25 |

Estimates of heritability are on the diagonal, genetic correlations are above the diagonal, phenotypic correlations are below the diagonal.

a) The first 112 d of the test, the last 112 d of the test and the entire 140 d of the test correspond to the numbers, 1, 2 and 3, in the name of trait, respectively.

b) Standard error

Table 8 shows estimates of genetic and phenotypic correlations between AGR and RGR within the same length. AGR had highly positive genetic correlations with RGR within the same length. AGR and RGR for the first 112 d had higher genetic correlation than those for the other test lengths. The phenotypic correlations between AGR and RGR within the same length were also positive and high.

Estimates of the indirect responses for RGR1, RGR2 and RGR3 by the direct selection for AGR1, AGR2 and AGR3, respectively, were 69%, 81% and 65% of the responses expected from the direct selection for RGR1, RGR2 and RGR3. Similarly, the indirect responses for AGR1, AGR2 and AGR3 by the direct selection for RGR1, RGR2 and RGR3, respectively, would yield 74%, 51%

and 70% of the responses expected from the direct selection for AGR1, AGR2 and AGR3.

Table 9 shows genetic, environmental and phenotypic variance and their coefficients of variation for AGR and RGR for the three lengths. The phenotypic coefficients of variation were similar to each other for all traits and they were in the range of about 10~11%. RGR1 and RGR3 had slightly higher genetic coefficients of variation than AGR1 and AGR3, respectively; but AGR2 had higher genetic coefficient of variation than RGR2.

Table 8. Estimates of genetic (r_g) and phenotypic (r_p) correlations between AGR and RGR within the same length of the test.

| Test length ^{a)} | Correlation between AGR and RGR | |
|---------------------------|---------------------------------|-------|
| | r_g | r_p |
| 1 | 0.71 ± 0.15 ^{b)} | 0.76 |
| 2 | 0.65 ± 0.24 | 0.78 |
| 3 | 0.68 ± 0.16 | 0.73 |

a) The first 112 d of the test, the last 112 d of the test and the entire 140 d of the test correspond to the numbers, 1, 2 and 3, in the name of trait, respectively.

b) Standard error

Table 9. Genetic, environmental and phenotypic variance and their coefficients for variation (CV) for AGR and RGR for the three lengths of the test^{a)}

| Trait | Genetic Variance | CV ^{b)} | Environmental Variance | CV | Phenotypic Variance | CV |
|-------|------------------|------------------|------------------------|-----|---------------------|------|
| AGR1 | 0.014095 | 9.2 | 0.005944 | 6.0 | 0.020039 | 11.0 |
| AGR2 | 0.011514 | 8.0 | 0.010335 | 7.6 | 0.021849 | 11.0 |
| AGR3 | 0.012377 | 8.5 | 0.005289 | 5.5 | 0.017666 | 10.1 |
| RGR1 | 0.001200 | 9.4 | 0.000373 | 5.4 | 0.001493 | 10.8 |
| RGR2 | 0.000469 | 6.4 | 0.000948 | 9.1 | 0.001417 | 11.1 |
| RGR3 | 0.000898 | 8.6 | 0.000300 | 5.0 | 0.001198 | 10.0 |

a) The first 112 d of the test, the last 112 d of the test and the entire 140 d of the test correspond to the numbers, 1, 2 and 3, in the name of trait, respectively.

b) Coefficients of variation expressed as percentage of the mean.

Discussion

The bulls grew more rapidly for the last 28 d than the first 28 d as shown in Fig. 2, hence AGR2 was higher than AGR1. This agrees Kock et al.¹⁰⁾ and Kemp⁹⁾. That is, Koch et al. reported that AGR for the first 112 d and the last 112 d were 0.92 kg/d and 1.02 kg/d, respectively; and Kemp reported those values to be 1.61 kg/d and 1.67 kg/d, respectively. AGR3 for the Angus and Hereford bulls in this study were in the range from 1.27 kg/d to 1.43 kg/d for Angus, and from 1.28 kg/d to

1.48 kg/d for Hereford reported by Brown et al.²⁾ and Chewing et al.³⁾, respectively.

Kemp⁹⁾ reported that RGR for the first 112 d, the last 112 d and the 140 d were 0.377%/d, 0.354%/d and 0.362%/d, respectively. These were higher than RGR1, RGR2, and RGR3 in this study, respectively. RGR3 was also lower than the values of 0.438%/d for Angus and 0.455%/d for Hereford reported by Brown et al.²⁾ Thiessen et al.¹⁶⁾ reported that RGR from 12 to 72 weeks of age declined continuously in an experiment on heifers from 25

breeds. As shown in Fig. 3, a similar trend to this result was observed for the Angus and Hereford bulls during the testing period.

Tong¹⁷⁾ found that the environmental correlation between pre-test AGR and on-test AGR was negative, ranging from -0.22 to -0.52 for six breeds. Hence, he concluded that compensatory growth was occurring with bulls from poorer pre-test environment tending to gain more on test. Simm and Smith¹⁵⁾, and Amal and Crow¹⁾ reported similarly that the compensatory growth occurred on test. In this study, the regression coefficients of AGR for the first two 28-d intervals and the three lengths on the initial weight were positive and significant. The environmental correlation of pre-test AGR with AGR for the first 28-d intervals and the three lengths were also positive, but low. Thus, we found no evidence that the compensatory growth occurred on test. One possible reason for the opposite results is that the bulls in other study had free access to grain mixture, but the bulls in this study were given grain mixture and alfalfa meal at a certain rate of body weight. Net energy requirement for maintenance and growth increases proportionally to metabolic body weight, not body weight. Therefore, we think that the heavier bulls at the start of the test were supplied larger net energy to metabolic body weight by grain mixture and alfalfa meal than the lighter ones as indicated for a bull test of Japanese Shorthorn by Nagamine et al.¹³⁾

Previous reports gave estimates of the heritability for AGR on test ranging from 0.12 to 0.50^{2, 4, 11, 14, 19)}. The estimates of heritability for the 112-d AGR on test were reported to be 0.19 by Koch et al.¹⁰⁾, and 0.33 by Amal and Crow¹⁾. The estimates of heritability for AGR for the three lengths in this study were higher than these literature estimates. Kemp⁹⁾ reported the estimates of heritability for the

first 112-d AGR and the last 112-d AGR to be 0.26 and 0.43, respectively; but the estimate of heritability for AGR1 was higher than that for AGR2 in this study. The estimate of heritability for RGR3 in this study was higher than the values of 0.22 and 0.20 for Angus and Hereford bulls, respectively, reported by Brown et al.²⁾ and 0.33 reported by Kemp.⁹⁾ Kemp also reported the heritabilities for the first 112-d RGR and the last 112-d RGR to be 0.31 and 0.52, respectively; but the estimate of heritability for RGR1 was higher than that for RGR2 in this study. These high estimates of heritability for growth rate in this study indicate a possibility that Angus and Hereford in Hokkaido can be improved by individual selection on tested bulls.

McPeake and Buchanan¹²⁾ reported correlation coefficient of 0.91 between the 112-d AGR and the 140-d AGR, and Hough et al.⁸⁾ reported this correlations to be 0.94. Moreover, Kemp⁹⁾ reported that both the correlations for the 140-d AGR with the first 112-d AGR and the last 112-d AGR were 0.96. He reported also that the correlations for the 140-d RGR with the first 112-d RGR and the last 112-d RGR were 0.97 and 0.91, respectively. The estimated phenotypic correlations for AGR3 with AGR1 and AGR2 and those for RGR3 with RGR1 and RGR2 in this study were slightly lower than the estimates found in these literature. The growth rate for the 140 d had higher correlations with the growth rate for the first 112 d than those with the growth rate for the last 112 d. These results indicate a possibility that the growth rate for the first 112 d can be used as an alternative measure of performance on test for the 140 d.

The phenotypic correlations for AGR3 with RGR3 was similar to the values of 0.80 and 0.68 for Angus and Hereford bulls, respectively, reported by Brown et al.²⁾ and 0.77 reported by Kemp⁹⁾. The phenotypic correla-

tions for AGR1 with RGR1 and AGR2 with RGR2 were similar to the values of 0.72 and 0.82 for correlations between AGR and RGR within the first 112 d and the last 112 d, respectively, reported by Kemp⁹⁾. The genetic correlations between AGR3 and RGR3 estimated in this study was lower than the value of 0.86 for Angus and Hereford bulls reported by Brown et al.²⁾, and was higher than the value of 0.38 reported by Kemp⁹⁾. The estimate of genetic correlation between AGR1 and RGR1 was higher than the value of 0.27 for the correlation within the first 112 d reported by Kemp⁹⁾, but the estimate of genetic correlation between AGR2 and RGR2 was lower than the value of 0.73 for the correlation within the last 112 d reported by Kemp⁹⁾.

Brown et al.²⁾ estimated the indirect responses for RGR by the direct selection for AGR were 110% of the responses expected from the direct selection for RGR for Angus and Hereford. They also indicated that the indirect responses for AGR by the direct selection for RGR were 67% as effective as the direct selection for AGR for both the breeds. However, Kemp⁹⁾ reported that the indirect response for RGR by the direct selection for AGR was 36% of the direct selection for RGR, and the indirect response for AGR by the direct selection for RGR was 41% of the direct selection for AGR. In this study, the relative selection responses by the indirect selection to the responses by the direct selection for both AGR and RGR were higher than those values reported by Kemp; but all the relative selection responses were lower than the value of 100%. The indirect selection for AGR and RGR thus have less efficiency than the direct selection in the selection response.

Genetic coefficient of variation indicate the possible magnitude of genetic change resulting from selection. The genetic coefficient of variation estimated for RGR3 in this study was

higher than the value of 7.9% for postweaning RGR in Red Angus reported by Winder et al.²⁰⁾ They also reported that the genetic coefficient of variation for postweaning gain and postweaning index restricting change in birth weight to zero were 9.0% and 13.7%, respectively. Hence, they concluded that RGR was a ineffective measure of growth for selection due to the small genetic coefficient of variation and restricted selection index was a effective mean of selection. However, we found no trend that RGR had lower the genetic coefficients of variation than AGR except RGR2.

Conclusion

The estimated high heritabilities for absolute and relative growth rate on test indicate a possibility that Angus and Hereford in Hokkaido can be improved by individual selection on tested bulls. A possibility of shortening of the test period to first 112 d is also indicated due to the high correlations between first 112-d and 140-d growth traits.

Acknowledgement

We would like to thank Professor Y. Sasaki of Kyoto University for revising this paper and Mr. I. Shoji for making available the bull test data for this study.

References

- 1) Amal, S. and G.H. Crow: Herd of origin effects on the performance of station-tested beef bulls. *Can. J. Anim. Sci.*, 67: 349-358. (1987).
- 2) Brown, A. H., Jr, Z. B. Johnson, J. J. Chewning and C. J. Brown: Relationships among absolute growth rate, relative growth rate and feed conversion during postweaning feedlot performance tests. *J. Anim. Sci.*, 66: 2524-2529. (1988).
- 3) Chewning, J. J., A. H. Brown, Jr., Z. B.

- Johnson and C.J. Brown : Breed means for average daily gain, feed conversion and intake of beef bulls during postweaning feedlot performance test. *J. Anim. Sci.*, **68** : 1500 - 1504. (1990).
- 4) de Rose, E.P., J.W. Wilton and L.R. Schaffer : Estimation of variance components for traits measured on station-tested beef bulls. *J. Anim. Sci.*, **66** : 626-634. (1988).
- 5) Fitzhugh, H.A., Jr. and St. C.S. Taylor : Genetic analysis of degree of maturity. *J. Anim. Sci.*, **43** : 717-725. (1971).
- 6) Harvey, W.R. : User's guide for LSMLMW. Ohio State University., Columbus. (1988).
- 7) Henderson, C.R. : Estimation of variance and covariance components. *Biometrics*, **9** : 226-252. (1953).
- 8) Hough, J.D., W.O. Herring and R.L. McGuire : Relationships between performance and sale price in centrally tested bulls. *J. Anim. Sci.*, **68** (Suppl.1) : 225. (1990).
- 9) Kemp, R. A. : Relationships among test length and absolute and relative growth rate in central bull tests. *J. Anim. Sci.*, **68** : 624-629. (1990).
- 10) Koch, R. M., L.V. Cundiff and K.E. Gregory : Influence of postweaning gain interval on estimates of heritability and genetic correlations. *J. Anim. Sci.*, **55** : 1310-1318. (1982).
- 11) Lamb, M. A., O.W. Robison and M.W. Tess : Genetic parameters for carcass traits in Hereford bulls. *J. Anim. Sci.*, **63** : 64-69. (1990).
- 12) McPeake, C. A. and D.S. Buchanan : A comparison of 140 day vs shorter test periods for evaluating average daily gain in beef bulls at central test stations. *J. Anim. Sci.*, **63** (Suppl. 1) : 209. (1986).
- 13) Nagamine, Y., T. Hayashi, H. Sato, A. Nishida and S. Komatsu : Improvement of feeding system in performance testing of Japanese Shorthorn Cattle. *Jpn. J. Zootech. Sci.*, **59** : 814-818. (1988).
- 14) Sasaki, Y., H. Iwaisaki, T. Masuno and S. Asoh : Interaction of sire \times length of testing period and estimation of genetic parameters for performance testing of Japanese Black bulls. *J. Anim. Sci.*, **55** : 771-779. (1982).
- 15) Simm, G. and C. Smith : Environmental effects on bull performance test results. *Anim. Prod.*, **41** : 177-185. (1985).
- 16) Thiessen, R. B., St. C. S. Taylor and J. Murray : Multibreed comparisons of british cattle. Variation in relative growth rate, relative food intake and food conversion efficiency. *Anim. Prod.*, **41** : 193-199. (1985).
- 17) Tong, A.K.W. : Effects of initial age and weight on test daily gains of station-tested bulls. *Can. J. Anim. Sci.*, **62** : 671-678. (1982).
- 18) Van Vleck, L. D., E. J. Pollak, E. A. Branford Oltenacu : Genetics for the animal sciences. pp 318-320. W.H. Freeman and Company, New York. (1987).
- 19) Wilton, J. W. and J. McWhir : Individual and Progeny measurements of growth in station and herd tests. *J. Anim. Sci.*, **61** : 107-112. (1985).
- 20) Winder, J. A., J.S. Brinks, R.M. Bourdon and B.L. Golden : Genetic analysis of absolute growth measurements, relative growth rate and restricted selection indices in Red Angus cattle. *J. Anim. Sci.*, **68** : 330-336. (1990).

アバディーンアンガスならびにヘレフォードの直接検定 における 140 日間と 112 日間の絶対ならびに 相対成長速度の遺伝的パラメーターの推定

藤川 朗・田村 千秋

アバディーンアンガスならびにヘレフォードの直接検定における 140 日間と 120 日間の絶対成長速度 (AGR) ならびに相対成長速度 (RGR) の遺伝的パラメーターを推定した。北海道立新得畜産試験場において 10 年間にわたって集積された 267 頭の雄牛 (種雄牛 39 頭の後代牛) のデータを材料として用いた。異なる検定期間における AGR と RGR - 1) 最初の 112 日間 (AGR1 と RGR1), 2) 最後の 112 日間 (AGR2 と RGR2) および 3) 140 日間 (AGR3 と RGR3) について最小二乗分散分析を行った。AGR1, AGR2 および AGR3 の平均値はそれぞれ 1.29 kg/日, 1.34 kg/日 および 1.31 kg/日であり, RGR1, RGR2 および RGR3 の平均値はそれぞれ 0.357%/日, 0.338%/日 および 0.348%/日であっ

た。遺伝率の推定値は AGR1, AGR2 および AGR3 についてそれぞれ 0.70, 0.53 および 0.70 であり, RGR1, RGR2 および RGR3 についてそれぞれ 0.75, 0.33 および 0.75 であった。AGR1, AGR2 および AGR3 の間と RGR1, RGR2 および RGR3 の間には高い表型相関が認められた。AGR1 と RGR1, AGR2 と RGR2 および AGR3 と RGR3 との間の遺伝相関係数はそれぞれ 0.71, 0.65 および 0.68 であった。AGR3 と RGR3 の遺伝変動係数はそれぞれ 8.5% と 8.6% であった。アバディーンアンガスならびにヘレフォードは直接検定牛の個体選抜により改良されることが示唆された。また, 検定期間を短縮化する可能性が示唆された。

絶食・絶水期間中における群混合が 肥育牛の血液性状に及ぼす影響

西邑 隆徳・森 清一・田村 千秋・裏 悦次*

屠殺前の牛群混合時の肥育牛の生体内変化を把握するために、絶食・絶水条件下における、見知らぬ牛との混合が肥育牛の血液性状に及ぼす影響を調査した。ヘレフォードおよびアバディーンアンガス去勢牛8頭を供試しこれらを2群に分け、試験牛と接触したことがない雄牛を群内に混ぜる混合区と対照区とを設けた。両区とも試験開始時より24時間絶食・絶水を行い、この間の体重変化ならびに血液の生理的变化を経時的に調査した。

混合区では、試験牛と新しく群内に入れた雄牛との間で、激しい闘争行動がみられた。絶食・絶水24時間の体重減少割合は、混合区で4.4%、対照区で4.2%であった。

白血球数は、対照区では絶食・絶水期間中、ほぼ一定の値で推移したのに対して、混合区は上昇する傾向がみられ、絶食・絶水12時間後には12,600/mm³となり、対照区に比べて34%高く、両区間に有意な差(P<0.05)が認められた。好酸球数は絶食・絶水期間中、両区とも低下する傾向がみられた。絶食・絶水開始24時間後の好酸球数および好酸球比は、対照区でそれぞれ、407/mm³、1.8%であり、絶食・絶水期間中の好酸球数の減少割合は、対照区よりも混合区の方が大きい傾向が示された。CPKは、対照区では絶食・絶水期間中、ほとんど変化がみられなかったのに対して、混合区では急激な上昇がみられ、24時間後には開始直前の値の約3倍となった。

牛は屠殺前に24時間程度の絶食・絶水をさせるのが一般的である。これは、主に消化官内容物を減少させることにより、屠殺解体時に内容物の飛散による枝肉への細菌汚染をいくらか防止するためと、内臓の取扱および加工処理を容易にするためである⁴⁾。肥育牛の絶食期間中の血液の生理的变化についてはすでにCOLE and Hutcheson⁶⁾や小堤ら¹⁵⁾の報告があり、絶食が肉量、肉質に及ぼす影響についてはCARR et al.⁵⁾やRUMS and BOND¹⁶⁾の報告がある。

しかし、肥育牛は出荷から屠殺までの間に、集荷、輸送、屠畜場での繋留など、様々なストレスを受ける。また、集荷時および繋留中には他牧場の牛群と同一ペンに置かれることも珍らしくない。輸送、繋留、群混合などが肉量、肉質に及ぼす影響について研究するためには、絶食・絶水状態における牛にこれらのストレスが加わった時の血液の生理的变化を把握しておくことが必要と考えられる。

本試験では、肥育牛の絶食・絶水状態における群混合が血液の生理的变化に及ぼす影響について検討したので報告する。

材料と方法

供試牛は、北海道立新得畜産試験場で肥育されたヘレフォード去勢牛4頭およびアバディーンアンガス去勢牛4頭の計8頭で、平均月齢は27.6か月齢、平均体重は663kgであった。これらの供試牛は20か月齢から約7か月間、8頭一群で同一ペンで飼養した。給与飼料は、濃厚飼料を主体にトウモロコシサイレーズと乾草を朝と夕方の2回給与した。飼料の給与は試験開始前日の夕方まで行い、試験当日の朝は給与しなかった。

試験開始直前に採血と体重測定を行った。その後、供試牛を各品種2頭ずつ4頭の群に分け、供試牛と接したことがない牛と混合する混合区と、混合しない対照区とを設けた。両区とも敷料のないコンクリート床の肥育ペンに収容し、ペン内で牛は自由に行動できるようにした。

試験開始時に、混合区には、試験牛と接したことがない雄牛5頭(ヘレフォードおよびアバディーンアンガス)を同一ペン内に入れた。1頭当たりの床面積は、両群ともほぼ同じとなるようにした。両区とも試験開始から24時間、絶食・絶水させた。

採血および体重測定は、試験開始6時間後、12時間後および24時間後に行った。血液は頸静脈より採取し、

*現在 北海道立根釧農業試験場

表1に示した方法により臨床生化学的検査を行った。

Table 1. Methods of blood chemical analysis

| Item | Method |
|-------------------|---------------------------------------|
| Hematocrit (Ht) | Micro-hematocrit method |
| Red cell | } Microcell counter |
| Leucocyte | |
| Eosinophil | Fucks Rosental Heamocytometer |
| Total protein | Biuret method |
| BUN | Indophenol method |
| Glucose | } Enzyme method |
| Total cholesterol | |
| Free cholesterol | |
| Phospholipid | |
| L-lactic acid | } GPO-MEHA color-producing method |
| Triglyceride | |
| NEFA | ACS-ACOD method |
| GOT | Karmen method |
| LDH | Wroblewski-La Due method |
| CPK | GSCC comformable method |
| ALP | Kind-King method |
| Ca | } Atomic absorption Spectrophotometer |
| Mg | |
| P | Molybdenum blue direct method |
| K | Flame photometer |

結 果

混合区では、試験開始直後から、試験牛と新たに混合した雄牛との間で激しい闘争行動ならびに乗駕行動が観察された。乗駕行動は翌日の試験終了時まで見られた。また、夜間は、対照区の牛は横臥していることが多かったが、混合区の牛は佇立していることが多く観察された。

供試牛の体重を表2に示した。24時間の絶食・絶水期間中の体重減少割合は、対照区で4.2%、混合区で4.4%であった。

血液の臨床生化学的検査所見を表3、4に示した。ヘマトクリット値および赤血球数は、両区とも、絶食・絶水期間中に上昇する傾向がみられた。混合区では、絶食・絶水12時間後には12,600/mm³となり、対照区に比べて34%高く、両区間に有意な差が認められた。好酸球数は絶食・絶水期間中、両区とも低下する傾向がみられた。絶食・絶水開始24時間後の好酸球数および好酸球比は、対照区でそれぞれ、407/mm³、4.3%であったのに対して、混合区では213/mm³、1.8%であり、絶食・絶水期間中の好酸球数の減少割合は、対照区よ

Table 2. Body weight changes during deprivation

| | hour | Mixing ¹⁾ | Control ²⁾ |
|----------|------|----------------------|-----------------------|
| Prefast | 0 | 100* | 100 |
| Deprived | 6 | 98.3 | 98.3 |
| | 12 | 97.0 | 97.1 |
| | 24 | 95.6 | 95.8 |

* : As a percentage of prefast body weight
 1) Mixing stressed steers.
 2) Control steers.

りも混合区の方が大きい傾向にあった。

総蛋白および尿素窒素 (BUN) は、両区とも絶食・絶水12時間後まで上昇し、24時間後には若干低下する傾向を示した。血糖、トリグリセライド、リン脂質、

遊離型コレステロールおよび総コレステロールは、両区とも絶食・絶水期間中にほとんど変化がみられなかった。遊離脂肪酸は絶食・絶水期間中、両区とも顕著な上昇がみられた。

Table 3. Blood chemical findings of steers deprived of feed and water

| | Time after deprivation (hour) | | | |
|---|-------------------------------|-------------|-------------------------|-------------|
| | 0 | 6 | 12 | 24 |
| Hematocrit (%) | | | | |
| Mixing ¹⁾ | 34.0 ± 1.8 | 36.5 ± 2.5 | 38.9 ± 2.7 | 38.4 ± 2.2 |
| Control ²⁾ | 34.9 ± 3.6 | 36.0 ± 3.1 | 39.6 ± 3.5 | 40.9 ± 2.0 |
| Red cell (10 ⁴ /mm ³) | | | | |
| Mixing | 64.3 ± 6.4 | 68.5 ± 8.7 | 71.6 ± 5.9 | 72.4 ± 6.2 |
| Control | 65.0 ± 11.2 | 69.1 ± 12.3 | 72.1 ± 11.9 | 76.3 ± 13.6 |
| Leucocyte (10 ³ /mm ³) | | | | |
| Mixing | 9.8 ± 1.0 | 10.7 ± 0.6 | 12.6 ± 0.5 ^a | 11.6 ± 0.7 |
| Control | 9.4 ± 0.6 | 9.8 ± 0.8 | 9.4 ± 0.6 ^b | 9.4 ± 0.9 |
| Eosinophil (mm ⁻³) | | | | |
| Mixing | 494 ± 71 | 432 ± 94 | 341 ± 99 | 213 ± 77 |
| Control | 483 ± 112 | 471 ± 86 | 405 ± 36 | 407 ± 68 |
| Total protein (g/dl) | | | | |
| Mixing | 6.7 ± 0.4 | 7.0 ± 0.5 | 7.3 ± 0.8 | 7.0 ± 0.7 |
| Control | 6.9 ± 0.2 | 7.1 ± 0.2 | 7.5 ± 0.7 | 7.3 ± 0.6 |
| BUN (mg/dl) | | | | |
| Mixing | 14.6 ± 1.2 | 17.5 ± 1.6 | 19.9 ± 1.2 | 18.4 ± 2.5 |
| Control | 15.1 ± 1.3 | 18.0 ± 2.3 | 20.7 ± 2.4 | 18.7 ± 3.0 |
| Glucose (mg/dl) | | | | |
| Mixing | 69 ± 2 | 71 ± 5 | 77 ± 5 | 74 ± 2 |
| Control | 78 ± 3 | 71 ± 4 | 83 ± 9 | 71 ± 13 |
| NEFA (μeq/l) | | | | |
| Mixing | 147 ± 74 | 224 ± 66 | 394 ± 87 | 495 ± 117 |
| Control | 168 ± 61 | 258 ± 76 | 404 ± 103 | 649 ± 125 |
| Triglyceride (mg/dl) | | | | |
| Mixing | 14 ± 1 | 15 ± 3 | 14 ± 1 | 12 ± 3 |
| Control | 14 ± 3 | 12 ± 1 | 12 ± 2 | 14 ± 3 |
| Phospholipid (mg/dl) | | | | |
| Mixing | 143 ± 27 | 131 ± 23 | 135 ± 28 | 130 ± 35 |
| Control | 123 ± 22 | 121 ± 13 | 118 ± 17 | 129 ± 16 |
| Free cholesterol (mg/dl) | | | | |
| Mixing | 27 ± 6 | 25 ± 5 | 27 ± 7 | 25 ± 7 |
| Control | 21 ± 5 | 22 ± 2 | 22 ± 3 | 24 ± 4 |
| Total cholesterol (mg/dl) | | | | |
| Mixing | 140 ± 30 | 128 ± 21 | 145 ± 33 | 130 ± 32 |
| Control | 116 ± 23 | 117 ± 11 | 119 ± 16 | 127 ± 21 |

Values are mean ± standard deviations of 4 observations, and values having different superscripts are significantly different at 5% level.

1) Mixing stressed steers.
 2) Control steers.

Table 4. Blood chemical findings of steers deprived of feed and water

| | Time after deprivation (hour) | | | |
|-----------------------|-------------------------------|------------|------------|------------|
| | 0 | 6 | 12 | 24 |
| CPK (IU/l) | | | | |
| Mixing ¹⁾ | 98 ± 11 | 115 ± 28 | 221 ± 48 | 300 ± 89 |
| Control ²⁾ | 141 ± 58 | 122 ± 28 | 164 ± 38 | 168 ± 49 |
| GOT (IU/l) | | | | |
| Mixing | 59 ± 6 | 61 ± 7 | 65 ± 4 | 64 ± 6 |
| Control | 65 ± 5 | 69 ± 6 | 73 ± 3 | 82 ± 12 |
| ALP (IU/l) | | | | |
| Mixing | 9.6 ± 0.7 | 9.5 ± 1.3 | 9.0 ± 0.7 | 7.1 ± 1.0 |
| Control | 10.7 ± 2.9 | 10.0 ± 2.5 | 10.3 ± 2.7 | 9.8 ± 2.0 |
| LDH (IU/l) | | | | |
| Mixing | 3540 ± 200 | 3590 ± 120 | 3760 ± 290 | 3600 ± 340 |
| Control | 3280 ± 40 | 3240 ± 420 | 3500 ± 380 | 3540 ± 230 |
| Ca (mg/dl) | | | | |
| Mixing | 10.1 ± 0.6 | 9.5 ± 0.5 | 9.9 ± 0.3 | 9.6 ± 0.3 |
| Control | 10.2 ± 0.3 | 10.0 ± 0.3 | 10.2 ± 0.3 | 10.3 ± 0.3 |
| Mg (mg/dl) | | | | |
| Mixing | 2.2 ± 0.1 | 2.2 ± 0.1 | 2.3 ± 0.1 | 2.1 ± 0.1 |
| Control | 2.1 ± 0.1 | 2.1 ± 0.1 | 2.2 ± 0.1 | 2.1 ± 0.1 |
| P (mg/dl) | | | | |
| Mixing | 7.3 ± 0.4 | 6.8 ± 0.6 | 6.5 ± 0.9 | 5.9 ± 1.6 |
| Control | 7.3 ± 0.4 | 7.0 ± 0.4 | 6.5 ± 1.3 | 7.2 ± 1.3 |
| Lactic acid (mg/dl) | | | | |
| Mixing | 8.6 ± 1.7 | 10.0 ± 0.9 | 13.7 ± 4.3 | 9.5 ± 4.0 |
| Control | 11.4 ± 3.4 | 7.2 ± 1.3 | 10.4 ± 3.4 | 11.8 ± 4.5 |

Values are mean ± standard deviations of 4 observations.

1) Mixing stressed steers.

2) Control steers.

CPKは、対照区では絶食・絶水期間中、ほとんど変化がみられなかったのに対して、混合区では急激な上昇がみられ、24時間後には開始直前の値の約3倍となった。GOTは、対照区では絶食・絶水期間中、若干の上昇傾向がみられたが、混合区では大きな変動はみられなかった。ALPは、対照区では絶食・絶水期間中、ほぼ一定の値で推移したのに対して混合区では若干低下する傾向がみられた。LDHは、両区とも絶食・絶水期間中、大きな変動はみられなかった。

ミネラルは両区とも絶食・絶水期間中、ほぼ一定の値で推移した。血中の乳酸は、混合区では絶食・絶水12時間後には上昇がみられたが、24時間後にはほぼ開始直前の値まで低下した。一方、対照区では絶食・絶水6時間後は若干の低下がみられたが、12時間後および24時間後はほぼ開始直前の値であった。

考 察

COLE and HUTCHESON⁶⁾は、24時間絶食・絶水した肥育牛の体重減少率は4.8～7.2%であったと報告している。本試験においては、4.2～4.4%の体重減少が認められた。また、絶食・絶水12時間後の減少量は、24時間の体重減少量の68%を占めており、絶食初期の体重減少量が大きいとするCARR et al.⁵⁾、KITRTON et al.¹¹⁾および小堤ら¹⁵⁾の報告とよく一致した。

絶食・絶水に伴うヘマトクリット値および赤血球数の増加については、COLE and HUTCHESON⁶⁾、RUMSY and BOND¹⁶⁾および小堤ら¹⁵⁾が報告しており、本試験の結果もこれらの報告とよく一致した。通常、成牛のヘマトクリット値は34～38%の範囲にあるといわれ

ている。本試験では、絶食・絶水12時間後には両区ともこの範囲を越えており、また、この時、総蛋白の増加もみられたことから絶食・絶水開始12時間後には両区ともに軽度の脱水状態にあったものと思われる。

牛は外的ストレスが加わると副腎皮質ホルモンが分泌され、それに伴い、白血球増多症、好酸球数減少症およびリンパ球減少症などが生じることが認められている¹⁰⁾。また、白血球数の増加および好酸球数の低下は、トラックによる長距離輸送後ならびに乳牛の分娩直後にも認められることが報告されている^{8,9)}。本試験では、混合区において、白血球数の増加および対照区に比べより顕著な好酸球数の低下が認められ、同一ペンで飼養されたことのない牛群との混合は牛にとって大きなストレスとなる可能性が示唆された。

反芻動物は体内で消費するブドウ糖の大部分は肝臓および腎臓での糖新生にたよっている。絶食時には異化作用が活発になっているとともに消費されるブドウ糖量に糖新生によるブドウ糖供給量が追いつかず、このため絶食時には血糖は低下するものと考えられている¹⁾。MILLS and JENNY¹²⁾や小堤ら¹⁵⁾は絶食期間中、血糖が低下することを報告しているが、これらの報告では、絶食開始24時間までの変動は小さく、血糖の減少傾向が顕著に見られるのは絶食開始24時間以降である。本試験では、24時間の絶食・絶水期間中変化を調査したものであり、血糖の変化は両区ともほとんどみられなかった。これらのことから、血糖は絶食・絶水期間中に低下傾向を示すが、絶食・絶水の初期にはあまり変化しないものと考えられる。

MACVEICH and TARRANT¹⁴⁾は、混合ストレスによって血中のグルコース6リン酸および血糖は若干低下し、その回復は早いこと、一方、筋肉中のグリコーゲンは急激に大きく低下し、その回復が遅いことを報告している。屠殺時の筋肉中のグリコーゲン含量が極端に低いと死後筋肉のpHが十分に低下せず、DFD (Dark, Firm and Dry) 肉などの生理的異常肉が発生することが知られており⁷⁾、今後は、群混合が筋肉中のグリコーゲン含量に及ぼす影響についても検討する必要があると思われる。

一般に生体内ではストレスに反応して副腎皮質ホルモンが産生されると、脂質合成が活性化され、末梢組織から遊離脂肪酸が動員される。このため、血中の遊離脂肪酸が増加するとされている¹⁰⁾。MACVEICH and TARRANT¹⁴⁾は、フリージアン雄牛を見知ら

ぬ別の牛群に6時間入れておいたところ、混合しなかった対照区に比べて顕著な遊離脂肪酸の上昇が認められたことを報告している。一方、遊離脂肪酸は絶食時にも上昇することが知られており、これは絶食によって蓄積脂肪の分解が亢進し、その分解産物である遊離脂肪酸が体内のエネルギー源として利用されるために、その濃度が上昇するためと考えられている²⁾。本試験では、遊離脂肪酸の上昇は認められたが処理間での差はみられなかった。

BUNは絶食・絶水期間中、両区とも上昇する傾向が認められ、同様のことをCOLE and HUTCHESON⁶⁾および小堤ら¹⁵⁾が報告している。これは、絶食による体蛋白質の分解を反映したものと思われる。

CPKは骨格筋代謝と関係がある酵素で、通常状態では見られない激しい筋肉運動やアドレナリン投与によって上昇することが知られている^{3,13)}。また、MACVEICH and TARRANT¹⁴⁾は、群混合した牛では、混合しなかった牛に比べてCPKが顕著に上昇したことを認めている。本試験でも同様に、混合区でCPKの顕著な上昇がみられたが、混合ストレスによるものなのか、闘争時の打撲による筋肉損傷の結果なのかは不明である。一方、対照区ではCPKの上昇はみられず、絶食・絶水時においても筋肉代謝は正常に機能しているものと考えられた。

RUMSY and BOND¹⁶⁾は、飢餓および絶食時に血清カルシウムと血清マグネシウムの低下を報告しているが、本試験では絶食、絶水期間中、両区とも一定の値で推移した。この傾向は小堤ら¹⁵⁾の報告と一致する。また、ストレスに反応して副腎皮質ホルモンが産生されると腎臓では無機リンの再吸収が抑制され、カルシウムの排出量も増加すると言われている¹⁰⁾。また、副腎の活性化によりアルドステロンが分泌され腎臓ではカリウムの過剰排泄が起こり血中カリウムが低下すると言われている¹⁰⁾。しかし、今回の試験では、混合区で無機リンが若干低下する傾向がみられたが、カリウムは処理区間に差がみられず、絶食・絶水期間中、ほぼ一定の値で推移した。

本試験の結果、絶食・絶水状態で他の牛群と混合した牛では、ストレスの指標となる一部の血液成分に対照区と異なる変化がみられた。このような牛を屠殺した場合の死後筋肉の生化学的変化ならびに肉質に及ぼす影響については、今後、検討を要する問題である。

文 献

- 1) 安保佳一: 新乳牛の科学 (津田恒之・柴田章夫編) 124-131, 農文協, 東京. (1987).
- 2) BELL, A. W.: Lipid Metabolism in Ruminant Animals (CHRISTIE W. W., eds) 363-410, Pergamon Press., Oxford. (1981).
- 3) BERG, A. and G. HARALAMBIE.: Changes in serum creatine kinase and hexose phosphate isomerase activity with exercise duration. *European J. Appl. Physiol.*, **39**: 191, (1978).
- 4) BROWN, M. H., Meat Microbiology. 1-65. Applied Science Pub. London. (1982).
- 5) CARR, T. R., D. M. ALLEN and P. PHAR: Effect on preslaughter fasting on bovine carcass yield and quality., *J. Anim. Sci.*, **32**: 870-873. (1981).
- 6) COLE, N. A. and D. P. HUTCHESON: Influence on beef steers two sequential periods of feed and water deprivation. *J. Anim. Sci.*, **53**: 907-915. (1981).
- 7) FOOD D. E. and P. V. TARRANT: The problem of Dark-cutting in beef. *Current Topics in Veterinary Medicine and Animal Science.*, **10**: 379-386. (1990).
- 8) 上村俊一・森 清一・扇 勉・八田忠雄・高橋雅信・塚本 達・尾上貞雄・平井綱雄・工藤卓二: トラックによる長距離輸送が乳牛の泌乳や血液性状に与える影響. 北海道立農試集報. **56**: 65-73. (1987).
- 9) 上村俊一・八田忠雄・高橋雅信・扇 勉・尾上貞雄: 乳牛の産次と分娩季節からみた分娩前後の血液・尿成分の変動について. 北獣会誌. **30**: 7-13. (1986).
- 10) KANEKO, J. J.: 家畜臨床生化学<第三版>. 久保周一郎・伊沢久夫・戸尾明彦監修. 近代出版, 491-539. (1983).
- 11) KIRTON, A. H., D. J. PATTERSON and D. M. DUGANZICH: Effect of preslaughter starvation in cattle., *J. Anim. Sci.*, **34**: 555-559. (1972).
- 12) MILLS, S. E. and B. F. JENNY: Effect of high concentrate feeding and fasting on plasma glucocorticoids in dairy heifers., *J. Anim. Sci.*, **48**: 961-965. (1979).
- 13) MCVEIGH, J. M.: In vivo glycogen metabolism in bovine skeletal muscle in relation to the problem of dark-cutting in beef. Ph. D. Thesis. National Univ. of Ireland, Dublin.
- 14) MCVEIGH, J. M. and P. TARRANT: Behavioral stress and skeletal muscle glycogen metabolism in young bulls., *J. Anim. Sci.*, **54**: 790-795. (1982).
- 15) 小堤恭平・伊藤 健・川西隆智・山崎敏雄・仮屋喜弘: 肥育牛のと殺前の絶食期間中における体重と血液成分の生理的変化. 日畜会報. **55**: 735-740. (1984).
- 16) RUMSEY, T. S. and J. BOND: Cardiorespiratory patterns, rectal temperature, serum electrolyte and packed cell volume in beef cattle deprived of feed and water., *J. Anim. Sci.*, **42**: 1227-1238. (1976).

Mixed pening and blood chemical findings in beef deprived of feed and water

Takanori NISIMURA, Kiyokazu MORI, Chiaki TAMURA
and Etsuji URA*

Summary

Hereford and Aberdeen Angus steers were penned with an established group of bulls for 24 hours, and deprived of feed and water during that period. This mixing procedure resulted in an intense behavioral interaction between the experimental animals and each of newly introduced bulls. Blood samples were taken before mixing and at intervals during the period of deprivation of feed and water. After 24 hours of deprivation, The average live body weight loss in mixed stressed steers and control steers was 4.4% and 4.2% respectively. Leucocyte of mixed stressed steers increased rapidly during deprivation, whereas the control steers remained close to pre-deprivation levels. After 12 hours of deprivation, Leucocyte in the mixed stressed steers increased to 134% of the mean value of the control group. Eosinophil tended to decrease during deprivation in both mixed stressed steers and control steers. The mixed stress steers showed more decreases than control steers in eosinophil. CPK in mixed stressed steers increased rapidly during deprivation, to 3 times the pre-deprivation value, while CPK in control steers remained close to the predeprivation level.

Key words: Mixing stress, Fattening steers, Blood chemical findings

* Present adress: Hokkaido Prefectural Konsen Agricultural Experiment Station.

泌乳牛のトウモロコシサイレージ主体飼養時における 濃厚飼料割合の違いと重曹添加が乳生産 ルーメン内性状および消化率に及ぼす影響

中辻 浩喜*・原 悟志・黒澤 弘道・森 清一・小倉 紀美

トウモロコシサイレージ主体飼養時の繊維質不足時に乳脂率を正常に維持するための重曹添加効果について検討する目的で、濃厚飼料50%および70%（乾物換算）でそれぞれ、重曹を添加しないもの、重曹を1.5%添加するもの、計4種類の飼料を用い、4×4ラテン方格法に基づき、泌乳試験（12頭）および消化試験（4頭）を行なった。

乳脂率は、繊維質含量が要求量を満たしている濃厚飼料割合50%飼料では重曹添加の有無による差はなかったが、繊維質不足の濃厚飼料70%飼料では、重曹添加でやや高い傾向にあった。乳量、FCM生産量とも、重曹添加の有無による有意な差は認められなかった。pH、NH₃-N濃度とも、重曹添加の有無による有意な差は認められなかった。総VFA濃度、酢酸濃度、プロピオン酸濃度およびAP比とも、重曹添加の有無による差は有意ではなかったが、濃厚飼料割合50%飼料、70%飼料、いずれも重曹添加でやや高い傾向にあった。飼料成分消化率は各成分とも、重曹添加の有無による有意な差は認められなかった。

過去10数年間の我が国、特に北海道における乳牛の泌乳能力は育種改良技術の発展および濃厚飼料の多給により飛躍的に向上し、昭和62年度の乳検成績によれば、十勝管内では経産牛1頭当りの平均乳量が、7,237kgと全道一であった。その反面、濃厚飼料多給および繊維質不足によるルーメン発酵のアンバランスが原因と思われる低脂肪乳の発生が報告されている¹³⁾。

トウモロコシサイレージは澱粉含量が多く、牧草サイレージや乾草にくらべ、繊維含量が少ない粗飼料である。また、嗜好性も良いことからトウモロコシサイレージを主体粗飼料として給与する場合、併給する牧草サイレージや乾草が刈遅れのものであったり品質の悪いものであると、その採食量は極端に減少し、摂取飼料の大部分を濃厚飼料とトウモロコシサイレージで占めることになり繊維質不足に陥りやすい。飼料中の繊維質含量が減少すると、反芻時間の短縮に伴う唾液分泌量の減少により、ルーメン内pHおよび酢酸濃度：プロピオン酸濃度比（AP比）の低下が起り、乳脂率が低下することが知られている¹⁰⁾。これは唾液のルーメン内酸度を緩衝する能力²⁾を超えた結果と考えられている。これらのことから、唾液中の主要成分であるNaHCO₃²⁾を飼料に添加することにより、ルーメ

ン恒常性^{6,7,8,11)}および乳脂率^{4,5,6,7,8,11)}の維持、さらには消化率^{4,15)}の改善を図る試験が、これまで数多く行なわれてきた。しかし、濃厚飼料給与がどのくらいのレベルを超えた場合に重曹添加が有効になるかについては不明の点が多く、また、給与する粗飼料の違いにより、そのレベルは異なることが考えられる。

そこで本試験では、濃厚飼料割合の異なるトウモロコシサイレージ主体混合飼料への重曹添加が乳量・乳成分、ルーメン内性状および消化率に及ぼす影響について検討した。

材料と方法

供試飼料は混合飼料（以下、TMRと略す）として給与した。表1にはTMRを構成する個々の飼料の化学組成について示した。トウモロコシサイレージは早生品種「ワセミノリ」と「ニューデント85」を用い、切断長12mmに設定した自走式フォレージハーベスタで黄熟期に収穫（1987年9月28日および10月5日）し、コンクリート製タワースイロに詰め込み調製した。牧草サイレージは、原料草として出穂期のチモシー主体混播1番草を用いた。ディスクモアで刈り取り（1987年6月25日および29日）、予乾後、切断長12mmに設定した自走式ハーベスタで細切し、コンクリート製タワースイロに詰め込み、中水分サイレージとして調製し

*現在 北海道大学農学部畜産学科（札幌市）

調製した。濃厚飼料はペレット状の当該指定配合飼料 (DCP 14%, TDN 68%:原物中)と大豆粕を用いた。指定配合飼料の原料配合割合を表2に示した。供試TMRは、表3に示した飼料構成で、濃厚飼料

Table 1. Chemical composition of each ingredient feed consisting experimental total mixed ration (TMR)

| | Dry matter | Organic matter | Crude protein | Ether extract | N-free extract | Crude fiber | NDF | ADF |
|--------------|------------|----------------|---------------|---------------|----------------|-------------|------|------|
| | % | | | | % of DM | | | |
| Corn silage | 26.1 | 94.5 | 9.4 | 2.7 | 57.7 | 24.7 | 51.6 | 29.0 |
| Grass silage | 33.5 | 93.2 | 12.9 | 3.7 | 41.3 | 35.3 | 64.3 | 40.7 |
| Formula feed | 87.2 | 94.4 | 21.1 | 3.4 | 62.8 | 7.1 | 26.3 | 9.3 |
| Soybean meal | 88.7 | 93.7 | 51.0 | 0.6 | 36.3 | 5.9 | 12.4 | 8.5 |

Table 2. Ingredient composition of formula feed

| Ingredient | %, air-dry basis |
|---------------------------|------------------|
| Barley | 25.0 |
| Corn | 20.0 |
| Defatted rice bran | 6.0 |
| Wheat bran | 20.0 |
| Soybean meal | 10.0 |
| Linseed oil meal | 10.0 |
| Beet pulp | 5.0 |
| Salt | 2.0 |
| Calcium carbonate | 1.0 |
| Dicalcium phosphate | 0.6 |
| Sodium propionate | 0.2 |
| Mineral mix ¹⁾ | 0.1 |
| Vitamin mix ²⁾ | 0.1 |

1) Containing (per gram) 125.4 mg Mn, 13.2 mg Co, 4 mg Zn, 80.2 mg Fe and 8 mg Cu.

2) Containing (per gram) 10,000IU vitamin A and 5,000 IU vitamin D.

Table 3. Ingredient composition of total mixed ration (TMR)¹⁾ used as experimental diets

| Concentrate level | 50% | | 70% | |
|-------------------|------|------|------|------|
| | - | + | - | + |
| Bicarbonate | | | | |
| | % | | | |
| Corn silage | 32.8 | 32.3 | 19.7 | 19.4 |
| Grass silage | 16.4 | 16.2 | 9.8 | 9.7 |
| Formula feed | 41.1 | 40.4 | 68.0 | 66.9 |
| Soybean meal | 8.2 | 8.1 | 1.0 | 1.0 |
| Minerals | 1.5 | 1.5 | 0.5 | 1.5 |
| Bicarbonate | 0 | 1.5 | 0 | 1.5 |
| Total | 100 | 100 | 100 | 100 |

1) Dry matter basis.

割合が50%と70% (乾物換算)のものについてそれぞれ、重曹を添加しないもの、重曹を1.5%添加するもの、計4種類調製した。粗飼料は、トウモロコシサイレージ:牧草サイレージ=2:1 (乾物比)とし、乾草は用いなかった。ミネラルとしては、市販のカルシウム添加剤 (商品名:バイミルク, 全業工業株式会社, Ca 28.9%, P 2.0%)と粉碎塩 (NaCl)を2:1で混合したものを用いた。なお、どのTMRも粗蛋白質含量 (乾物中) 18%になるように大豆粕で調整した。

北海道立新得畜産試験場繋養の泌乳中期ホルスタイン乳牛12頭を、乳量、体重、産次が均等になるように3頭づつの4群に分け、4×4ラテン方格法に基づき4種類の飼料を各期で自由採食させ、泌乳試験を行なった。試験期間は1987年10月22日から1988年1月13日までの84日間とし、1期21日間で予備期14日間、本期7日間とした。混合飼料は1日2回、9時と16時の2回に分けて給与した。水は自由摂取とした。飼料摂取量および乳量は毎日測定し、本期間中の平均値を1日当りの飼料摂取量および乳量とした。牛乳のサンプリングは2日間連続して行なった。ルーメン内容液の採取は朝の給餌直前に、カテーテルを用いて経口的に行なった。同時に、頸静脈より血液を採取した。

泌乳試験で供試した牛と乳量、体重、産次が似通った別途4頭のホルスタイン泌乳牛を用い、消化試験を行なった。4×4ラテン方格法に基づき4種類の飼料を各期で自由採食させた。試験期間は1987年11月16日から1988年1月10日までの56日間とし、1期14日間で予備期9日間、本期5日間とした。本期間中は糞尿分離装置を設置した繋留式ストールに収容して全糞全尿を採取した。飼料給与方法は泌乳試験時と同様とした。供試飼料および糞の分析結果から各化学成分の消化率を算出した。

供試飼料および糞の一般成分の分析はA. O. A. C法¹⁾、Neutral detergent fiber (NDF)およびAcid detergent fiber (ADF)はGoering and Van Soestの方法⁹⁾により分析した。牛乳成分は赤外線牛乳分析器 (Milko-Scan 104型, Foss Electric社製)を用い、乳脂率、乳蛋白質率、乳糖率を測定した。表4に示した項目および方法によりルーメン内容液の分析、血液および血清の臨床生化学的検査を行なった。

泌乳試験および消化試験のデータは、ラテン方格法に基づいて解析したが、飼料間差については、さらに濃厚飼料割合、重曹添加の有無およびそれらの交互作用の3効果に分けて分散分析¹⁷⁾を行なった。なお、IV

Table 4. Items and methods in chemical analysis of rumen juice, blood and serum

| Item | Method |
|---------------------------------------|--|
| Rumen juice | |
| Ammonia nitrogen (NH ₃ -N) | Conway method |
| Volatile fatty acid (VFA) | Gas chromatography |
| Blood and serum | |
| Hematocrit (Ht) | |
| Total protein (TP) | Biuret method |
| Albumin | BCG method |
| Blood urea nitrogen (BUN) | UV-Rate method |
| Creatinine | Jaffe' method |
| Glucose | Enzyme method |
| Free fatty acid (FFA) | ACS-ACOD method |
| Total cholesterol | Enzyme method |
| GOT | Karman method |
| GPT | Karman method |
| LDH | Wroblewski-La Due method |
| γ-GTP | γ-Glutamyl-p-N-ethyl-N-hydroxydiethyl-amino anilide substrate method |
| Na | Flame photometer |
| K | Flame photometer |
| Ca | Atomic absorption spectrophotometer |
| Mg | Atomic absorption spectrophotometer |
| P | Molybdenum blue direct method |

期に重曹無添加の濃厚飼料70%飼料を給与した牛1頭は、採食量が極端に少なく、乳量の激減に伴う乳脂率の急上昇が起こったため、血液成分を除きデータから除外したが、欠測値を推定¹⁷⁾した。

Table 5. Chemical composition of total mixed ration (TMR) used as experimental diets

| Concentrate level Bicarbonate | 50% | | 70% | |
|----------------------------------|----------|------|------|------|
| | - | + | - | + |
| | -% of DM | | | |
| Dry matter | 42.8 | 43.2 | 53.7 | 54.1 |
| Organic matter | 92.8 | 91.3 | 92.9 | 91.5 |
| Crude protein | 18.0 | 17.8 | 18.0 | 17.7 |
| Ether extract | 2.9 | 2.9 | 3.2 | 3.1 |
| N-free extract | 54.5 | 53.7 | 58.5 | 57.6 |
| Crude fiber | 17.3 | 17.1 | 13.2 | 13.0 |
| NDF | 39.3 | 38.7 | 34.4 | 33.9 |
| ADF | 20.7 | 20.4 | 16.1 | 15.8 |

17%, 約21%と、日本飼養標準(1987年版)¹⁴⁾での高泌乳牛に対する推奨値(粗繊維17%, ADF 18%)を満たしていたが、濃厚飼料割合70%飼料での粗繊維およびADF含量はそれぞれ、約13%, 約16%と明らかに

Table 6. Dry matter intake of total mixed ration (TMR) used as experimental diets

| Concentrate level Bicarbonate | 50% | | 70% | | Significance effects | | |
|----------------------------------|-------------------|------|------|------|----------------------|-------------|---------------------------------|
| | - | + | - | + | Concentrate level | Bicarbonate | Concentrate level × Bicarbonate |
| | kg/day/cow | | | | | | |
| Dry matter intake | 21.9 | 22.1 | 23.5 | 24.6 | ** | NS | NS |
| | -% of body weight | | | | | | |
| | 3.35 | 3.37 | 3.50 | 3.68 | * | NS | NS |

*: P<0.05, **: P<0.01, NS: Not Significant

示した。濃厚飼料割合50%飼料にくらべ70%飼料で乾物摂取量は有意に高かった(P<0.01, P<0.05)。重曹添加の有無においては有意な差を認めなかった。しかし、濃厚飼料割合別にみると、濃厚飼料割合50%飼料では重曹添加、無添加で差はなかったが、70%飼料は重曹無添加の23.5kg(体重比3.50%)に対して、添加は24.6kg(体重比3.68%)と重曹添加でやや乾物摂取量が増加する傾向にあった。本試験の重曹添加量については、1日当り250g以上給与しなければ乳脂率に対して効果がないとする報告⁵⁾や、効果があっ

結果および考察

供試TMRの化学組成を表5に示した。濃厚飼料割合50%飼料の粗繊維およびADF含量はそれぞれ、約

繊維質不足であった。粗蛋白質含量は濃厚飼料割合50%飼料および70%飼料とも約18%で、設定通りであった。

表6に供試TMRの1日1頭当たりの乾物摂取量を

たとする従来の様々な報告での添加量が310~454g^{6,7,8,11)}、もしくは飼料乾物中1.2~1.5%^{4,8,15)}であることなどを参考にし、飼料乾物中1.5%と設定した。重曹の添加量が多すぎて飼料摂取量が減少したという報告^{5,16)}があるが、本試験での重曹摂取量(329~369g)ではそのような現象は認められず、飼料摂取量の面からみると飼料乾物中1.5%という添加量は多すぎる量ではないと考えられた。

乳量および乳成分について表7に示した。乳脂率は、Kaufmann(1976)¹⁰⁾の報告の通り、繊維質含量の少

Table 7. Milk, 4%FCM yield and milk composition of cows fed total mixed ration (TMR) used as experimental diets

| Concentrate level Bicarbonate | 50% | | 70% | | Significance effects | | |
|----------------------------------|------------|------|------|------|----------------------|-------------|---------------------------------|
| | - | + | - | + | Concentrate level | Bicarbonate | Concentrate level × Bicarbonate |
| | kg/day/cow | | | | | | |
| Milk yield | 26.6 | 26.1 | 28.5 | 28.7 | * | NS | NS |
| 4%FCM yield | 26.1 | 25.5 | 25.9 | 26.9 | NS | NS | NS |
| | -% | | | | | | |
| Milk fat | 3.88 | 3.87 | 3.40 | 3.59 | ** | NS | NS |
| SNF | 8.78 | 8.75 | 8.95 | 8.92 | NS | NS | NS |
| Milk protein | 3.38 | 3.36 | 3.44 | 3.43 | NS | NS | NS |
| Lactose | 4.71 | 4.70 | 4.81 | 4.79 | * | NS | NS |

*: P<0.05, **: P<0.01, NS: Not Significant

ない濃厚飼料割合70%飼料を摂取した群で50%飼料にくらべ有意に低かった(P<0.01)。重曹添加の有無においては有意な差を認めなかった。しかし、濃厚飼料割合別にみると、濃厚飼料割合50%飼料では重曹無添加、添加で差はなかったが、70%飼料は重曹添加の3.40%に対して、添加が3.59%と重曹添加でやや高い傾向にあり、重曹添加による若干の改善効果がみられた。乳脂率以外の乳成分(表7)については、濃厚飼料割合50%飼料にくらべ70%飼料で乳糖率は有意に(P<0.05)、SNF率、乳蛋白質率は有意ではなかったが高い傾向にあり、いずれの成分においても一般的に言われるように³⁾、濃厚飼料割合

(エネルギー含量)が高い飼料を摂取した群で高かった。しかし、重曹添加の有無においては有意な差を認めなかった。1日1頭当たりの乳量は濃厚飼料割合50%飼料にくらべ70%飼料を摂取した群が有意に高かった(P<0.01)が、濃厚飼料割合70%飼料での乳脂率が低かったため、FCM生産量はほぼ同様となった。乳量、FCM生産量とも、重曹添加の有無による有意な差は認められなかった。

ルーメン内容液のpH、アンモニア態窒素(NH₃-N)濃度および揮発性脂肪酸(VFA)組成について表8に示した。pHは濃厚飼料割合50%飼料にくらべ70%飼料で、差は小さかったものの、有意に低かった

Table 8. Rumen pH, ammonia nitrogen (NH₃-N) concentration and volatile fatty acid (VFA) composition of cows fed total mixed ration (MR) used as experimental diets

| Concentrate level Bicarbonate | 50% | | 70% | | Significance effects | | |
|----------------------------------|--------|------|------|------|----------------------|-------------|---------------------------------|
| | - | + | - | + | Concentrate level | Bicarbonate | Concentrate level × Bicarbonate |
| pH | 7.2 | 7.1 | 7.0 | 7.0 | * | NS | NS |
| NH ₃ -N | mg/dl | | | | | | |
| | 13.6 | 13.6 | 12.8 | 12.2 | NS | NS | NS |
| | mol/dl | | | | | | |
| Total VFA | 8.26 | 8.96 | 8.13 | 8.74 | NS | NS | NS |
| Acetic acid | 5.52 | 6.06 | 4.89 | 5.41 | * | NS | NS |
| Propionic acid | 1.50 | 1.55 | 2.09 | 2.22 | ** | NS | NS |
| Butyric acid | 1.06 | 1.14 | 0.96 | 0.95 | * | NS | NS |
| Valeric acid | 0.18 | 0.21 | 0.19 | 0.16 | NS | NS | NS |
| AP ratio ¹⁾ | 3.72 | 3.89 | 2.41 | 2.44 | ** | NS | NS |

1) acetic acid (mol/dl) / propionic acid (mol/dl) × 100

*: P<0.05, **: P<0.01, NS: Not Significant

($P < 0.05$) が、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度は濃厚飼料割合の違いによる差は認められなかった。pH, $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度とも、重曹添加の有無による有意な差は認められなかった。VFA 組成については、総VFA 濃度は濃厚飼料割合の違いによる差はなかった。しかし、個々の酸についてみると、酢酸濃度が濃厚飼料割合50%飼料にくらべ70%飼料で有意に低く ($P < 0.05$)、逆にプロピオン酸濃度は70%飼料で有意に高くなった ($P < 0.01$)。このことから、AP比 (酢酸濃度 / プロピオン酸濃度) は濃厚飼料割合70%飼料で有意に低くなった ($P < 0.01$)。総VFA 濃度、酢酸濃度、プロピオン酸濃度

Table 9. Apparent digestibility of total mixed ration (TMR) used as experimental diets

| Concentrate level Bicarbonate | Significance effects | | | | Concentrate level | Concentrate Bicarbonate | Concentrate level × Bicarbonate |
|----------------------------------|----------------------|------|------|------|----------------------|----------------------------|---------------------------------------|
| | 50% | | 70% | | | | |
| | - | + | - | + | | | |
| | % | | | | | | |
| Dry matter | 67.3 | 69.4 | 70.5 | 70.4 | ** | NS | NS |
| Organic matter | 69.4 | 71.2 | 72.6 | 72.3 | ** | NS | NS |
| Crude protein | 70.6 | 72.7 | 74.2 | 72.5 | NS | NS | NS |
| Ether extract | 75.1 | 76.9 | 76.1 | 77.3 | NS | NS | NS |
| N-free extract | 73.1 | 74.9 | 77.2 | 77.3 | ** | NS | NS |
| Crude fiber | 55.7 | 57.8 | 48.6 | 49.0 | ** | NS | NS |
| NDF | 51.4 | 51.9 | 48.0 | 48.1 | NS | NS | NS |
| ADF | 51.5 | 53.3 | 43.7 | 44.7 | ** | NS | NS |

* : $P < 0.05$, ** : $P < 0.01$, NS : Not Significant

Table 10. Chemical findings of blood and serum of cows fed total mixed ration (TMR) used as experimental diets

| Concentrate level Bicarbonate | Significance effects | | | | Concentrate level | Concentrate Bicarbonate | Concentrate level × Bicarbonate |
|----------------------------------|----------------------|-------|-------|-------|----------------------|----------------------------|---------------------------------------|
| | 50% | | 70% | | | | |
| | - | + | - | + | | | |
| Hematocrit (%) | 33.5 | 34.5 | 33.0 | 33.4 | NS | NS | NS |
| Total protein (g/dl) | 8.1 | 8.3 | 8.1 | 8.0 | NS | NS | NS |
| Albumin (g/dl) | 3.5 | 3.7 | 3.5 | 3.4 | * | NS | NS |
| BUN (mg/dl) | 23.4 | 24.9 | 23.6 | 20.7 | NS | NS | NS |
| Creatinine (mg/dl) | 1.0 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | NS | NS | NS |
| Glucose (mg/dl) | 72 | 74 | 75 | 75 | * | NS | NS |
| Free fatty acid (mEq/l) | 111 | 112 | 92 | 99 | NS | NS | NS |
| Total cholesterol(mg/dl) | 172 | 172 | 166 | 163 | NS | NS | NS |
| GOT (IU) | 91 | 84 | 116 | 91 | NS | NS | NS |
| GPT (IU) | 22 | 20 | 20 | 20 | NS | NS | NS |
| LDH (IU) | 2,636 | 2,706 | 2,852 | 2,673 | NS | NS | NS |
| γ -GTP (IU) | 28 | 29 | 29 | 28 | NS | NS | NS |
| Na (mEq/l) | 142 | 141 | 140 | 140 | NS | NS | NS |
| K (mEq/l) | 4.3 | 4.3 | 4.4 | 4.5 | NS | NS | NS |
| Ca (mg/dl) | 10.9 | 10.9 | 10.2 | 10.2 | * | NS | NS |
| Mg (mg/dl) | 2.7 | 2.5 | 2.9 | 2.8 | ** | NS | NS |
| P (mg/dl) | 5.0 | 4.7 | 5.5 | 5.1 | NS | NS | NS |

* : $P < 0.05$, ** : $P < 0.01$, NS : Not Significant

およびAP比とも、重曹添加の有無による差は有意ではなかったが、濃厚飼料割合50%飼料、70%飼料、いずれも重曹添加でやや高い傾向にあった。西埜¹²⁾は彼の総説の中で、従来からの研究報告をまとめてみると、重曹添加はルーメン内容液のVFA 組成を変化させ、AP比が上昇することを認めた報告が多かったとしており、本試験も同様な傾向であった。

飼料成分の消化率について表9に示した。繊維質については、濃厚飼料割合50%飼料にくらべ70%飼料で粗繊維およびADFは有意に ($P < 0.01$)、NDFは有意ではなかったが低い傾向にあった。その成分は、

逆に、濃厚飼料割合70%飼料のほうが、乾物、有機物、可溶性無窒素物 (NFE) では有意に ($P < 0.01$)、粗タンパク質は高い傾向にあった。各成分消化率とも、重曹添加の有無による有意な差は認められなかった。重曹添加によりADF消化率¹⁵⁾またはNDF消化率⁴⁾が改善されたとの報告があるが、本試験では重曹添加の有無による差は小さく、重曹添加による消化率の大きな改善効果はみられなかった。

血液および血清の検査所見を表10に示した。濃厚飼料割合50%飼料にくらべ70%飼料で、血中グルコースおよびマグネシウム濃度が有意に高く ($P < 0.05$, $P < 0.01$)、アルブミンおよびカルシウム濃度が有意に低かった ($P < 0.05$)。各成分とも、重曹添加の有無による有意な差は認められなかった。しかし、濃厚飼料割合別にみると、GOTおよびLDHはいずれも、濃厚飼料割合70%飼料の重曹無添加においてやや高い値を示した。これは同区の3頭が高値を示したため (II, III, IV期に各1頭づつ) であった。これら3頭は、GOT, LDHともに上昇していることから、濃厚飼料多給に起因する肝機能障害が生じたものと推察される。なお、この3頭の内、IV期の1頭は血液成分以外、取りまとめデータから除外した牛であった。その他の血液および血清性状は、濃厚飼料割合の違いおよび重曹添加の有無による差はみられず、異常値も認められなかった。

以上のことから、トウモロコシサイレージ主体飼養時において、併給する牧草サイレージや乾草が刈り遅れのものであったり品質が悪いことによって、併給粗飼料の摂取不足となり、本試験の濃厚飼料割合70%飼料のような繊維質不足になる場合には、重曹添加によって乳脂率の低下を若干軽減できると考えられた。しかし、濃厚飼料割合が50%程度で繊維質含量が要求量を満たしている場合には、重曹を添加する必要はないと思われた。

文 献

- 1) ASSOCIATION of OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS Official methods of analysis. 9th ed. 283-296. Washington, D. C. (1960).
- 2) BAILEY, C. B. and C. C. BALCH: Saliva secretion and its relation to feeding in cattle 1. The composition and rate of secretion of parotid saliva in a small steer. Brit. J. Nutr., 15: 371-382. (1961).

- 3) BALCH, C. C: Milk composition. In Handbuch der Tierernahrung, 2: 259-291. Ed. I. R. Falconer. London, Butterworths. (1972).
- 4) CANALE, C. J. and M. R. STOKES: Sodium bicarbonate for early lactation cows fed corn silage or hay crop silage-based diets. J. Dairy Sci., 71: 373-380. (1988).
- 5) DONKER, J. D. and G. D. MARX: Sodium bicarbonate in diets for milking Holstein cows. J. Dairy Sci., 63: 931-935. (1980).
- 6) EMERY, R. S. and L. D. BROWN: Effect of feeding sodium and potassium bicarbonate on milk fat, rumen pH and volatile fatty acid production. J. Dairy Sci., 44: 1899-1902. (1961).
- 7) EMERY, R. S., L. D. BROWN and J. W. THOMAS: Effect of sodium and calcium carbonates on milk production and composition of milk, blood and rumen contents of cows fed grain ad libitum with restricted roughage. J. Dairy Sci., 47: 1325-1329. (1964).
- 8) ERDMAN, R. A., R. L. BOTTS, R. W. HEMKEN and L. S. BULL: Effect of dietary sodium bicarbonate and magnesium oxide on production and physiology in early lactation. J. Dairy Sci., 63: 923-930. (1980).
- 9) GOERING, H. H. and P. J. VAN SOEST: Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications). U.S.D. A., Agr. Handb., 379: 1-9. (1970).
- 10) KANFMANN, W.: Influence of the composition of the ration and the feeding frequency on pH-regulation in the rumen and on feed intake in ruminants. Livest. Prod. Sci., 3: 103-114. (1976).
- 11) MILLER, R. W., R. W. HEMKEN, D. R. WALDO, M. OKAMOTO and L. A. MOORE: Effect of feeding buffers to dairy cows fed a high-concentrate, low-roughage ration. J. Dairy Sci., 48: 1455-1458. (1965).
- 12) 西埜 進: 反すう家畜用飼料への緩衝剤の添加. 日畜道支部会報. 25: 16-26. (1983).
- 13) 農林水産省北海道農業試験場: ルーメンバランス

と血液代謝像に基づいた高泌乳牛の飼料給与診断法.
昭和62年度北海道農業試験会議(成績会議)資料,
(1988).

- 14) 農林水産省農林水産技術会議事務局編: 日本飼
養標準, 乳牛(1987年版) 中央畜産会, 東京.
(1987).
- 15) SNYDER, T. J., J. A. ROGERS and L. D.
MULLER: Effect of 1.2% sodium bicarbo-
nate with two ratios of corn silage: grain

on milk production, rumen fermentation
and nutrient digestion by lactating dairy
cows. *J. Dairy Sci.*, 66: 1290-1297. (1983).

- 16) THOMAS, J.W. and R. S. EMERY: Effect
of sodium bicarbonate, magnesium oxide
and calcium hydroxide on milk fat secretion.
J. Dairy Sci., 52: 60-63. (1969).
- 17) 吉田 実: 畜産を中心とする実験計画法. 第3版,
101-143. 養賢堂, 東京. (1980).

Effects of Different Concentrate Ratios and Sodium Bicarbonate Supplementation on Milk Production, Rumen Fermentation and Digestibility by Lactating Dairy Cows Fed Corn Silage Based Rations

Hiroki NAKATSUJI*, Satoshi HARA, Hiromichi KUROSAWA
Kiyokazu MORI and Noriyoshi OGURA

Summary

Lactation trials (12 cows) and digestion trials (4 cows) were carried out based on a 4 × 4 Latin-square design to evaluate the effects of different concentrate ratios (50%, 70% concentrate: DM basis) and sodium bicarbonate supplementations (0%, 1.5%) for corn silage-based rations on maintaining normal milk fat percentage of lactating dairy cows when fiber contents in the rations are insufficient.

The milk fat percentage tended to be slightly higher for the ration supplemented with bicarbonate than not supplemented in the 70% concentrate ration with restricted fiber contents, although there was no difference between them in 50% concentrate ration which satisfied the minimum fiber level. Milk and FCM yield did not differ significantly between the ration supplemented with bicarbonate and that which was not. There were no significant differences in pH and NH₃-N concentration of rumen juice between the ration supplemented with bicarbonate and the one not supplemented. Although there were no significant differences in total VFA, acetic acid, propionic acid concentrations and Acetic acid Propionic acid ratio (AP ratio) between the ration supplemented with bicarbonate and that not supplemented, all of them tended to be slightly higher for the bicarbonate supplemented ration than not supplemented in both the 50% and 70% concentrate rations. Nutrient digestibility did not differ significantly between the ration not supplemented with bicarbonate and the one supplemented.

Key words: lactating dairy cow, corn silage, concentrate ratio, sodium bicarbonate, milk fat

* Present address: Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Hokkaido University

蒸煮解織処理シラカンバのペレット処理 または配合飼料との混合給与が 牛における嗜好性に及ぼす効果

黒沢 弘道・小倉 紀美・原 悟志
大坂 郁夫・遠藤 展*

蒸煮解織処理シラカンバのペレット処理および配合飼料との混合給与が、牛における嗜好性におよぼす効果を検討した。処理は解織シラカンバを給与した解織区、シラカンバペレットを給与したペレット区、解織シラカンバと配合飼料を混合給与した解織・配合混合区、シラカンバペレットと配合飼料とを混合給与したペレット・配合混合区、解織シラカンバと配合飼料を混合しペレットに成型し給与した混合ペレット区およびチモシー乾草区の6処理とした。給与量はDMで蒸煮処理シラカンバは3.7 kg、混合給与した配合飼料は0.9 kgとした。供試家畜は平均体重532 kgのホルスタイン雌育成牛6頭を用い、6×6ラテン方格法で試験を実施した。蒸煮処理シラカンバの給与初期の採食割合はペレットに成型することにより有意に向上し、また、配合飼料と混合して給与することによっても向上する傾向を示し、両処理とも嗜好性を向上させる方法として有効と判断した。

広葉樹を原料とした蒸煮処理木質飼料は蛋白質、ビタミンおよびミネラル等の各種栄養素のバランスを考慮すれば、反芻家畜のエネルギー源として利用し得ることが確認されている^{2,3,11)}。しかし、蒸煮処理木質飼料は牛での嗜好性が必ずしも良好でない⁷⁾とされており、給与開始に当たっては2週間以上かけて馴致し、その際には粗飼料の一部を蒸煮処理木質飼料で徐々に置き替え、配合飼料とよく混合して給与することが推奨されている⁷⁾。蒸煮処理木質飼料の嗜好性の劣る原因としては形状が解織の場合は、かさばりが大きく食べづらいという物理的な影響と、蒸煮処理に伴う酢酸、フルフラール等の分解生成物質の産出とこれらの刺激臭、pH 3程度までの酸性化⁷⁾等の化学的な影響が考えられるが、明らかでない。一方、飼料はペレットに成型することで採食量が増加することが報告されている¹⁾。

そこで本報では、蒸煮解織処理シラカンバをペレットに成型して形状を変え、または配合飼料と混合し、蒸煮広葉樹による乳牛および肉用牛の飼養マニュアル⁷⁾に示された適量を牛に給与し、1日における採食割合の経時的推移を調べ、これらの処理が嗜好性に及ぼす効果を検討した。

材料と方法

剥皮したシラカバチップを蒸煮圧力16kg/cm²で7.5分間処理した後、粉碎機(ハンマーミル、1200 r.p.m)により粒度7.2 mmに解織して蒸煮解織処理シラカンバ(以下、解織シラカンバと称する)を調製した。この解織シラカンバを成型機を用い直径6 mm、長さ20 mmのペレットに調製した(以下、シラカンバペレットと称する)。配合飼料は新得畜産試験場の指定乳牛用配合飼料を用いた。

解織シラカンバと配合飼料との混合ペレット(以下、混合ペレットと称する)は乾物で解織シラカンバ3.7に対し配合飼料0.9の割合で混合し、混合成型機を用い直径9.5 mm、長さ35 mmに加熱成型して調製した。

蒸煮処理シラカンバ(以下、蒸煮シラカンバと称する)のかさばりを示す自然状態での容積重量は、解織シラカンバが160 kg/m³であったのに対し、シラカンバペレットおよび混合ペレットは、それぞれ473.477 kg/m³となり、ペレット処理により密度は約3倍に増加した。

乾草は新得畜産試験場で収穫したチモシー主体混播1番刈梱包乾草をベールカッターで切断して用いた。

供試家畜はホルスタインの雌牛6頭で、試験開始時の月齢は22~24か月、平均体重は532 kgであった。試

* 現在 北海道立林産試験場

験は予備期11日間、本期3日間の1期14日間とし、6期84日間を6×6ラテン方格法で実施した。試験処理は解繊シラカンバを給与した解繊区、シラカンバペレットを給与したペレット区、解繊シラカンバと配合飼

Table 1. Average amounts of feeds offered to cows

| Items | Treatment | | | | | |
|----------------------------|---------------------|----------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|-------------------|
| | Fiber ¹⁾ | Pellet ²⁾ | Fiber and Formula feed ³⁾ | Pellet and Formula feed ⁴⁾ | Mixed Pellet ⁵⁾ | Hay ⁶⁾ |
| | DM kg/ (cow · day) | | | | | |
| Steamed birch Formula feed | 3.7 | 3.7 | 3.7 | 3.7 | 3.7 | — |
| Hay | — | — | — | — | — | 3.7 |
| Formula feed | 1.7 | 1.7 | 1.7 | 1.7 | 1.7 | 1.7 |
| Alfalfa haycube | 6.0 | 6.0 | 5.1 | 5.1 | 5.1 | 6.0 |
| Total | 11.4 | 11.4 | 11.4 | 11.4 | 11.4 | 11.4 |

- 1) Fiberized birch
- 2) Pellet consist of birch
- 3) Mix feeding of fiberized birch and formula feed
- 4) Mix feeding of pellet consist of birch and formula feed
- 5) Pellet consist of birch and formula feed
- 6) Timothy hay chopped by bale cutter

カンバの給与量は蒸煮広葉樹による乳牛および肉用牛の飼養マニュアル⁷⁾ (以下、飼養マニュアルと称する) に示された蒸煮広葉樹飼料のTDN含量60%の場合の育成牛(雌)、体重400-500kgの給与適量(原物で6kg)に準じ、1日当たり乾物で3.7kgとした。蒸煮シラカンバと混合する配合飼料の給与量は1日当たり乾物で0.9kgとした。乾草区には乾草を1日当たり乾物で3.7kg給与した。

以上の試験処理として給与した飼料の他に、配合飼料を全牛共通に1日当たり乾物で1.7kgと、アルファルファヘイキューブ(以下、アルファルファと称する)を給与した。アルファルファの給与量は全乾物給与量が日本飼養標準・乳牛(1987年版)における雌牛の育成に要する養分量⁹⁾に示された乾物量の115%になるよう他の飼料との差とした。また、水とミネラル混合固形塩は自由に摂取させた。

試験牛はタイストール式の牛舎に繋養した。試験牛毎にプラスチック製コンテナ飼槽2個を用意し、一方に試験飼料である蒸煮シラカンバとこれに混合した配合飼料あるいは乾草を入れ、他方に定量給与の配合飼

料を混合給与した解繊・配合混合区、シラカンバペレットと配合飼料とを混合給与したペレット・配合混合区、混合ペレット区および乾草区の6処理とした。各処理区の飼料の給与量を表1に示した。蒸煮シラ

料とアルファルファを入れて給与した。飼料は1日1回、14時に全量を給与し、翌日の9時30分に残食を採取し計量した。試験本期には飼槽を電気式の台秤上に設置し、1時間毎に重量変化を測定した。

蒸煮シラカンバの飼料組成は、水分は飼養マニュアル⁷⁾に示された方法、他の成分は常法⁵⁾に従って分析した。その他の飼料および糞の成分は常法⁵⁾に従って分析した。蒸煮シラカンバおよび配合飼料のTDN含量は、アルファルファを基礎飼料とした間接法でめん羊による消化試験から求めた。乾草のTDN含量は、日本標準飼料成分表(1987年版)⁸⁾に示されたチモシー主体混播乾草(開花期)の値を引用した。

各供試飼料の化学組成およびTDN含量を表2に示した。解繊シラカンバとシラカンバペレットの飼料成分は同程度で、乾物中のTDN含量はいずれも59%であった。混合ペレットの乾物中のCP含量は5.2%、TDN含量は62%であった。

得られた飼料の採食割合のデータは逆正弦変換¹⁰⁾して分散分析した。平均値の差の検定はTukeyの方法⁴⁾によった。

Table 2. Chemical composition and nutritive value of feeds

| | Moisture | CP | Crude fat | Nitrogen free extract | Crude fiber | ADF | NDF | Crude ash | TDN |
|----------------------------|----------|------|-----------|-----------------------|-------------|------|------|-----------|--------------------|
| | % | | | | | DM % | | | |
| Fiber ¹⁾ | 36.1 | — | — | — | — | 54.1 | 55.3 | 0.4 | 59.5 |
| Pellet ²⁾ | 34.9 | — | — | — | — | 53.4 | 53.0 | 0.4 | 59.1 |
| Mixed pellet ³⁾ | 27.0 | 5.2 | 1.7 | 57.7 | 33.9 | 48.1 | 55.0 | 1.5 | 61.9 |
| Hay ⁴⁾ | 14.6 | 11.5 | 1.9 | 43.2 | 38.2 | 43.3 | 72.1 | 5.2 | 55.1 ⁵⁾ |
| Alfalfa haycube | 13.0 | 19.9 | 1.8 | 40.1 | 27.5 | 33.1 | 41.2 | 10.7 | 58.8 |
| Formula feed | 14.1 | 21.7 | 2.8 | 61.9 | 6.8 | 9.4 | 25.3 | 6.8 | 84.7 |

- 1) Fiberized birch
- 2) Pellet consist of birch
- 3) Pellet consist of birch and formula feed
- 4) Timothy hay chopped by bale cutter
- 5) Value is quoted from first cut timothy mixture hay (flowering stage) in Standard Table of Feed Composition in Japan (1987)

結 果

いずれの処理区とも牛は最初にアルファルファと配合飼料を採食した。この採食割合の増加は速やかで、給与1時間後で62~71%、2時間後では83~93%、3時間後には89~99%に達し、さらに、6時間後にはいずれの処理区においても99%以上に達した。牛はいずれの処理区においてもアルファルファと配合飼料の大半を採食した後、蒸煮シラカンバの採食を開始した。

試験飼料である蒸煮シラカンバおよび乾草の採食割合の推移を表3および図1に示した。

給与3時間後の採食割合は、ペレットの3処理区は

いずれも75%に達し、解繊区と乾草区がそれぞれ30%台であったのに比べ有意に高かった。解繊・配合混合区は55%であった。

給与6時間後の採食割合はペレットの3処理区および解繊・配合混合区は90%以上に達したが、解繊区および乾草区は60%台であった。このうち、解繊区の採食割合は時間の経過とともに徐々に高まり、給与14時間後には90%に達した。一方、乾草区では採食割合の増加が少ないままに推移した。給与1日後の採食割合は、蒸煮シラカンバを給与した処理区は98~100%とほぼ全量を採食した。乾草区は85%に留まったが、他の処理区との差は有意ではなかった。

Table 3. Rate of intake of steamed birch or hay

| Time after feeding | Treatment | | | | | |
|--------------------|---------------------|----------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|-------------------|
| | Fiber ¹⁾ | Pellet ²⁾ | Fiber and Formula feed ³⁾ | Pellet and Formula feed ⁴⁾ | Mixed pellet ⁵⁾ | Hay ⁶⁾ |
| | % | | | | | |
| 3 hours | 31.8 ^b | 74.7 ^a | 54.9 ^{ab} | 74.1 ^a | 75.0 ^a | 36.1 ^b |
| 6 hours | 66.5 ^{bc} | 97.9 ^a | 90.3 ^{abc} | 92.0 ^{abc} | 96.3 ^{ab} | 62.0 ^c |
| 1 days | 97.5 ^a | 99.1 ^a | 99.1 ^a | 99.4 ^a | 99.9 ^a | 84.6 ^a |

- 1) Fiberized birch
- 2) Pellet consist of birch
- 3) Mix feeding of fiberized birch and formula feed
- 4) Mix feeding of pellet consist of birch and formula feed
- 5) Pellet consist of birch and formula feed
- 6) Timothy hay chopped by bale cutter
- 7) Figures on the same row followed by the same letter do not differ significantly at 5% level

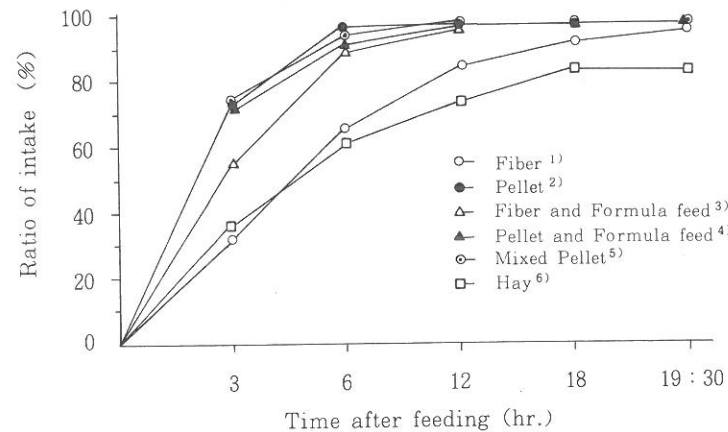


Fig 1. Changes of the rate of intake of steamed birch or hay

- 1) Fiberized birch
- 2) Pellet consist of birch
- 3) Mix feeding of fiberized birch and formula feed
- 4) Mix feeding of pellet consist of birch and formula feed
- 5) Pellet consist of birch and formula feed
- 6) Timothy hay chopped by bale cutter

考 察

シラカンバのチップは蒸煮圧力16kg/cm²で10~15分間処理することにより60%前後TDN含量を期待できる⁷⁾とされているが、本試験においては同一の圧力の下に7.5分間の処理をした解繊シラカンバのTDN含量は59.5%となり、より短時間の処理で同等のTDN向上効果が認められた。この解繊シラカンバから調製したシラカンバペレットのTDN含量は59.1%であり、ペレット成型処理によるTDN含量の変化は認められなかった。

我が国において蒸煮シラカンバは形状を解繊として開発され利用されて来た。そこで、蒸煮シラカンバの嗜好性を解繊区と乾草区との間で比較すると、両処理区の採食割合の推移は給与8時間後まではほぼ同様で、牛における解繊シラカンバの嗜好性は乾草とほぼ同程度であった。寺田ら¹²⁾は解繊シラカンバを混合飼料として山羊に給与しても嗜好性に問題はないとしており、また、梶川ら³⁾も解繊シラカンバを混合飼料としてホルスタイン去勢牛に給与したとき、アルファルファ給与区と同程度の採食量であったと報告している。

解繊シラカンバをペレットに成型することにより、嗜好性は向上した。給与3時間後の蒸煮シラカンバの

採食割合は、解繊区ではアルファルファと配合飼料を99%とほぼ全量を採食し尽くしたにもかかわらず32%に留まっており、一方、ペレット区ではアルファルファと配合飼料を5%食べ残した状況で75%に達したことから、ペレット処理の効果は明らかであったと言える。

解繊・配合混合区の採食割合はペレットの3処理区と、解繊区との中間の推移を示した。アルファルファおよび配合飼料と並行して採食された給与3時間後までの蒸煮シラカンバの採食割合は55%で、ペレット区の75%と解繊区の32%との中間であった。しかし、アルファルファおよび配合飼料が採食され尽くした後の給与6時間後の割合は、解繊シラカンバ区が67%に留まったのに対し解繊・配合混合区は90%まで達した。このことは、アルファルファと配合飼料を採食し尽くした後、解繊シラカンバ単味では採食が進まなかったのに対し、配合飼料と混合給与することにより採食が進んだことを示しており、配合飼料との混合給与が嗜好性を向上させる効果は明らかであった。

混合ペレット区の採食割合はペレット区と同様に推移した。ペレットの嗜好性は配合飼料を加えてもそれ以上は向上しないと考えられた。

森本⁶⁾はペレット処理は容積が小さくなり摂取量が

増大し、飼料効率が改善し、取扱いが簡便になるほか、一般に家畜の好みに適する利点があるとしている。本試験においても解繊シラカンバはペレット処理により容積は約3分の1に小さくなっており、このことが採食速度の向上をもたらしたと考えられた。また、寺田ら¹¹⁾は解繊シラカンバは取扱性を改善することが必要であると述べているが、ペレット処理はこの問題の解決にかなうものと言える。また、混合ペレットは配合飼料を含むため蛋白質を含有し、蛋白質を含まない蒸煮シラカンバの栄養のバランスを向上させる利点がある。

解繊シラカンバの嗜好性はアルファルファや配合飼料には劣るものの、必ずしも不良とはいえない。解繊シラカンバをペレットに成型することで嗜好性は向上する。また、配合飼料と混合することによっても嗜好性は向上するが、その効果はペレット処理に比べると小さい。ペレットの嗜好性はその原料に配合飼料を加えてもそれ以上は向上するものではない。しかし、混合ペレットは蛋白質を含むため栄養のバランスに優れていると言える。

文 献

- 1) 林 兼六・伊沢 健・小田島守：オーチャードグラスのサイレージおよび干草における嗜好性の変化。日草誌, 12: 231-236. (1967).
- 2) 石田元彦・寺田文典・久馬 忠・滝川明宏・長沢定男・志水一允：山羊を用いた飼養試験および出納試験による蒸煮処理ブナと蒸煮処理コナラの栄養価評価。日畜会報, 61: 150-156. (1990).
- 3) 梶川 博・寺田文典・田野良衛・岩田和雄・伊藤稔・長沢定男・富村洋一・松田敏誉・石井 忠・須藤賢一・志水一允・大山嘉信：蒸煮解繊処理したシラカンバの給与がホルスタイン種去勢牛の飼料摂取量および増体量に及ぼす影響。日畜会報, 58: 101-106. (1987).
- 4) 増山元三郎：少数例のまとめ方1. 第1版, 175-178. 竹内書店, 東京. (1964).
- 5) 森本 宏監修：動物栄養試験法. 第1版, 養賢堂, 東京. (1971).
- 6) 森本 宏：飼料学. 第1版, 507, 養賢堂, 東京. (1968).
- 7) 農林水産省：蒸煮広葉樹による乳牛および肉用牛の飼養マニュアル. 農林水産技術会議事務局, (1988).
- 8) 農林水産省農林水産技術会議事務局：日本標準飼料成分表(1987年版). 中央畜産会, 東京. (1987).
- 9) 農林水産省農林水産技術会議事務局：日本飼養標準, 乳牛(1987年版). 中央畜産会, 東京. (1987).
- 10) Snedecor, G. W. and W. G. Cochran : 統計的方法. 原書第6版. (畑村又好, 奥野忠一, 津村善郎訳), 312-313. 岩波書店, 東京. (1972).
- 11) 寺田文典・堀井 聡・滝川明宏・針生程吉・田野良衛・岩崎和雄・亀岡喧一・長沢定男・須藤 賢一・松田敏誉・志水一允・棚橋光彦・桶口隆昌：蒸煮解繊あるいは爆砕処理したシラカンバの山羊における消化率と栄養価. 畜試研報, 44: 55-59. (1986).
- 12) 寺田文典・田野良衛・岩崎和雄・針生程吉・伊藤稔・滝川明宏・亀岡喧一・富村洋一・長沢定男・松田敏誉・須藤賢一・志水一允：山羊の成長試験による蒸煮解繊処理シラカンバの飼料価値について. 畜試研報, 44: 97-101. (1986).

Effect of Pelleting or Mixed Feeding with Formula Feed on the Palatability of Steamed and Fiberized Birch by Cows

Hirromichi KUROSAWA, Noriyoshi OGURA, Satoshi HARA

Ikuo OSAKA and Hiromu ENDO*

Summary

A feeding test was carried out to improve the palatability of steamed and fiberized birch, by its formation into pellets, or its mixture with formula feed. Bark-free birch chips were processed at 16kg/cm² of steam pressure for 7.5 minutes, and fiberized by a hammer mill. Two types of pellets were made by pelleter machines. One consisted of birch only and the other consisted of 80 percent birch and 20 percent formula feed on DM basis. Six treatments were compared, that of 1) fiberized birch, 2) pellets consisting of birch, 3) mixed feeding of fiberized birch and formula feed, 4) mix feeding of pellets consisting of birch and formula feed, 5) pellets consisting of birch and formula feed and 6) timothy hay. The amount of feed feeding per cow was 3.7kg birch and 0.9kg formula feed as DM basis for each treatment. The experiment was carried out using 6 female Holstein cows, with an average live weight of 532kg, with a 6×6 Latin Square design.

Fiberized birch was not less favourable, but the eating speed was slower than that of pellets or formula feed mixed feedings. Both formation into pellets and mixed feedings with formula feed were effective to improve the palatability of fiberized birch for cows.

Key words : Steamed birch, formation into pellet, formula feed mix feeding, palatability

* Present address: Hokkaido Forest Products Research Institute.

冬期屋外肥育における濃厚飼料の給与量が産肉性に及ぼす影響

西邑 隆徳・佐藤 幸信・斉藤 利朗

田村 千秋・裏 悦次*

平均月齢21か月齢のヘレフォード去勢牛16頭を供試し、冬期無畜舎による仕上げ肥育期の濃厚飼料の給与量が産肉性に及ぼす影響について牛舎内肥育を対照に比較検討した。試験期間は、1988年11月21日から1989年3月31日までの131日間であった。屋外で濃厚飼料を乾物で体重比0.8%給与する屋外0.8%区、屋外で濃厚飼料を乾物で体重比1.4%給与する屋外1.4%区および牛舎内で濃厚飼料を乾物で体重比0.8%給与する対照区とを設けた。各区とも乾草は1日1頭当たり1.0kg給与し、トウモロコシサイレージは自由採食させた。

乾物摂取量は、対照区に比べて屋外0.8%区は116%、屋外1.4%は133%であり、TDN摂取量では、対照区に比べて屋外0.8%区は114%、屋外1.4%区は139%であった。肥育終了時体重および日増体量は、屋外0.8%区で579kg、0.92kg、屋外1.4%区で614kg、1.24kg、対照区で616kg、1.24kgであり、屋外0.8%区の日増体量は屋外1.4%区および対照区に比べて有意(P<0.05)に低かった。1kg増体に要したTDN量は、屋外0.8%区で9.66kg、屋外1.4%区で8.82kg、対照区で6.31kgであり、対照区に比べて屋外0.8%区では153%、屋外1.4%区では140%と屋外肥育は牛舎内の肥育に比べて飼料効率が劣った。枝肉形質および胸最長筋の理化学的性質については、屋外肥育と牛舎内肥育との間にほとんど差はみられなかった。

ヘレフォードは粗飼料の利用性が良く、放牧時の増体が比較的に高いことから、この特性を利用した牛肉生産方式として、放牧を取り入れた育成肥育方式が検討されてきた^{5,6,10}。しかし、この方式では、冬期間は牛舎で飼養するのが一般的であり、牛舎等の施設投資が必要である。そこで、冬期間も屋外で飼養することができれば、設備投資を最小限に抑えることができるものと思われる。

冬期屋外肥育については小竹森ら⁶⁾、善林と嶽¹⁵⁾、および谷地ら¹²⁾の報告があるが仕上げ体重が小さく、現在のように大きな仕上げ体重を目標としていない。また、冬期屋外肥育における適切な飼料給与量ならびに冬期屋外飼養が肉質に及ぼす影響については未検討の部分が多い。

本試験では、冬期無畜舎による仕上げ肥育期の濃厚飼料給与量が産肉性に及ぼす影響について牛舎内肥育を対照に比較検討したので報告する。

材料と方法

供試牛は、北海道立新得畜産試験場で2夏放牧した

ヘレフォード去勢牛16頭で、平均月齢は21か月齢、平均体重は455kgであった。これらを3群に分け、屋外で濃厚飼料を乾物で体重比0.8%給与する区(以下、屋外0.8%区)、屋外で濃厚飼料を乾物で体重比1.4%給与する区(以下、屋外1.4%区)、牛舎内で濃厚飼料を乾物で体重比0.8%給与する区(以下、対照区)の3区に割り当てた。各区の頭数は屋外0.8%区6頭、屋外1.4%区6頭、対照区4頭であった。各区とも群飼とし、乾草は1日1頭当たり1.0kg給与し、トウモロコシサイレージは自由採食させた。供試した乾草はオーチャードグラス主体の1番草で、トウモロコシサイレージの原料は「ニューデント85日」(黄熟期)であった。濃厚飼料としては市販の肥育用配合飼料を用いた。飼料の給与は朝と夕方の2回に分けて行い、水および鉱塩は自由摂取させた。屋外肥育パドックの概略を図1に示した。屋外肥育パドック北側に畜舎、西側にカラマツ林があり北西からの季節風をある程度は防げるように配置した。床面は未舗装で、1頭当たりのパドック面積は50m²とした。対照区はパドックが併設された肥育牛舎で飼養した。床面はコンクリートで、1頭当たりの床面積はパドックを含めて17m²であった。

*現在 北海道立根釧農業試験場

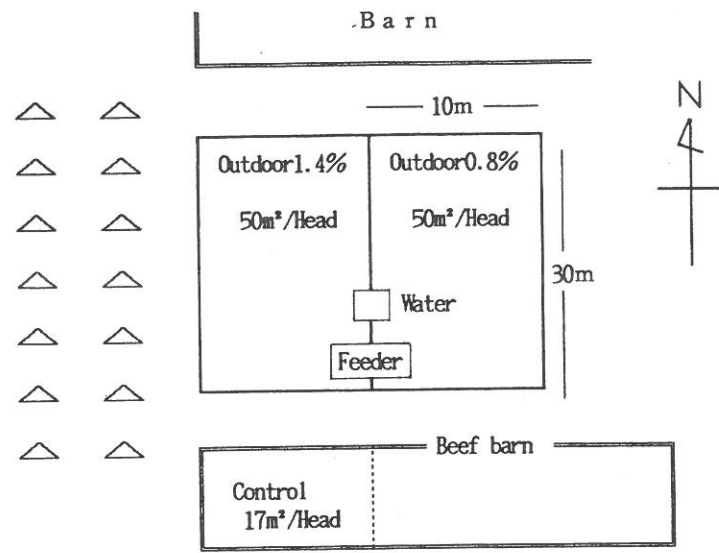


Fig 1. A plot plan of outdoor fattening yard

肥育期間は1988年11月21日から1989年3月31日までの131日間であった。供試飼料の消化率はめん羊を用いて測定し、飼料成分の分析は常法⁹⁾に従って実施した。供試飼料の成分および栄養価を表1に示した。気象観測は、屋外肥育パドックに隣接した地点および牛

舎内において毎日行い、最高、最低気温および積雪深を記録した。試験開始時と終了時には背部より被毛を採取し毛長を測定した。また、厳寒期の2月下旬と雪解けの始まった3月下旬に午前9時から翌朝の9時まで24時間の行動調査を15分間隔連続観察法により行った。

Table 1. Chemical composition and digestible nutrients of feeds

| | Dry matter | Crude protein | Ether extract | N-free extract | Crude fiber | Crude ash | DCP | TDN |
|-------------|-----------------|---------------|---------------|-----------------|-------------|-----------|------|------|
| | % of dry matter | | | % of dry matter | | | | |
| Corn silage | 29.4 | 7.8 | 4.3 | 64.0 | 18.3 | 5.6 | 4.1 | 67.4 |
| Hay | 85.8 | 11.1 | 2.9 | 47.6 | 31.2 | 7.2 | 7.0 | 61.2 |
| Concentrate | 86.2 | 16.0 | 3.7 | 68.7 | 5.6 | 6.0 | 13.2 | 91.6 |

肥育終了後、十勝食肉センターにおいて屠殺解体し、前報¹²⁾に準じて枝肉重量と正肉重量を測定した。枝肉格付は牛枝肉取引規格¹¹⁾に準じて行った。脂肪交雑は脂肪交雑基準No 1, No 2, No 3……No 12をそれぞれ1, 2, 3, ……12と点数化した。第9-11肋骨間ロース部より採取した胸最長筋を用いて理化学的分析を行った。理化学的分析は前報¹²⁾に準じて、水分、粗脂肪、肉および脂肪の色調、脂肪の融点および総へム色素量を測定した。

結 果

試験期間中の旬別の平均、最高、最低気温ならびに積雪深を図2に示した。屋外では、12月下旬以降、2月上旬まで平均気温は-5℃以下で推移した。また、最低気温が-10℃以下となった日は22日あった。一方、牛舎内では、旬別平均気温は-4~2℃で推移した。屋外の最高気温と最低気温との較差は牛舎内に比べて大きかった。積雪は11月下旬からみられ、3月下旬には約50cmの積雪深があった。3月下旬まではパドック

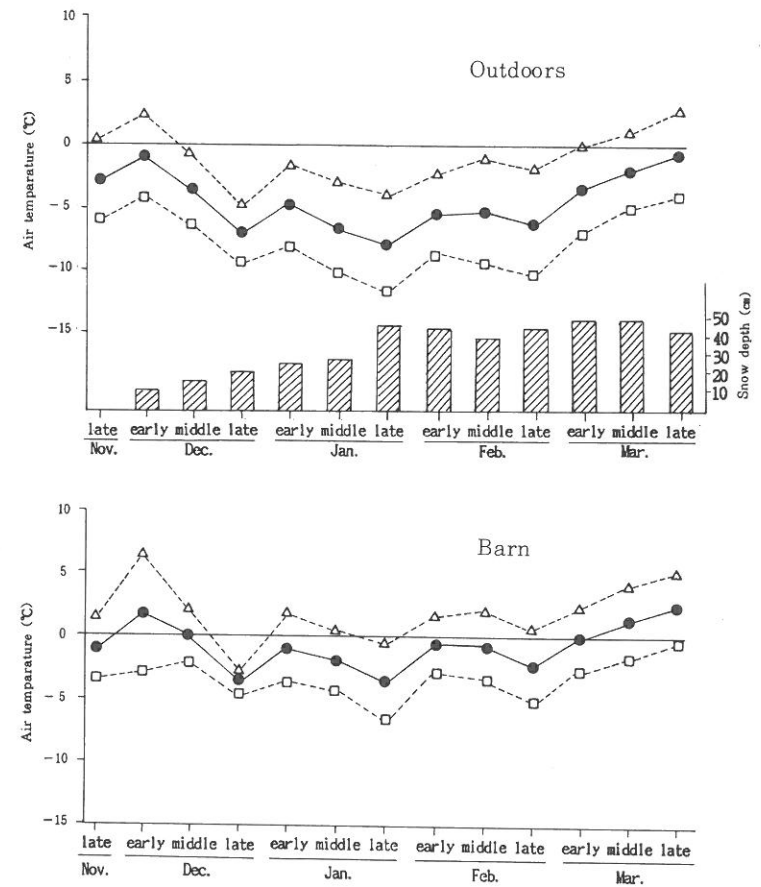


Fig 2. Climatic conditions during experimental periods

Air temperature ●: mean, △: max., □: min.
 ▨: Snow depth.

クの床面は凍結していたが、3月下旬以降は雪解けとともにパドックは泥ねい化し、とくに飼槽および水槽近辺での泥ねい化が著しく、この時期には牛体の汚れがひどくなった。

肥育期間の通算飼料摂取量を表2に示した。屋外0.8%区は対照区に比べてトウモロコシサイレー

量は710kg多かったが濃厚飼料および乾草の採食量はほとんど差がなかった。また、屋外1.4%区は対照区に比べて濃厚飼料の採食量が498kg多く、トウモロコシサイレーおよび乾草の採食量はほぼ同じであった。乾物摂取量は、対照区に比べて屋外0.8%区は116%、屋外1.4%区は133%であり、TDN 摂取量は、

Table 2. Feed, dry matter and TDN intake in the experimental period

| | Outdoor 0.8% | Outdoor 1.4% | Control |
|------------------|--------------|--------------|---------|
| Corn silage (kg) | 3,021 | 2,359 | 2,320 |
| Hay (kg) | 131 | 131 | 131 |
| Concentrate (kg) | 636 | 1,131 | 633 |
| DM intake (kg) | 1,549 | 1,781 | 1,340 |
| TDN intake (kg) | 1,169 | 1,429 | 1,028 |

対照区に比べて屋外0.8%区は114%、屋外1.4%区は139%であった。

乾物摂取量の推移を図3に示した。肥育期間中、屋外1.4%区は対照区に比べて高い値で推移した。屋外0.8%区は、肥育開始から1月上旬までは対照区に比べ高い値で推移したが、1月中旬以降3月中旬までは大きな差はみられなかった。また、屋外0.8%区では3月下旬に乾物摂取量の低下が認められた。

増体成績を表3に示した。肥育終了時体重および日

増体量は、屋外0.8%区で579 kg, 0.92 kg, 屋外1.4%区で614 kg, 1.24 kg, 対照区で616 kg, 1.24 kgであり、屋外0.8%区の日増体量は屋外1.4%区および対照区に比べて有意 ($P < 0.05$) に低かった。1 kg 増体に要したTDN量は、屋外0.8%区で9.66 kg, 屋外1.4%区で8.82 kg, 対照では6.31 kgであり、対照区に比べて屋外0.8%区では153%、屋外1.4%区では140%であった。また、被毛の伸びは対照区に比べて屋外肥育の方が大きい傾向がみられた。

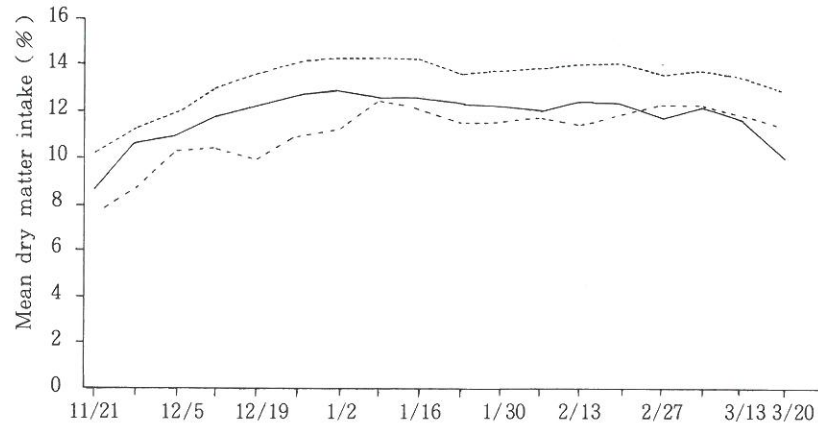


Fig 3. The changes of mean dry matter intake during the experimental period

— Outdoor 0.8%, Outdoor 1.4%, ---- Control

Table 3. Performance of experimental animals

| | Outdoor 0.8% | Outdoor 1.4% | Control |
|------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Initial age (month) | 21.1 | 21.2 | 21.2 |
| Initial body weight (kg) | 458 | 452 | 453 |
| Final age (month) | 25.5 | 25.6 | 25.6 |
| Final body weight (kg) | 579 | 614 | 616 |
| Daily gain (kg/day) | 0.92 ^a | 1.24 ^b | 1.24 ^b |
| TDN for 1 kg body weight gain (kg) | 9.66 | 8.82 | 6.31 |
| Growth of hair coat (mm) | 14.8 | 9.7 | 2.0 |

Values followed by different letters are significantly different ($P < 0.05$).

日増体量の推移を図4に示した。肥育期間中、屋外1.4%区の日増体量は屋外0.8%区の日増体量に比べて高い値で推移した。対照区は肥育末期の3月下旬にも高い日増体量であったのに対して、屋外0.8%区および屋外1.4%区はこの時期に日増体量の低下がみられた。

枝肉成績を表4に示した。枝肉重量は屋外0.8%区が309 kg, 屋外1.4%区が331 kg, 対照区が327 kgで、屋外0.8%区と屋外1.4%区および対照区との間に有意 ($P < 0.05$) な差が認められた。枝肉から正肉に整形する際に取り除かれた余剰脂肪量は、屋外1.4%区および対照区が屋外0.8%区に比べて有意に多か

った。皮下脂肪厚は、屋外1.4%区と対照区がほぼ同じで、屋外0.8%区がこれらに比べて有意 ($P < 0.05$) に薄かった。また、9-10-11肋骨構成の脂肪割合も余剰脂肪と同様の傾向がみられた。脂肪交雑は

外1.4%区および対照区が屋外0.8%区に比べて若干高い傾向を示した。枝肉等級は、屋外0.8%区がB1:4頭, B2:2頭, 屋外1.4%区が全てB2, 対照区がB1:1頭, B2:3頭であった。

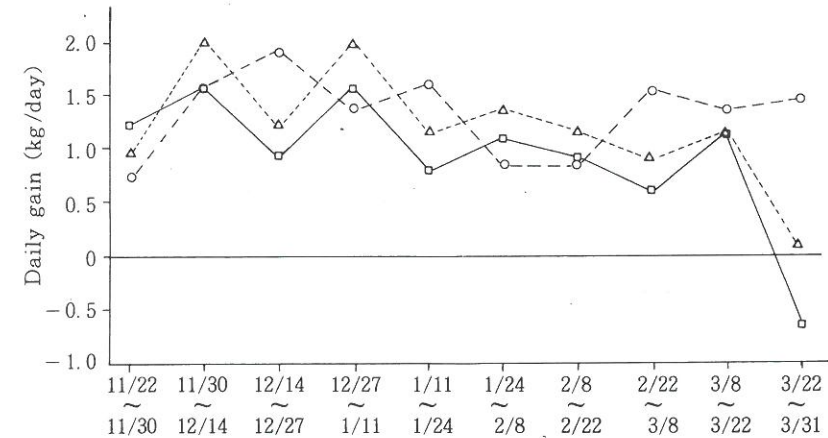


Fig 4. The changes of daily gain during the experimental period

□: Outdoor 0.8%, △: Outdoor 1.4%, ○: Control

Table 4. Carcass traits of experimental animals

| | Outdoor 0.8% | Outdoor 1.4% | Control |
|---------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Carcass wt. (kg) | 309 ^a | 331 ^b | 327 ^b |
| Cut meat wt. (kg) | 238 ^a | 254 | 248 ^b |
| Trimmed fat ¹⁾ (kg) | 16.1 ^a | 21.4 ^b | 20.0 ^b |
| Subcutaneous fat thickness (mm) | 16.3 ^a | 20.3 ^b | 20.5 ^b |
| 9-10-11 rib composition (%) | | | |
| Lean | 52.6 | 49.8 | 51.5 |
| Fat | 31.3 | 35.0 | 33.4 |
| Bone | 14.8 | 14.1 | 14.0 |
| L.dorsi area (cm ²) | 40.0 | 38.5 | 38.3 |
| Marbling score ²⁾ | 1.3 | 2.0 | 1.8 |
| Carcass grade | B1:4, B2:2 | B2:6 | B1:1, B2:3 |

1) Trimmed fat from the carcass.

2) Marbling score 1 as BMS No 1, 2 as BMS No 2, 3 as BMS No 3.

Values followed by different letters are significantly different ($P < 0.05$).

胸最長筋の理化学的性状を表5に示した。粗脂肪含量は、屋外1.4%区および対照区が屋外0.8%区にくらべて若干多い傾向を示したが処理間に有意差は認められなかった。総ヘム色素量、脂肪の融点、肉および脂肪の色調は処理間にほとんど差はみられなかった。

厳寒期の2月上旬と雪解けの始まった3月下旬に行った行動調査の結果を図5に示した。厳寒期においては、横臥での反芻時間は、対照区は5.8時間であったのに対して、屋外0.8%区および屋外1.4%区は4.6時間であり、屋外の2区は対照区に比べて横臥での反

| | | | |
|---------------------------|------|------|------|
| Moisture (%) | 73.1 | 72.2 | 72.5 |
| Crude fat (%) | 4.0 | 4.9 | 4.6 |
| pH | 5.43 | 5.47 | 5.50 |
| Total hematin (ppm) | 80.8 | 75.0 | 77.3 |
| Melting point of fat (°C) | 43.8 | 43.8 | 43.3 |
| Meat color L* | 36.2 | 35.7 | 35.5 |
| a* | 21.1 | 20.7 | 20.6 |
| b* | 10.2 | 10.0 | 9.7 |
| Fat color L* | 74.5 | 75.4 | 76.7 |
| a* | 5.5 | 4.6 | 5.1 |
| b* | 5.3 | 4.6 | 5.8 |

Values followed by different letters are significantly different ($P < 0.05$).

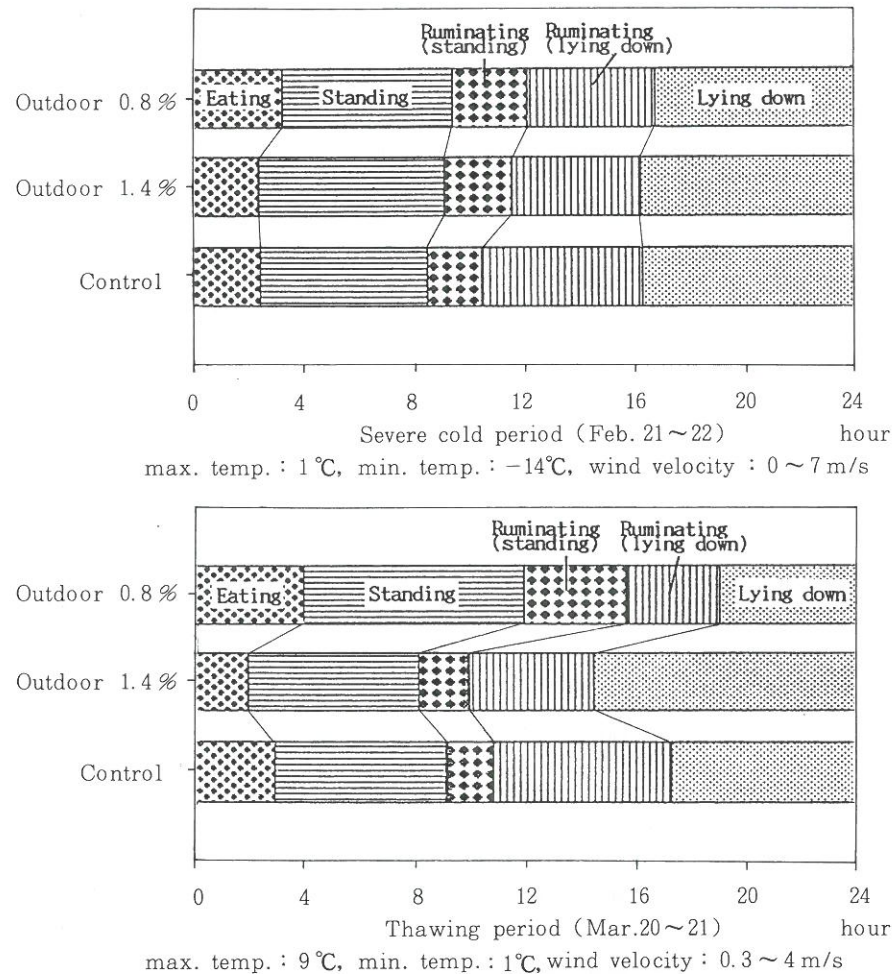


Fig. 5. Daily time of the behavior type at the severe cold period and at the thawing period

融雪期には、屋外パドックは泥ねい化しており、屋外0.8%区は対照区に比べて、横臥での反芻および横臥の合計時間が短い傾向にあった。しかし、屋外1.4%区では横臥合計時間が対照区に比べて若干長くなっており、対照区と屋外肥育との間に一定の傾向は認められなかった。採食時間は対照区に比べて屋外0.8%区は長く、屋外1.4%区では短かった。

考 察

環境温度が低下し臨界温度近くになると、代謝作用による調節が必要となり熱発生量が増加し、採食量も増加する。また、低温環境によって反芻行動および第一、二胃運動が活発になり飼料の消化管内通過速度が早くなり、飼料の乾物消化率の低下が生じるとされている¹⁵⁾。このため、環境温度が低下するとエネルギー利用効率が低下することが知られている。谷地ら¹³⁾は、冬期の屋外肥育は屋内肥育に比べて1kg増体に要したTDN量が、黒毛和種では26%、日本短角種では24%増加したことを報告している。本試験でも同様の傾向が認められ、屋外1.4%区では対照区に比べて濃厚飼料を498kg多く摂取した結果、対照区と同じ日増体量を得ることができたが、1kg増体に要したTDN量は対照区に比べて40%多く、飼料の利用効率は低下することが認められた。一方、屋外0.8%区では対照区に比べてトウモロコシサイレージを701kg多く摂取したが、日増体量は対照区の74%に低下し、1kg増体に要したTDN量は対照区に比べて53%増加し、飼料の利用効率は著しく低下することが認められた。BLAXTER and WAIRMAN¹⁾がアンガス雑種去勢牛を用いて行った試験によると、低温時の臨界温度は飼養条件によって変化し、絶食時には18°C、維持時には7°C、0.5kg日増体時には-0.5°Cで、1kg日増体時には-7°Cと栄養状態が良くなるにつれて臨界温度は低下していくことが示されている。屋外1.4%区では、屋外0.8%区に比べ、濃厚飼料の摂取量が多く栄養条件が良かったため臨界温度が低くなり、同じ環境温度下であっても屋外0.8%区に比べると寒冷の影響が小さかったものと思われる。一方、屋外0.8%区では、濃厚飼料の給与量を対照区と同じ量に制限したために、

には濃厚飼料と乾草のほかに、トウモロコシサイレージを1日当たり約30kg摂取することが必要となるが、1日当たりの平均乾物摂取量は14.0kg、平均体重に対して2.7%となり、これを摂取することが不可能であることは、既応の成績⁷⁾からも明らかである。また、厳寒期には給与後にサイレージが凍結することや飼槽内にも降雪がみられ、一時的に採食量が低下することも考えられる。したがって、積雪寒冷地帯において、平均気温が-5°C前後となるような環境温度で屋外肥育を行う場合、牛舎内肥育と同程度の増体を期待するには、一つの方法として、牛舎内肥育における給与TDN量の40%程度を濃厚飼料で追加給与することが考えられる。

屋外肥育では、寒冷の問題に加えて、春先のパドックの泥ねい化が問題となる^{6,13)}。小竹森ら⁶⁾は、屋外肥育では、3月下旬以降、パドックとくに給餌場所の泥ねい化が激しく、採食条件が悪化し、これが一因となって、肥育後半の増体が停滞したことを報告している。本試験でも、図4に示したように、対照区では気候の温暖化した3月下旬にも高い増体を維持したのに対して、屋外肥育ではこの時期に増体の低下がみられ、泥ねい化による採食量の低下が一因と考えられる。

宮下と早川は⁸⁾、冬期に屋外飼養した牛は屋内飼養牛に比べて被毛が伸長し綿毛が密になったことを、また、WEBSTER¹⁴⁾らは、-28°C条件下で屋外飼育した群では、20°Cで飼育した群に比べて被毛の深さは2倍になったことを報告している。本試験でも、屋外肥育牛の被毛伸長度は対照区に比べて大きく、これらの報告と同様の傾向がみられた。

また、宮下と早川は⁸⁾、冬期に屋外飼養した牛は屋内飼養牛に比べて佇立位の反芻時間が多くなり、粗飼料を断続的に採食することがみられたことを報告している。本試験でも厳寒期ならびに融雪期においてこれと同様の傾向がみられた。また、採食時間は、屋外0.8%区が屋外1.4%区および対照区に比べて多く、これは、屋外0.8%区では他の2区に比べてトウモロコシサイレージの摂取量が多かったためと思われる。

枝肉成績は、屋外1.4%区と対照区との間でほとんど差は認められず、谷地ら¹³⁾および小竹森ら⁶⁾の報告

と一致した。牛舎内肥育と同程度の肥育仕上げ体重にすることができれば、冬期の屋外肥育が枝肉成績に影響を及ぼすことはないことが明らかになった。また、胸最長筋の理化学的性状についても処理間に差は認められず、冬期の屋外肥育が肉の性状に影響を及ぼすことはないものと考えられる。

今回の試験では、北西からの季節風をある程度は防げるようにパドックを配置したが、避難小屋および防風柵などは設置しなかった。冬期の屋外肥育の成果は、避難小屋、防風柵および床面によって影響されることが報告されており^{3,4,16)}、今後はこれらの施設を用いた場合の屋外肥育についても検討していく必要がある。

文 献

- 1) BLAXTER, K. L. and F. W. WAINMAN: Environmental temperature and the energy metabolism and heat emission of steers. *J. Agri. Sci.*, 56: 81-90. (1961).
- 2) BYRON M. LEU, M. P. HOFFMAN and H.L. SELF: Comparison of confinement, shelter and no shelter for finishing yearling steers. *J. Anim. Sci.*, 44: 717-721. (1977).
- 3) HIDIGROU, M. and J. R. LESSARD: Some effects of fluctuating low ambient temperatures on beef cattle. *Can. J. Anim. Sci.*, 51: 111-120. (1971).
- 4) HOFFMAN and H. L. SELF: Shelter and feedlot surface effects on performance of yearling steers. *J. Anim. Sci.*, 31: 967-972. (1970).
- 5) 小竹森訓央・高木亮司・朝日田康司: 牧草多給方式によるヘレフォード種去勢牛の育成肥育, 第1報, 放牧地における肥育が増体成績及び肉質などに及ぼす影響. 北大農学部牧場研報, 11: 39-45. (1983).
- 6) 小竹森訓央・高木亮司・朝日田康司: 同上, 第2報, 冬期屋外肥育が増体成績などに及ぼす影響. 北大農学部牧場研報, 11: 47-54. (1983).
- 7) 小竹森訓央・近藤誠司・朝日田康司: 同上, 第6報, 2夏放牧去勢牛のとうもろこしサイレージ多給が出荷成績などに及ぼす影響. 北大農学部牧場研報, 14: 75-85. (1989).
- 8) 宮下昭光・早川康夫: 北海道における肉用牛の屋外周年飼育, 第2報, 乾草単一給与による育成牛の越冬と代償的成長. 北海道農試研報, 109: 49-59. (1976).
- 9) 森本 宏監修: 動物栄養試験法. 養賢堂, 東京. (1971).
- 10) 新名正勝・清水良彦・裏 悦次・米田裕紀: ヘレフォード去勢牛の育成・肥育に伴う産肉性, 枝肉性状および体構成の推移. 新得畜試研究報告, 13: 19-29. (1983).
- 11) 日本食肉格付協会: 牛・豚枝肉, 牛・豚部分肉取引規格解説書 (1989).
- 12) 西邑隆徳・佐藤幸信・斉藤利朗・裏 悦次: ホルスタイン去勢牛の育成方法が肥育期の発育ならびに産肉性に及ぼす影響. 新得畜試研究報告, 17: 41-51. (1990).
- 13) 谷地 仁・斉藤精三郎・小野寺勉・菊池 惇, 菅原休也・吉田字八: 肉牛の肥育に関する研究(3), 積雪寒冷地における屋外肥育. 岩手県畜試研究報告, 8: 21-35. (1979).
- 14) WEBSTER, A. J. F.: Direct effects of cold weather on the energetic efficiency of beef production in different regions of Canada. *Can. J. Anim. Sci.*, 50: 563-573. (1970).
- 15) WEBSTER, R. and R. J. CHRISTOPHERSON: Effects of cold on digestibility, retention time of digesta, reticulum motility and thyroïd hormones in sheep. *Can. J. Anim. Sci.*, 56: 699-708. (1976).
- 16) 善林明治・嶽 肇: 肉用牛の通年屋外若齢肥育に関する研究, 第1報, 粗飼料多給による日本短角種秋産子牛の肥育. 青森県畜試報告, 8, 83-104. (1972).

Effects of the Level of Concentrate in the Outdoor Winter Fattening Period on Cattle Performance and Meat Quality

Takanori NISIMURA, Yukinobu SATO, Tosiro SAITO

Chiaki TAMURA and Etsuji URA*

Summary

A procedure of fattening steers outdoors in winter without shelter was compared with that for fattening steers confined in the barn to examine the effects on cattle performance. 16 steers that finished the second grazing season were divided into 3 groups. Steers in group Outdoor 0.8%, were fed outdoors with 0.8% body weight of concentrate, 1kg of hay and corn silage ad lib daily, those in group, Outdoor 1.4%, were fed outdoors with 1.4% bodyweight of concentrate, 1 kg of hay and corn silage ad lib daily, and those in the control group were fed outdoors with 0.8% body weight of concentrate, 1 kg of hay and corn silage ad lib daily.

Dry matter and total digestible nutrients consumption during the fattening period was greater in the steers fed outdoors than those fed in the barn. The average final body weights for the group Outdoor 0.8%, Outdoor 1.4% and control were 579 kg, 614 kg and 616 kg, respectively. Steers in group Outdoor 0.8% gained 0.92 kg, those in group Outdoor 1.4% gained 1.24 kg and those in control group gained 1.24 kg daily. The TDN required for 1 kg body weight gain in group Outdoor 0.8% and Outdoor 1.4% were 153% and 140% of the requirements of the control group. Meat quality showed no significant differences between the steers fed outdoors and those fed in the barn.

Key words: Fattening outdoors, Winter, Hereford steers

* Present address: Hokkaido prefectural Konsen Agricultural Experiment Station.

トウモロコシサイレーズ主体混合飼料における粗飼料と濃厚飼料の比率並びに粗蛋白質含量が高泌乳牛の泌乳前期における飼料摂取量と乳生産に及ぼす影響

坂東 健・出岡謙太郎*・原 悟志・森 清一・南橋 昭

ホルスタインの高泌乳牛36頭を供試して、トウモロコシサイレーズを主体とする粗飼料と濃厚飼料の比率(乾物)を80:20, 65:35および50:50の3処理, 全飼料中の粗蛋白質含量(CP, 乾物中)を13%および16%の2処理として組み合わせた6処理の混合飼料を分娩後22週間自由採食させて飼料摂取量, 乳量, 体重などに及ぼす影響について検討した。混合飼料のTDN含量は粗飼料と濃厚飼料の比率が80:20, 65:35および50:50で, それぞれ67, 71および74%であった。粗飼料に対する濃厚飼料の比率が高まるにつれて乾物摂取量と4%FCM量は増加する傾向が認められたが, 処理区間の差は有意でなかった。TDN摂取量, 牛乳のSNF率および蛋白質率並びに日増体重も濃厚飼料の比率が高まるにつれ向上し, 80:20区と50:50区の差は有意であった。一方, CP16%区は13%区に比べて乾物, DCPおよびTDNの摂取量, 4%FCM量が有意に多かった。疾病の発生状況および繁殖性では処理による特定の傾向は認められず, 血液性状はいずれの処理区においても正常値の範囲にあった。

以上, 高泌乳牛の泌乳前期に給与するトウモロコシサイレーズ主体混合飼料の粗飼料:濃厚飼料の比率は65:35から50:50が適当であり, CP含量では16%が13%より優ることが認められた。

トウモロコシサイレーズは北海道において従来から乳牛の粗飼料として利用されているが, 近年早生品種の育成・導入や栽培技術の向上によって収穫適期の黄熟期に調製することが可能になっており, その栄養価²⁵⁾や産乳価値¹⁵⁾は向上している。また, トウモロコシは牧草に比べて, 単位面積当りのTDN収量が多く, サイレーズ調製が容易であるなどの利点があるので, トウモロコシサイレーズを主体とする乳牛の飼養技術について種々の検討がなされている^{3, 4, 5, 8, 13, 14)}。

また一方では, 乳牛の個体乳量は近年著しく増加しており, これを安定的に更に発展させるためにはより精密な栄養管理が必要になる。しかし, 一般に実施されているトウモロコシサイレーズと乾草を混合しないで別々に給与するいわゆる分離給与の条件では, 粗飼料間に嗜好性において差異を生じがちであり²⁾, 特にトウモロコシサイレーズを多給する条件ではその偏食に陥る可能性が大きい。このような粗飼料間の嗜好性の差異を解消し, 飼料を設定どおり採食させるためには全飼料を混合して給与することが望ましいと考えられている⁸⁾。

混合飼料の給与においては粗飼料と濃厚飼料の比率やCP含量の設定が必要になる。このためトウモロコシサイレーズを含む混合飼料においても粗飼料と濃厚飼料の比率が乳生産に及ぼす影響^{7, 10, 17, 19, 24)}について検討されているが, 高泌乳牛を供試して検討した報告はほとんどみられない。また, 混合飼料のCP含量の影響^{6, 12, 18, 32)}についても検討されているが粗飼料と濃厚飼料の比率と関連づけて検討した報告はあまりみられない²⁰⁾。

そこで, 本試験では, 1泌乳期の4%FCM量が8,000kg以上と推定される高泌乳牛群を供試して, トウモロコシサイレーズを主体とする混合飼料における粗飼料と濃厚飼料の比率およびCP含量が泌乳前期の飼料摂取量, 乳量, 乳組成, 体重, 血液性状, 繁殖性などに及ぼす影響について検討した。

試験方法

主な供試飼料の飼料成分と栄養価を表1に, 供試混合飼料の原料割合, 飼料成分および栄養価を表2と表3に示した。粗飼料と濃厚飼料の比率(乾物)を80:20, 65:35および50:50の3処理(以下, 80:20区, 65:35区および50:50区と略記する)とし, これらに

*現在 北海道立滝川畜産試験場

全飼料の乾物中 CP 含量13%および16%(以下, CP 13%区および CP 16%区と略記する)の2処理区をそれぞれ組合せて6処理の混合飼料を調製した。粗飼料はハーベスタの設定切断長を10mmにして調製したトウモ

ロコシサイレーズと15mm程度に切断したチモシー1番刈乾草で, それらの乾物比率を2:1として供試した。混合飼料の CP 含量は大豆粕と圧ペントウモロコシの混合割合を変えることにより調整した。

Table 1. Chemical composition and nutritive value of main ration ingredients

| | Dry matter | Crude protein | Crude fiber | NDF | ADF | Starch | Ca | P | DCP | TDN |
|----------------|------------|-------------------|-------------|------|------|--------|-----|-----|------|------|
| | (%) | (% of dry matter) | | | | | | | | |
| Corn silage | 27.3 | 9.4 | 21.3 | 45.8 | 25.9 | 21.7 | 0.2 | 0.3 | 5.7 | 68.5 |
| Timothy hay | 86.3 | 9.7 | 34.6 | 70.5 | 40.1 | 0.3 | 0.2 | 0.3 | 5.5 | 57.9 |
| Soybean meal | 86.0 | 48.9 | 5.9 | 13.3 | 8.6 | 1.4 | 0.3 | 0.7 | 45.0 | 86.5 |
| Flaked corn | 85.9 | 9.8 | 2.4 | 15.6 | 3.2 | 62.0 | 0 | 0.3 | 7.5 | 91.9 |
| Alfalfa pellet | 88.3 | 17.6 | 23.5 | 41.5 | 28.9 | 1.5 | 1.8 | 0.2 | 12.5 | 59.0 |
| Beet pulp | 87.5 | 9.6 | 19.0 | 47.2 | 25.2 | 0 | 0.6 | 0.1 | 5.9 | 74.2 |

Table 2. Ingredient composition of total mixed rations

| F:C ratio* CP % | 80 : 20 | | 65 : 35 | | 50 : 50 | |
|----------------------|----------------|------|---------|------|---------|------|
| | 13 | 16 | 13 | 16 | 13 | 16 |
| | (% Dry matter) | | | | | |
| Corn silage | 52.5 | 52.2 | 42.8 | 42.9 | 32.8 | 32.8 |
| Timothy hay | 26.3 | 26.4 | 21.3 | 21.2 | 16.6 | 16.6 |
| Soybean meal | 7.0 | 14.1 | 6.6 | 13.8 | 6.1 | 13.4 |
| Flaked corn | 8.2 | 1.1 | 22.1 | 14.8 | 32.1 | 24.9 |
| Alfalfa pellet | 3.7 | 3.8 | 4.9 | 4.9 | 4.9 | 4.9 |
| Beet pulp | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.1 | 5.1 |
| Potato protein | 0.7 | 0.8 | 0.7 | 0.8 | 0.8 | 0.7 |
| Salt | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| Mineral-vitamin sup. | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 |

* Forage : concentrate ratio.

Table 3. Chemical composition and nutritive value of total mixed rations

| F:C ratio* CP % | 80 : 20 | | 65 : 35 | | 50 : 50 | |
|--------------------|-------------------|------|---------|------|---------|------|
| | 13 | 16 | 13 | 16 | 13 | 16 |
| | (% of dry matter) | | | | | |
| Dry matter | 39.8 | 39.1 | 42.3 | 43.2 | 48.7 | 48.8 |
| Crude protein | 13.2 | 16.0 | 13.1 | 16.0 | 13.1 | 15.9 |
| Crude fiber | 21.6 | 21.9 | 18.5 | 18.7 | 15.8 | 16.1 |
| NDF | 46.2 | 46.0 | 40.9 | 40.8 | 36.9 | 36.7 |
| ADF | 25.9 | 26.3 | 22.2 | 22.6 | 19.3 | 19.7 |
| Starch | 16.3 | 11.9 | 22.8 | 18.3 | 26.8 | 22.4 |
| Ca | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 |
| P | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.4 | 0.5 |
| DCP | 9.4 | 12.1 | 9.5 | 12.3 | 9.7 | 12.3 |
| TDN | 67.6 | 67.3 | 71.2 | 70.8 | 74.2 | 73.9 |

* Forage : concentrate ratio.

飼養試験は, 1回につき2~6産のホルスタイン乳牛12頭を供試し, 初産次および前産次の乳量, 産次数などを考慮して2頭ずつ1組として各処理にランダムに割当て, 分娩後22週間実施した。分娩前の8週間は同一飼養期とし, 乾草あるいは乾草主体の粗飼料を自由採食させた。これを3回実施したので供試牛は合計して36頭であった。供試牛は採食量が個体ごとに測定できるスタンション型式の牛舎で飼養した。飼料給与は1日につき6時, 13時および16時の3回とし, 飼料の給与量は10%程度の残食量が出るように毎日調整した。飼料の給与量および残食量は毎日測定した。給与飼料および残食飼料(1週間分混合)の乾物率は毎週1回測定し, 飼料分析は, 3~4か月ごとに調整した混合サンプルを用いて実施した。搾乳回数は1日につき6時と16時の2回であり, 乳量は搾乳ごとに測定し

た。牛乳試料の採取は毎週1回, 朝と夕に連続して行った。体重測定は毎週1回, および分娩日に実施した。採血は分娩前9週, 同2週, 分娩直後, 分娩後6週および22週に実施し, いずれも頸静脈から採取した。

飼料の一般成分は常法²³⁾, ADFおよびNDFはGOERING and VAN SOEST⁹⁾の方法, でんぷんは過塩素酸抽出-グルコースオキシダーゼ比色比¹⁾, カルシウムは原子吸光度法³³⁾, リンはバナドモリブデン酸法³³⁾により, それぞれ分析した。牛乳の脂肪率, 蛋白質率および乳糖率は赤外線牛乳分析機(Foss Electric社製Milko-Scan 104型)により測定し, これらの含量に1.0%を加えて全固形分率を算出した。血清の臨床生化学的検査は表4に示した項目および方法により実施した。

Table 4. Items and methods in chemical analysis of blood and serum

| Item | Method |
|--------------------|--|
| Hematocrit (Ht) | Micro-hematocrit method |
| Total Protein (TP) | Refractometric method |
| Albumin | BCG method |
| BUN | Urease-indophenol method |
| Glucose | Mutarotase-GOD method |
| Total cholesterol | o-phthalaldehyde modified method |
| Phospholipid | Enzyme method |
| Free fatty acid | ACS-ACOD method |
| GOT | POP-p-Chlorphenol color producing method |
| γ -GTP | γ -Glutamyl-p-N-ethyl-N-hydroxydiethyl-amino anilide substrate method |
| Ca | } Atomic absorption Spectrophotometer |
| Mg | |
| P | |
| Na | Flame photometer |

トウモロコシサイレーズ, チモシー乾草, アルファルファペレットおよびビートパルプの栄養価は去勢雄めん羊を用いた消化試験から, その他の飼料では日本標準飼料成分表²⁷⁾に記載されている消化率を用いて, それぞれ算出し, これらを加算して混合飼料の栄養価を求めた。乳牛のDCPおよびTDNの要求量は日本飼養標準(乳牛, 1987年版)²⁸⁾から算出した。

試験成績の統計処理は乱塊法と組み合わせた2元配置法³⁰⁾として行った。

試験結果および考察

乾物, DCP および TDN の摂取量を表5に, 乾物摂取量の推移を図1に示した。乾物摂取量およびその体重に対する割合は, 粗飼料に対する濃厚飼料の比率が高まるにつれて増加する傾向があったが, これらの処理間に有意差は認められなかった。このような結果は粗飼料としてトウモロコシサイレーズを含む混合飼料で検討したHERNANDEZ-URDANETA et al.¹⁰⁾の報告

と一致した。また、MACLEOD et al.¹⁹⁾ は粗飼料と濃厚飼料の比率と乾物摂取量の関係について回帰分析により検討し、濃厚飼料の比率が高まるにつれて乾物摂取量が有意に増加することを報告しているが、80:20区と50:50区の差は1.5 kgであり本試験と同程度であった。一方、CP 16%区は13%区に比べて乾物摂取量およびその体重に対する割合において有意に高かった。この結果はCLAYPOOL et al.⁶⁾、KUNG and HUBER¹⁸⁾ およびMACLEOD et al.²⁰⁾ の報告と同様の

傾向であった。ROFFLER et al.³²⁾ はトウモロコシサイレージ主体飼養において大豆粕添加によりCP含量を高めることが泌乳前期の生産反応に及ぼす効果について飼料の分離給与および混合給与条件で実施した報告を取りまとめ、CP含量を13%から16%に高めると乾物摂取量は0.7 kg増加すると推定している。このようなCP含量の向上による乾物摂取量の増加には、それに伴う乾物消化率の向上^{20,21)} が影響していると考えられる。

Table 5. Mean daily dry matter, DCP and TDN intake of dairy cows fed total mixed ration

| | Forage : concentrate ratio | | | CP % | | F : C ratio × CP % |
|--------------------------------|----------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| | 80 : 20 | 65 : 35 | 50 : 50 | 13 | 16 | |
| DM intake (kg) | 20.2 | 20.8 | 21.9 | 20.0 ^a | 21.9 ^b | NS |
| DM intake (% of BW) | 3.00 | 3.04 | 3.16 | 2.96 ^a | 3.17 ^b | NS |
| CP intake (kg) | 2.96 | 3.04 | 3.15 | 2.62 ^a | 3.47 ^b | NS |
| DCP intake (kg) | 2.20 | 2.28 | 2.41 | 1.91 ^a | 2.67 ^b | NS |
| TDN intake (kg) | 13.6 ^a | 14.8 ^{ab} | 16.1 ^b | 14.2 ^a | 15.4 ^b | NS |
| DCP intake (% of requirement*) | 119 | 116 | 122 | 103 ^a | 135 ^b | NS |
| TDN intake (% of requirement*) | 89 ^a | 91 ^{ab} | 99 ^b | 92 | 94 | NS |

Values followed by different letters are significantly different (P<0.05).
* Calculated from Japanese Feeding Standard for Dairy Cattle (1987).

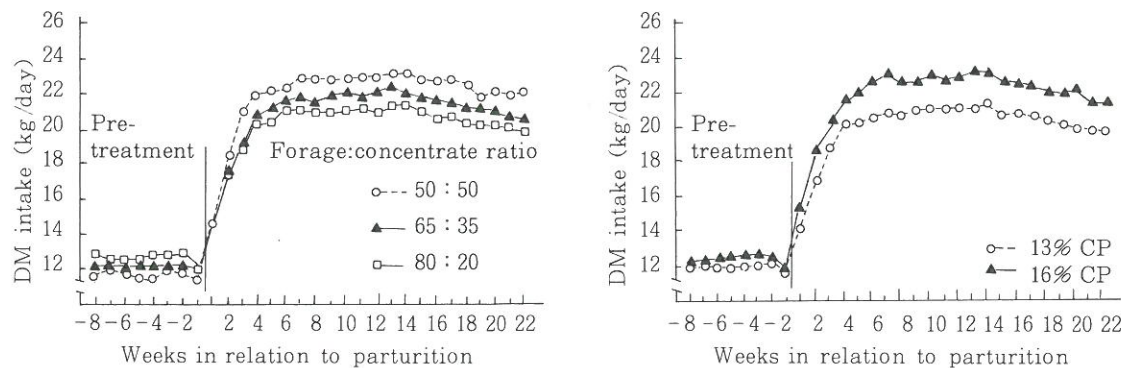


Fig 1. Mean daily dry matter intake of dairy cows fed total mixed ration.

乾物摂取量の推移を見ると、分娩前同一飼養期では全平均で12.1 kgであり、時期的にあまり変動がみられないのに対して、分娩後には各処理区とも速やかに上昇し13週程度で最高となり、それ以降緩やかに低下した。このような推移は一般的に認められている推移²⁶⁾と同様であった。なお、本試験における平均残飼率(残飼乾物量/給与飼料乾物量×100)は6.9%であった。

CPおよびDCPの摂取量は粗飼料と濃厚飼料の比率間に有意差は認められなかったが、CP 16%区ではCP 13%区に比べてそれぞれ0.85, 0.76 kg多く、その差は有意であった。TDN 摂取量は粗飼料に対する濃厚飼料の比率が高まるにつれて増加する傾向があり、80:20区と50:50区の差は有意であった。また、CP 16%区はCP 13%区に比べてTDN 摂取量が有意に多かった。

DCP 充足率は粗飼料と濃厚飼料の比率間に有意差は認められなかったが、CP 16%区は13%区でありCP 13%区の103%に比べて有意に高かった。また、これを経時的にみるとCP 16%区ではいずれの時期においても充足率は100%以上であったが、CP 13%区では分娩後8週まで100%に達しなかった。TDN 充足率は粗飼料に対する濃厚飼料の比率が高まるにつれて向上する傾向があり、80:20区と50:50区の差は有意であった。COPPOCK et al.⁷⁾ は粗飼料に対する濃厚飼料の比率が高まるにつれてエネルギーの要求量がより

早期に充足されることを報告しているが、本試験においても同様の傾向が認められた。一方、CP含量間ではTDN 充足率において有意差が認められなかった。なお、粗飼料と濃厚飼料の比率およびCP含量の両要因間にはこれらの項目において交互作用は認められなかった。MACLEOD et al.²⁰⁾ も乾物摂取量においてこれらの両要因間に交互作用のないことを報告している。乳量、乳組成および体重を表6に、乳量および体重の推移をそれぞれ図2と3に示した。実乳量では65:35区および50:50区が80:20区に比べて、またCP 16

Table 6. Mean daily milk production, milk composition, and body weight of dairy cows fed total mixed ration

| | Forage : concentrate ratio | | | CP % | | F : C ratio × CP % |
|--------------------------|----------------------------|---------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| | 80 : 20 | 65 : 35 | 50 : 50 | 13 | 16 | |
| Milk production (kg) | | | | | | |
| Actual | 30.1 | 32.2 | 31.9 | 30.4 | 32.4 | NS |
| 4% FCM | 29.8 | 31.7 | 32.2 | 30.0 ^a | 32.4 ^b | NS |
| Milk composition (%) | | | | | | |
| Total milk solids | 12.69 ^a | 12.78 ^{ab} | 13.09 ^b | 12.82 | 12.90 | NS |
| Fat | 3.94 | 3.94 | 4.09 | 3.95 | 4.03 | NS |
| SNF | 8.75 ^a | 8.84 ^{ab} | 9.00 ^b | 8.87 | 8.87 | NS |
| Protein | 3.04 ^a | 3.16 ^{ab} | 3.27 ^b | 3.13 | 3.19 | NS |
| Lactose | 4.71 | 4.68 | 4.73 | 4.74 | 4.68 | NS |
| Body weight change (kg) | | | | | | |
| 7 days after calving | 676 | 677 | 674 | 671 | 681 | NS |
| 154 days after calving | 669 | 686 | 704 | 678 | 695 | NS |
| Daily gain 7 to 154 days | -0.05 ^a | 0.07 ^{ab} | 0.20 ^b | 0.05 | 0.09 | NS |

Values followed by different letters are significantly different (P<0.05).

%区はCP 13%区に比べて、それぞれ多い傾向が認められたが、処理区間の差は有意でなかった。4%FCM量では粗飼料に対する濃厚飼料の比率が高まるにつれて増加する傾向が認められたが、これらの処理区間に有意差は認められなかった。一方、CP 16%区はCP 13%区に比べて2.4 kg多くその差は有意であった。MACLEOD et al.¹⁹⁾ は粗飼料と濃厚飼料の比率の影響について回帰分析により検討し、実乳量は濃厚飼料の比率が高くなるにつれて有意に増加するが4%FCM量では有意に増加しないことを報告している。また、HERNANDEZ-URDANETA et al.¹⁰⁾ は粗飼料に対する濃厚飼料の比率を高めると実乳量は増加する傾向を示すが、処理間の差は有意でないことを認めている。一方、混合飼料のCP含量の影響についてKUNG and HUBER¹⁸⁾

はCP含量を高めると実乳量が有意に増加することを、またCLAYPOOL et al.⁶⁾ およびMACLEOD et al.²⁰⁾ は4%FCMが増加する傾向があることを、それぞれ報告している。ROFFLER et al.³²⁾ はトウモロコシサイレージ主体飼養において大豆粕添加によりCP含量を高めることが泌乳前期の生産反応に及ぼす効果について飼料の分離給与および混合給与条件で実施した報告を取りまとめ、CP含量を13%から16%に高めると乳量は2.5 kg増加するが、16%から19%まで高めてもその増加は0.9 kgに過ぎないと推定している。今後、高泌乳牛を用いて混合飼料のCP含量を16%以上に高めた場合の効果について検討する必要がある。

4%FCM量の推移を見ると、各区とも分娩後速やかに上昇し5~6週で最高となり、それ以降緩やかに

低下した。このような推移は一般的に認められている

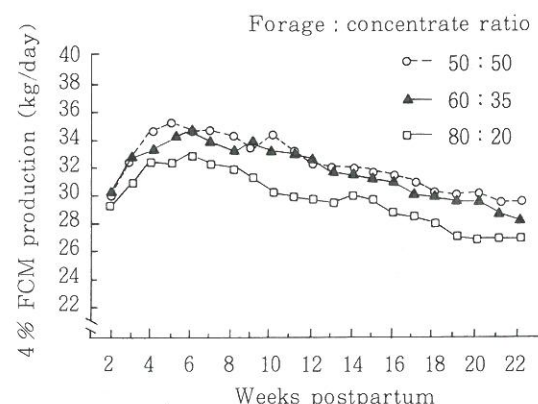


Fig 2. Mean daily 4% FCM production of dairy cows fed total mixed ration.

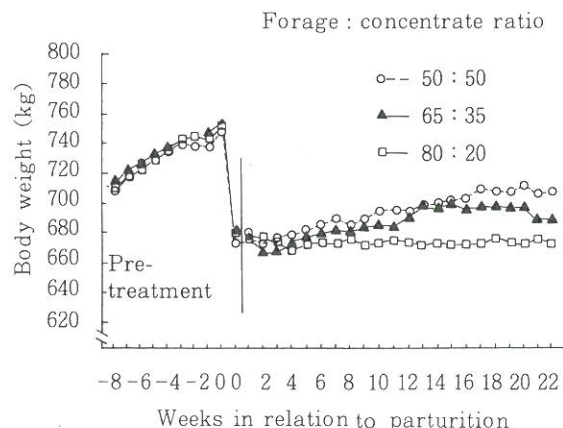
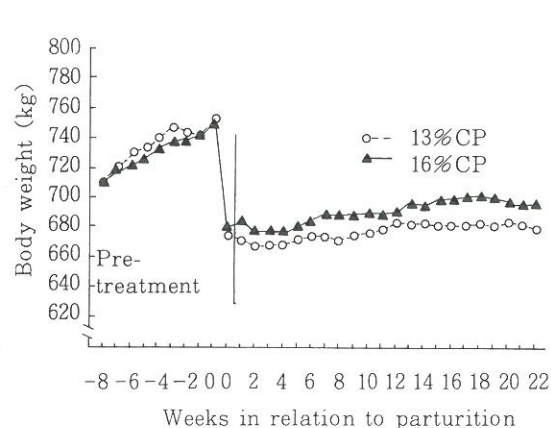
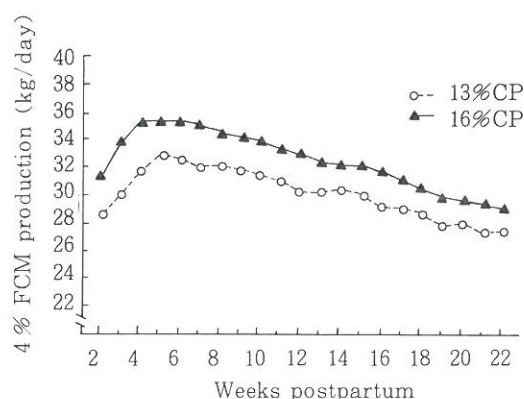


Fig 3. Mean body weights to dairy cows fed total mixed ration.

牛乳の全固形分率, SNF 率および蛋白質率は粗飼料に対する濃厚飼料の比率が高まるにつれて向上する傾向があり, 80:20区と50:50区の差は有意であった。これに対して, CP 含量間ではこれらの乳成分において有意差は認められなかった。MACLEOD et al.¹⁹⁾ は濃厚飼料の比率が高まるにつれて乳蛋白質率が有意に向上することを認め, HERNANDEZ-URDANETA et al.¹⁰⁾ も同様の傾向を報告している。牛乳の SNF 率および蛋白質率はエネルギー給与水準の影響を受けるとされており²⁹⁾, 本試験において牛乳の SNF 率および蛋白質率と TDN 充足率あるいは日増体重との間に次の相関関係と回帰式がえられた。

$$Y_1 = 0.0145 x_1 + 7.5198$$

推移²⁶⁾と同様であった。



$$(n = 36, r = 0.531^{**})$$

$$Y_1 = 0.4601 x_2 + 8.8316$$

$$(n = 36, r = 0.543^{**})$$

$$Y_2 = 0.0161 x_1 + 1.6643$$

$$(n = 36, r = 0.673^{**})$$

$$Y_2 = 0.5014 x_2 + 3.1208$$

$$(n = 36, r = 0.676^{**})$$

$$Y_1 : \text{牛乳のSNF率}(\%)$$

$$Y_2 : \text{牛乳の蛋白質率}(\%)$$

$$x_1 : \text{TDN充足率}(\%)$$

$$x_2 : \text{日増体重}(\text{kg})$$

$$** : P < 0.01$$

乳脂率および乳糖率では粗飼料と濃厚飼料の比率間

および CP 含量間のいずれにおいても有意差は認められなかった。MACLEOD et al.¹⁹⁾ は粗飼料に対する濃厚飼料の比率が高まるにつれて乳脂率は低下し, 乳糖率は向上するが, 本試験程度の粗飼料と濃厚飼料の比率の範囲では乳脂率および乳糖率はあまり変化しないことを報告している。また, 本試験において混合飼料のでんぷん含量は粗飼料と濃厚飼料の比率が50:50, CP 含量が13%の処理区において26.8%と最も高くなったが, 乳脂率は4.00%であり他の処理区と差異がなく, この程度のでんぷん含量では粗飼料としてトウモロコシサイレーズを主体とした混合飼料では乳脂率の低下が認められないことが明らかになった。粗飼料と濃厚飼料の比率を50:50から35:65¹⁹⁾あるいは30:70²⁴⁾にすると乳脂率が0.35あるいは0.48%低下したことが報告されているので, 粗飼料としてトウモロコシサイレーズを主体とする混合飼料における濃厚飼料の割合は50%程度が上限と考えられる。

分娩後7日目および154日目の体重において, 粗飼料と濃厚飼料の比率間および CP 含量間に有意差は認められなかった。しかし, 分娩後7日目から154日目までの日増体重は粗飼料に対する濃厚飼料の比率が高まるにつれて増加する傾向があり, 80:20区と50:50区の差は有意であった。KEYS et al.¹⁷⁾ は濃厚飼料の割合が高い場合に泌乳初期における日増体重が多い傾向にあることを報告している。これに対して, CP 含量間では日増体重において有意差が認められず, KUNG and HUBER¹⁸⁾ の報告と一致した。

また, 体重の推移をみると分娩前同一飼養期の日増体重は全平均で0.689 kgであり, 分娩後では泌乳のごく初期に各処理区とも減少する傾向がみられたが, 50:50区ではそれ以降増加傾向であり, 65:35区においても13週まで増加傾向であったがそれ以降は維持ないし減少傾向であった。これに対して80:20区ではほとんど変化がみられなかった。CP 含量間では処理による特定の傾向はみられなかった。

日増体重と TDN 充足率の間に次の相関関係と回帰式がえられた。

$$Y_3 = 0.0233 x_3 - 2.091$$

$$(n = 36, r = 0.723^{**})$$

$$Y_3 : \text{日増体重}(\text{kg})$$

$$x_3 : \text{TDN充足率}(\%)$$

$$** : P < 0.01$$

この回帰式は TDN の充足率が90%で体重の変化が

なく, それ以上の充足率では増体傾向であることを示している。日本飼養標準(乳牛, 1987年版)²⁸⁾ では乳量20kg以上の場合に養分量を増給することが示されているが, この結果は増給の妥当性について検討する必要があることを示唆していると考えられた。なお, 粗飼料と濃厚飼料の比率および CP 含量の両要因間にはこれらの項目において交互作用は認められなかった。MACLEOD et al.²⁰⁾ も実乳量, 4%FCM量, 乳脂率および乳糖率においてこれらの両要因間に交互作用を認めていないが, 乳蛋白質率と終了時体重において交互作用のあることを報告している。これらの相違には MACLEOD et al.²⁰⁾ の試験では供試牛が初産牛であることや, 粗飼料と濃厚飼料の比率や CP 含量などの試験条件が異なることが影響していると考えられるが明らかではない。

血液および血清の臨床生化学的所見を表7に示した。リン脂質および総コレステロールでは分娩が近づくにつれて低下し, 分娩後では乳期が進むにつれて向上する傾向が認められた。BUN は混合飼料の濃厚飼料の比率が高まるにつれて低下する傾向が分娩後6週に認められた。このことには易発酵性の炭水化物の摂取量の多少が影響していると考えられた^{20, 22)}。また, CP 16%区において乳期が進むにつれて BUN が高まる傾向があり, CP 13%区との間に分娩後6週および22週において有意差が認められた。この結果は混合飼料の CP 含量が高くなるにつれて BUN が向上するという KUNG and HUBER¹⁸⁾ および MACLEOD et al.²⁰⁾ の報告と一致した。さらに, CP 13%区の分娩後6週の BUN はかなり低値³¹⁾であり, 表出していないが, この内でも50:50区において6.2 mg/dl と最も低かった。しかし, 同時期におけるこの区の DCP 充足率は101%であり, 一方 DCP 充足率が92%の65:35区では9.2 mg/dl とやや高く, BUN の正常値については飼料構成との関係を十分に考慮して評価する必要のあることが示唆された。また, 分娩後22週において CP 13%区では濃厚飼料の比率が高まるにつれて BUN が低下したのに対して CP 16%区では上昇傾向であり, 両要因間に交互作用が認められたがその機序については明かでない。一方, 遊離脂肪酸は乳期の進行につれて低下する傾向が認められた。その他の項目では処理区間および時期において大きな変動は認められなかった。各処理区とも, いずれの検査項目においても乾乳期および泌乳期において異常値は認められず¹¹⁾, 本

Table 7. Chemical finding of blood and serum of cows fed total mixed ration

| | Weeks in relation to parturition | | | | | Weeks in relation to parturition | | | | | |
|----------------------|----------------------------------|------|------|------|------|----------------------------------|------|-----|------|--------------------|-------------------|
| | -9 | -2 | 0 | 6 | 22 | -9 | -2 | 0 | 6 | 22 | |
| Ht (%) | | | | | | TP (g/dl) | | | | | |
| 50 : 50 * | 34.0 | 34.0 | 35.0 | 33.5 | 36.0 | 50 : 50 | 7.4 | 6.8 | 6.6 | 7.6 | 7.4 |
| 65 : 35 * | 33.5 | 33.0 | 34.5 | 31.0 | 34.0 | 65 : 35 | 7.4 | 6.9 | 6.5 | 7.4 | 6.8 |
| 80 : 20 * | 36.0 | 35.0 | 36.5 | 32.5 | 35.0 | 80 : 20 | 7.5 | 7.0 | 6.7 | 7.5 | 7.0 |
| 13 ** | 34.5 | 34.5 | 35.5 | 32.5 | 35.0 | 13 | 7.4 | 6.9 | 6.6 | 7.4 | 7.4 |
| 16 ** | 34.5 | 34.0 | 35.5 | 32.5 | 35.0 | 16 | 7.5 | 6.9 | 6.6 | 7.6 | 7.6 |
| Albumin (g/dl) | | | | | | BUN (mg/dl) | | | | | |
| 50 : 50 | 3.7 | 3.6 | 3.6 | 3.8 | 3.9 | 50 : 50 | 12.4 | 9.5 | 12.2 | 9.9 ^a | 13.9 |
| 65 : 35 | 3.7 | 3.6 | 3.6 | 3.9 | 4.0 | 65 : 35 | 10.8 | 9.3 | 11.9 | 13.0 ^{ab} | 14.2 |
| 80 : 20 | 3.8 | 3.7 | 3.7 | 4.0 | 4.1 | 80 : 20 | 10.8 | 8.4 | 13.2 | 14.7 ^b | 14.7 |
| 13 | 3.8 | 3.7 | 3.7 | 3.8 | 4.0 | 13 | 11.1 | 9.0 | 12.3 | 8.9 ^a | 10.4 ^a |
| 16 | 3.7 | 3.6 | 3.6 | 3.9 | 4.0 | 16 | 11.5 | 9.1 | 12.5 | 16.2 ^b | 18.1 ^b |
| Glucose (mg/dl) | | | | | | Total cholesterol (mg/dl) | | | | | |
| 50 : 50 | 64 | 59 | 71 | 63 | 61 | 50 : 50 | 120 | 84 | 62 | 155 | 179 |
| 65 : 35 | 65 | 60 | 70 | 59 | 58 | 65 : 35 | 134 | 83 | 63 | 156 | 177 |
| 80 : 20 | 69 | 61 | 73 | 61 | 63 | 80 : 20 | 128 | 81 | 58 | 151 | 159 |
| 13 | 65 | 60 | 71 | 62 | 62 | 13 | 125 | 85 | 62 | 159 | 173 |
| 16 | 66 | 60 | 71 | 59 | 60 | 16 | 130 | 80 | 60 | 149 | 170 |
| Phospholipid (mg/dl) | | | | | | Free fatty acid (mEq/l) | | | | | |
| 50 : 50 | 116 | 83 | 63 | 165 | 189 | 50 : 50 | - | - | 0.44 | 0.15 | 0.08 |
| 65 : 35 | 132 | 85 | 61 | 168 | 184 | 65 : 35 | - | - | 0.46 | 0.15 | 0.10 |
| 80 : 20 | 125 | 86 | 59 | 161 | 165 | 80 : 20 | - | - | 0.47 | 0.22 | 0.11 |
| 13 | 125 | 87 | 62 | 170 | 186 | 13 | - | - | 0.46 | 0.18 | 0.10 |
| 16 | 123 | 83 | 60 | 159 | 173 | 16 | - | - | 0.45 | 0.17 | 0.10 |
| GOT (K. U.) | | | | | | γ -GTP (IU/l) | | | | | |
| 50 : 50 | 55 | 39 | 47 | 57 | 54 | 50 : 50 | - | - | 13 | 15 | 16 |
| 65 : 35 | 53 | 39 | 54 | 56 | 50 | 65 : 35 | - | - | 13 | 15 | 17 |
| 80 : 20 | 49 | 38 | 49 | 56 | 50 | 80 : 20 | - | - | 11 | 14 | 16 |
| 13 | 50 | 38 | 50 | 58 | 52 | 13 | - | - | 12 | 13 | 15 |
| 16 | 55 | 40 | 49 | 55 | 50 | 16 | - | - | 13 | 15 | 17 |
| Ca (mg/dl) | | | | | | i-P (mg/dl) | | | | | |
| 50 : 50 | 10.1 | 9.9 | 8.9 | 9.9 | 9.7 | 50 : 50 | 5.7 | 5.9 | 5.1 | 5.1 | 5.1 |
| 65 : 35 | 10.1 | 9.7 | 8.6 | 9.8 | 9.6 | 65 : 35 | 5.2 | 5.3 | 4.9 | 5.0 | 5.2 |
| 80 : 20 | 10.1 | 9.8 | 8.7 | 9.8 | 9.8 | 80 : 20 | 5.3 | 5.8 | 4.6 | 5.2 | 5.4 |
| 13 | 10.1 | 9.9 | 8.8 | 9.9 | 9.7 | 13 | 5.5 | 5.8 | 5.1 | 5.0 | 5.3 |
| 16 | 10.1 | 9.7 | 8.7 | 9.7 | 9.8 | 16 | 5.3 | 5.6 | 4.7 | 5.2 | 5.1 |
| Mg (mg/dl) | | | | | | Na (mEq/l) | | | | | |
| 50 : 50 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.4 | 2.4 | 50 : 50 | 146 | 147 | 151 | 148 | 147 |
| 65 : 35 | 2.2 | 2.2 | 2.1 | 2.4 | 2.3 | 65 : 35 | 146 | 148 | 151 | 146 | 146 |
| 80 : 20 | 2.3 | 2.3 | 2.3 | 2.6 | 2.5 | 80 : 20 | 146 | 148 | 151 | 146 | 147 |
| 13 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.5 | 2.3 | 13 | 146 | 147 | 151 | 147 | 147 |
| 16 | 2.3 | 2.2 | 2.2 | 2.5 | 2.5 | 16 | 146 | 148 | 151 | 147 | 146 |

Values followed by different letters are significantly different (P < 0.05).
 * Forage : concentrate ratio.
 ** CP (%).

試験で用いた飼料構成は臨床生化学的見地から特に問題のないことが明らかになった。
 疾病の発生状況を表8に示した。分娩前後の飼養失

宜が原因と考えられているケトージス、起立不能症、第四胃変位の発生は認められず、特定の疾病が特定の処理に集中することはなかった。

Table 8. Incidence of treated abnormalities of dairy cows fed total mixed ration

| | Forage : concentrate ratio | | | CP % | |
|---------------------------|----------------------------|---------|---------|------|----|
| | 80 : 20 | 65 : 35 | 50 : 50 | 13 | 16 |
| Diarrhea | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| Retained placenta | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| Ovarian cyst | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| Vaginitis | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| Repeat breeder | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| Mastitis | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Sprain | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Leg edema | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| Total number of treatment | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 |
| Total number of cows used | 12 | 12 | 12 | 18 | 18 |

Table 9. Reproductive performance of dairy cows fed total mixed ration

| | CP (%) | Forage : concentrate ratio | | | Mean |
|----------------------------------|--------|----------------------------|---------|---------|-------|
| | | 80 : 20 | 65 : 35 | 50 : 50 | |
| Conception rate | 13 | 5/6 | 6/6 | 6/6 | 17/18 |
| | 16 | 4/4* | 6/6 | 5/6 | 15/16 |
| | Mean | 9/10 | 12/12 | 11/12 | |
| Calving to first estrus (days) | 13 | 30 | 29 | 35 | 31 |
| | 16 | 44 | 37 | 42 | 41 |
| | Mean | 37 | 33 | 38 | |
| Calving to first breeding (days) | 13 | 72 | 74 | 72 | 73 |
| | 16 | 92 | 75 | 76 | 81 |
| | Mean | 82 | 75 | 74 | |
| Calving to conception (days) | 13 | 87 | 127 | 112 | 110 |
| | 16 | 144 | 106 | 137 | 126 |
| | Mean | 113 | 116 | 123 | |
| Services per conception | 13 | 1.8 | 2.7 | 2.3 | 2.3 |
| | 16 | 2.8 | 2.3 | 3.0 | 2.7 |
| | Mean | 2.2 | 2.5 | 2.6 | |

* Excluded two cows that could not have chance of diagnosis of pregnancy.

繁殖成績を表9に示した。妊娠鑑定の機会がなかった2頭を除く34頭の乳期内受胎率は94%であり、不受胎牛が特定の処理に偏ることはなかった。分娩後初発情までの日数ではCP 16%区がCP 13%区に比べて多い傾向が認められたが、その他の項目では一定の傾向

が認められなかった。JORDAN and SWANSON¹⁶⁾は分娩後初発情および初排卵までの日数、妊娠に要した授精回数において本試験のCP含量の範囲では差異がないが、分娩後受胎までの日数はCP含量が高くなるにつれて増加することを報告している。今後さらに例数を

増やしてこれらの要因が繁殖性に及ぼす影響について検討する必要がある。

以上、乾物および養分の摂取量、乳量、乳組成、体重変化、血液性状などから判断して、高泌乳牛の泌乳前期に給与するトウモロコシサイレージ主体混合飼料の粗飼料と濃厚飼料の比率は65:35から50:50が適当であり、CP含量では16%が13%より優ることが認められた。

終わりに、本試験の実施に当たり飼料および牛乳の分析に御協力を頂いた当場柴田幹江氏（現在畜産生物工学科所属）に深く感謝いたします。

文 献

- 1) 阿部 亮：炭水化物成分を中心とした飼料分析法とその飼料栄養価評価法への応用。畜産試験場研究資料, No 2 : 7. 農林水産省畜産試験場. (1988).
- 2) 坂東 健・出岡謙太郎・岡本全弘・曾根章夫：チモシー乾草とトウモロコシサイレージの採食比率が飼料摂取量および乳生産に及ぼす影響。新得畜試研究報告, 16 : 1-7. (1988).
- 3) 坂東 健・出岡謙太郎：トウモロコシサイレージ主体飼養における牧草サイレージの併給が乳牛の飼料摂取量と乳生産に及ぼす影響。新得畜試研究報告, 17 : 7-12. (1990).
- 4) 坂東 健・出岡謙太郎：トウモロコシサイレージ主体飼養におけるマメ科牧草サイレージの併給が乳牛の飼料摂取量と乳生産に及ぼす影響。新得畜試研究報告, 17 : 13-19. (1990).
- 5) 坂東 健・出岡謙太郎：泌乳牛のトウモロコシサイレージ主体飼養における窒素施肥量および刈取時期を異にする牧草サイレージの併給効果。新得畜試研究報告, 17 : 21-26. (1990).
- 6) CLAYPOOL, D.W., M.C. PANGBORN and H. P. ADAMS : Effect of dietary protein on high-producing dairy cows in early lactation. J. Dairy Sci., 63 : 833-837. (1980).
- 7) COPPOCK, C.E., C.H. NOLLER and S. A. WOLFE : Effect of forage-concentrate ratio in complete feeds fed ad libitum on energy intake in relation to requirements by dairy cows. J. Dairy Sci., 57 : 1371-1380. (1974).
- 8) 出岡謙太郎・岡本全弘・原 悟志・伊東季春：トウモロコシサイレージを主体とする混合飼料の給与が飼料摂取量と乳生産に及ぼす影響。新得畜試研究報告, 16 : 25-29. (1988).
- 9) GOERING, H.K., and P. J. VAN SOEST : Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures, and some applications) U.S.D. A., Agr. Handb., 379 : 1-9. (1970).
- 10) HERNANDEZ-URDANETA, A., C.E. COPPOCK, R.E. MCDOWELL, D. GIANOLA, and N.E. SMITH : Changes in forage-concentrate ratio of complete feeds for dairy cows. J. Dairy Sci., 59 : 695-707. (1976).
- 11) 北海道立滝川畜産試験場：北海道における乳牛の健康指標作成に関する試験。昭和59年度北海道農業試験会議資料. (1985).
- 12) HOLTER, J. B., J. A. BYRNE, and C. G. SCHWAB : Crude protein for high milk production. J. Dairy Sci., 65 : 1175-1188. (1962).
- 13) 和泉康史・裏 悦次：泌乳初期における濃厚飼料の給与量が飼料摂取量、乳量および乳組成に及ぼす影響。日畜会報, 48 : 468-473. (1977).
- 14) 和泉康史・裏 悦次・岡本全弘・渡辺 寛：ビートパルプおよび飼料用ビートの給与が飼料摂取量、乳量および乳組成に及ぼす影響。日畜会報, 47 : 588-591. (1976).
- 15) 和泉康史・渡辺 寛・岡本全弘・裏 悦次・福井孝作・曾根章夫：異なる品種のとうもろこしサイレージとチモシーサイレージの産乳価値の比較。日畜会報, 47 : 418-422. (1976).
- 16) JORDAN, E. R., and L. V. SWANSON : Effect of crude protein on reproductive efficiency, serum total protein, and albumin in the high-producing dairy cow. J. Dairy Sci., 62 : 58-63. (1979).
- 17) KEYS, J. E., R. E. PEARSON, N. W. HOOVEN, H. F. TYRRELL, and G. W. BODOH : Individual versus group feeding of constant versus variable forage : concentrate of total mixed rations through two lactations and intervening dry period. J. Dairy Sci., 66 : 1076-1083. (1983).
- 18) KUNG, L. JR., and J. T. HUBER : Performance of high producing cows in early lactation fed protein of varying amounts, sources, and degradability. J. Dairy Sci., 66 : 227-234. (1983).
- 19) MACLEOD, G. K., D. G. GRIEVE, and I. MCMILLAN : Performance of first lactation dairy cows fed complete rations of several ratios of forage to concentrate. J. Dairy Sci., 66 : 1668-1674. (1983).
- 20) MACLEOD, G. K., D. G. GRIEVE, I. MCMILLAN, and G. C. SMITH : Effect of varying protein and energy densities in complete rations fed to cows in first lactation. J. Dairy Sci., 67 : 1421-1429. (1984).
- 21) MOE, P. W., and H. F. TYRRELL : Net energy value for lactation of high- and low-protein diets containing corn silage. J. Dairy Sci., 55 : 318-324. (1972).
- 22) 森 清一・工藤卓二・坂東 健・原 悟志・八田忠雄・恒光 裕：でん粉粕サイレージ給与時における泌乳牛の血液成分の変化。新得畜試研究報告, 15 : 41-49. (1986).
- 23) 森本 宏監修：動物栄養試験法。養賢堂, 東京. (1971).
- 24) 中辻浩喜・原 悟志・黒沢弘道・森 清一・小倉紀美：泌乳牛のトウモロコシサイレージ主体飼養時における濃厚飼料割合の違いと重曹添加が乳生産、ルーメン内性状および消化率に及ぼす影響。新得畜試研究報告, 18 : 21-29. (1991).
- 25) 名久井忠・櫛引英男・岩崎 薫・早川政市：トウモロコシサイレージにおける早晩性品種の飼料価値、栄養収量の年次変動について。北海道農試研報, 126 : 149-162. (1980).
- 26) NATIONAL RESEARCH COUNCIL : Nutrient requirements of dairy cattle, Sixth revised edition : 2-5. National Academy Press, Washington, D. C. (1988).
- 27) 農林水産省農林水産技術会議事務局編：日本標準飼料成分表（1987年版）：中央畜産会, 東京. (1987).
- 28) 農林水産省農林水産技術会議事務局編：日本飼養標準, 乳牛（1987年版）. 中央畜産会, 東京. (1987).
- 29) 大森昭一郎：牛乳の無脂固形分の変動と乳牛の飼養管理(2). 畜産の研究, 31 : 259-262. (1977).
- 30) 応用統計ハンドブック編集委員会編：応用統計ハンドブック : 229-232. 養賢堂, 東京. (1978).
- 31) PAYNE, J. M., G. J. ROWLANDS, R. MANSTON, and S. M. DEW : A statistical appraisal of the results of metabolic profile tests on 75 dairy herds. Brit. Vet. J., 129 : 370-381. (1973).
- 32) ROFFLER, R. E., J. E. WRAY, and L. D. SATTER : Production responses in early lactation to additions of soybean meal to diets containing predominantly corn silage. J. Dairy Sci., 69 : 1055-1062. (1986).
- 33) 植物分析法委員会編：栄養診断のための栽培植物分析測定法。養賢堂, 東京. (1975).

Influence of Forage-Concentrate Ratio and Protein Percent of Corn Silage-Based Total Mixed Rations on Feed Intake and Milk Production of High Producing Dairy Cows in Early Lactation

Takeshi BANDO, Kentaro DEOKA*, Satoshi HARA,

Kiyokazu MORI and Akira MINAMIHASHI

Summary

Thirty-six high producing Holstein cows were used in a 3×2 factorial design to evaluate the influence of three ratios of forage to concentrate on a dry basis (80:20, 65:35, and 50:50) with two crude protein contents (13% and 16% dry matter) of corn silage-based total mixed rations on feed intake, milk production, daily gain and blood metabolites in early lactation. Forage consisted of a 2:1 dry matter mixture of corn silage and chopped first cutting timothy hay. Cows were fed total mixed rations ad libitum for 22 weeks after parturition.

TDN contents of 80:20, 65:35 and 50:50 ration were 67, 71 and 74% respectively. Although DM intake and 4% FCM production tended to be higher as ratios of concentrate to forage increased, differences among treatments were not significant ($P > 0.05$). TDN intake, milk SNF and protein percentage and daily gain increased as ratios of concentrate to forage increased, and differences between 80:20 ration and 50:50 ration were significant ($P < 0.05$).

Intake of DM, DCP and TDN, 4% FCM production were significantly higher ($P < 0.05$) on 16% than on 13% crude protein ration. There were no interactions between forage-concentrate ratios and crude protein contents on feed intake, milk production, or daily gain. There was no specific tendency among treatments on incidence of treated abnormalities and reproductive performance. Serum BUN was significantly higher ($P < 0.05$) on 16% than on 13% crude protein ration, but blood metabolites were within normal range on all treatments.

It was concluded that the adequate forage-concentrate ratio of corn silage-based total mixed ration fed in early lactation was 65:35 to 50:50, and that 16% crude protein ration was superior to 13% crude protein ration.

Key word : corn silage, TMR, forage : concentrate ratio, protein percent, milk production

* Present address : Hokkaido Prefectural Takikawa Animal Husbandry Experiment Station

牛体外受精においてカフェイン濃度およびヘパリン濃度が精子の侵入および受精に及ぼす効果

南橋 昭・山本 裕介・伊東 季春・工藤 卓二

1頭の牛凍結精子をカフェイン(Cf)およびヘパリン(Hp)の両方を含む BRACKETT and OLIPHANT の培養液で3~4時間培養し、牛体外成熟卵子に授精した。Cf濃度は0, 2.5, 5, 10または20mMおよびHp濃度は0, 0.5, 1, 2または4 units/mlとし、これらを組み合わせて合計23区を設定した。授精後、5~6時間目に卵子を10多子牛血清を含むTCM 199液に移し換え、17~19時間目に固定して染色標本とし、精子の侵入および前核の形成を検査した。なお、本実験における培養はすべて37°C, 5%CO₂, 95%空気の条件下で行った。Cf濃度, Hp濃度およびこれらの多次の項を説明変数とし、成熟卵に対する精子侵入卵の割合(精子侵入率), 雄性前核形成卵の割合(雄性前核形成率), 正常受精卵の割合(正常受精率)および多精子受精卵の割合(多精子受精率)を目的変数として重回帰分析を行った。

精子侵入率および正常受精率は、CfおよびHpを併用したときにはそれぞれ47.6~100%および38.1~70.1%であり、CfおよびHpの濃度にかかわらず、CfおよびHpを単独で用いたときの和よりも大きかったことから、CfとHpには精子の侵入に対して相乗作用があると考えられた。また、多精子受精率と精子侵入率の間には有意な相関が認められた($r = 0.833$, $P < 0.01$)。精子侵入率, 雄性前核形成率, 正常受精率および多精子受精率のいずれを目的変数とした場合も寄与率0.731以上の回帰式が得られ、これらはCf濃度およびHp濃度に依存することが示された。得られた回帰式から、精子侵入率はCf濃度が5~17mMのときHp濃度が1~4 units/mlでおおよそ90~100%, 正常受精率はCf濃度が3~15mMのときHp濃度が1.5~3.5 units/mlでおおよそ60~65%とそれぞれ広い濃度範囲で良好な成績の得られることが示された。

牛精子に体外で受精能獲得および先体反応を誘起させる方法として、雌性生殖道内¹⁾, 高イオン強度液²⁾, カルシウムイオノホア³⁾などを用いる方法に加え、近年カフェイン⁴⁾(Cf)あるいはヘパリン⁵⁾(Hp)を用いる方法が報告されている。OHGODA et al.⁴⁾は、牛凍結精子をCfとともに5時間培養して授精し、平均32.2%の精子侵入率を得たと報告している。PARRISH et al.⁶⁾は、牛射出精子をHpとともに4時間培養することにより受精能獲得が誘起され、精子侵入率が有意に高まること、先体反応の誘起率および精子侵入率はHp濃度に依存することを報告している。NIWA and OHGODA⁷⁾は、牛凍結精子をCfおよびHpで処理して授精し、精子侵入率はCfの存在下においてHp濃度に依存すること、Cf⁴⁾あるいはHpを単独で用いるよりも併用することにより有意に高い精子侵入率が得られたことから、CfとHpには精子の侵入に対して協働作用があることを報告している。しかし、これらの報告においてはCf濃度については検討されおらず、また、Cfの存在下でHp濃度について検討

したNIWA and OHGODA⁷⁾の得た精子侵入率および正常受精率は低かった。

著者らは牛の体外受精において取扱いの簡易な凍結精子を用いてCfおよびHpの処理により高い精子侵入率および正常受精率を得るために、Cf濃度およびHp濃度が凍結精子に及ぼす効果を牛体外成熟卵子への精子の侵入および前核の形成を検査することにより検討した。

材料と方法

実験区の設定

Cf濃度5水準(0, 2.5, 5, 10, 20mM)およびHp濃度5水準(0, 0.5, 1, 2, 4 units/ml)を組み合わせて合計23区を設定して精子処理を行い、牛体外成熟卵子に授精して受精の判定を行った。実験は合計3回行い、各区それぞれ1~3回繰り返した。卵子は合計1,033個を使用した。

精子の処理

精子は1頭のアバディーンアンガスの凍結精子を用いた。これを37°Cの温湯で融解して試験管に入れ、牛血清アルブミン(BSA)を除き、Cf(Caffeine sodium benzoate; Sigma Chemical Co., St. Luis, MO) 0, 5, 10, 20または40 mMを含むBRACKETT and OLIPHANTの培養液⁸⁾(BO液)を加えて586 × g (1,800 rpm)で5分間2回遠心分離して洗浄した。精子濃度を2 × 10⁷ sperm/mlに調整した後、この精子浮遊液にHp(ヘパリンナトリウム注射液, 腸粘膜由来; Novo Industries A/S, Denmark)およびBSA(Albumin, Bovine, Crystallized and lyophilized; Sigma Chemical Co., St., Luis, MO)を含むBO液を加えて希釈し、Cf濃度を0, 2.5, 5, 10または20 mM, Hp濃度を0, 0.5, 1, 2または4 units/ml, BSA濃度を10 mg/ml, 精子濃度を1 × 10⁷ sperm/mlとした。希釈した精子浮遊液を0.1 mlの小滴とし、流動パラフィン(Nacalai Tesque Inc., Kyoto, Japan)を重層して3~4時間培養し、授精に供した。なお、本試験における培養はすべて、37°C, 5% CO₂, 95%空気の条件で行った。

卵子の採取および体外成熟培養

屠畜場のホルスタインから採取した卵巣は滅菌生理食塩水に浸して35~39°Cに保温し、3時間以内に実験室に持ち帰った。直径2~5 mmの小卵胞から卵胞液とともに吸引採取した卵子を10%牛血清(New Born Calf Serum; Mitsubishi Chemical Industries Limited, Tokyo, Japan)を含むTCM 199液(TCM-199 with Earle's salts, sodium bicarbonate, L-glutamine and 25 mM hepes buffer; Gibco Laboratories, Grand Island, NY)で3回洗浄し、卵丘細胞が緊密に付着し、細胞質が均質な卵子のみを選別して実験に供した。成熟培養は、10%牛血清を含むTCM 199液を0.1 mlの小滴とし、流動パラフィンを重層して24~25時間行った。卵子は1小滴に10個とした。

授精および受精の判定

授精は、3~4時間培養した精子浮遊液に体外成熟培養を終了した卵子を導入することにより行い、授精後5~6時間目に卵子を10%牛血清を含むTCM 199液に移し変えて培養を継続した。授精後17~19時間目に卵子を25%アセトアルコールで固定し、1%ア

セトオルセインで染色してホルマウント標本を作製した。これを位相差顕微鏡の1,000倍で検査し、以下の基準で受精の判定を行った。

精子侵入卵: 精子尾部および膨化精子頭部あるいは前核を有する卵子, または複数の前核および第2極体を有する卵子。

雄性前核形成卵: 精子侵入卵のうち前核を有する卵子。

正常受精卵: 雄性前核形成卵のうち2つの前核および1つの精子尾部あるいは第2極体を有する卵子。

多精子受精卵: 精子侵入卵のうち複数の精子尾部および膨化精子頭部あるいは前核を有する卵子, または3つ以上の前核を有する卵子。

成熟卵: 第2成熟分裂中期の核を有する卵子および精子侵入卵。

また、成熟卵数に対する精子侵入卵の割合を精子侵入率、雄性前核形成卵の割合を雄性前核形成率、正常受精卵の割合を正常受精率および多精子受精卵の割合を多精子受精率とした。

重回帰分析

Cf濃度(X1), Hp濃度(X2)およびこれらの多次の項を説明変数とし、精子侵入率(Y1), 雄性前核形成率(Y2), 正常受精率(Y3)および多精子受精率(Y4)のそれぞれを目的変数として重回帰分析を行った。重回帰分析は、パーソナルコンピュータ用の多変量解析システムJUSE-QCAS/MA1(日本科学技術研修所, 東京)を用いて行った。

結 果

Cf濃度およびHp濃度の組み合わせによる精子処理23区それぞれの受精の判定結果を表1に示した。Cf 0 mM-Hp 1 units/mlの区を除いて精子侵入卵および正常受精卵が得られ、精子侵入卵の得られたいずれの区においてもその80%以上、平均97.1%が雄性前核を形成した。精子侵入率および正常受精率はCfおよびHpを併用したときにはそれぞれ47.6~100%および38.1~70.1%であったが、Cf濃度が0 mMの区、すなわちHpを単独で用いたときにはともに0~10.5%, Hp濃度が0 units/mlの区、すな

わちCfを単独で用いたときにはそれぞれ21.4~59.6%および17.9~40.4%とともに低かった。また、多精子受精卵は精子侵入卵のうち正常受精卵以外の卵子の平均74.1%と大部分を占め、多精子受精率と精子侵入率の間に有意な相関が認められた(r=0.833, P<0.01)。

重回帰分析により得られた回帰式および寄与率を表

2に示した。精子侵入率、雄性前核形成率および正常受精率はいずれもCf濃度の1/3乗または1/4乗およびHp濃度の1/3乗または1/4乗の形、多精子受精率はCf濃度の2乗およびHp濃度の1/3乗の形で表現され、寄与率は0.731~0.860と良好であった。また、重回帰分析に関する分散分析から回帰成分は残差よりも1%水準で有意に大きいと判定された。

Table 1. Effects of caffeine and heparin concentrations on in vitro penetration, male pronuclei formation, normal fertilization and polyspermy of bovine oocytes matured in vitro

| Concentration of | | Number of trials | Number of oocytes | | | | | |
|------------------|--------------------|------------------|-------------------|---------|-----------------------------|--|--------------------------------------|------------------------------|
| Caffeine (mM) | Heparin (units/ml) | | Examined | Matured | Penetrated (%) ^a | Male pronuclei formed (%) ^a | Normally fertilized (%) ^a | Polyspermic (%) ^a |
| 0 | 0 | 1 | 20 | 19 | 1 (5.3) | 1 (5.3) | 1 (5.3) | 0 (0.0) |
| 0 | 0.5 | 1 | 21 | 19 | 1 (5.3) | 1 (5.3) | 1 (5.3) | 0 (0.0) |
| 0 | 1 | 1 | 19 | 19 | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) |
| 0 | 2 | 1 | 20 | 19 | 2 (10.5) | 2 (10.5) | 2 (10.5) | 0 (0.0) |
| 2.5 | 0 | 3 | 58 | 56 | 12 (21.4) | 11 (19.6) | 10 (17.9) | 0 (0.0) |
| 2.5 | 0.5 | 3 | 58 | 52 | 29 (55.8) | 28 (53.8) | 26 (50.0) | 2 (3.8) |
| 2.5 | 1 | 3 | 57 | 54 | 37 (68.5) | 34 (63.0) | 30 (55.6) | 2 (3.7) |
| 2.5 | 2 | 3 | 81 | 77 | 68 (88.3) | 68 (88.3) | 54 (70.1) | 11 (14.3) |
| 2.5 | 4 | 2 | 39 | 34 | 29 (85.3) | 28 (82.4) | 21 (61.8) | 5 (14.7) |
| 5 | 0 | 3 | 56 | 55 | 15 (27.3) | 14 (25.5) | 13 (23.6) | 0 (0.0) |
| 5 | 0.5 | 3 | 62 | 59 | 42 (71.2) | 41 (69.5) | 35 (59.3) | 6 (10.2) |
| 5 | 1 | 3 | 55 | 53 | 45 (84.9) | 44 (83.0) | 33 (62.3) | 8 (15.1) |
| 5 | 2 | 3 | 79 | 78 | 74 (94.9) | 74 (94.9) | 54 (69.2) | 19 (24.4) |
| 5 | 4 | 2 | 33 | 31 | 29 (93.5) | 29 (93.5) | 18 (58.1) | 10 (32.3) |
| 10 | 0 | 3 | 60 | 52 | 31 (59.6) | 31 (59.6) | 21 (40.4) | 7 (13.5) |
| 10 | 0.5 | 3 | 60 | 57 | 49 (86.0) | 49 (86.0) | 33 (57.9) | 11 (19.3) |
| 10 | 1 | 3 | 61 | 58 | 58 (100.0) | 57 (98.3) | 35 (60.3) | 20 (34.5) |
| 10 | 2 | 3 | 74 | 68 | 65 (95.6) | 62 (91.2) | 40 (58.8) | 20 (29.4) |
| 10 | 4 | 2 | 41 | 35 | 35 (100.0) | 34 (97.1) | 18 (51.4) | 13 (37.1) |
| 20 | 0 | 1 | 20 | 17 | 5 (29.4) | 4 (23.5) | 4 (23.5) | 0 (0.0) |
| 20 | 0.5 | 1 | 21 | 21 | 10 (47.6) | 9 (42.9) | 8 (38.1) | 1 (4.8) |
| 20 | 1 | 1 | 18 | 17 | 14 (82.4) | 13 (76.5) | 9 (52.9) | 3 (17.6) |
| 20 | 2 | 1 | 20 | 20 | 13 (65.0) | 12 (60.0) | 10 (50.0) | 2 (10.0) |

a: Percentage of number of oocytes matured.

Table 2. Regression equations for percentages of oocytes penetrated, formed male pronuclei, fertilized normally and polyspermic in vitro, using caffeine and heparin concentrations and some higher and lower orders of them as independent variables

| Percentage of oocytes | Regression equations | R ² |
|-----------------------|---|----------------|
| Penetrated | Y1={ sin (-9.583+28X1 ^{1/3} - 0.000011 X1 ⁵ + 78X2 ^{1/3} - 48X2 ^{1/5} - 1.574X2 ²) π/180 } ² | 0.860 |
| Formed male pronuclei | Y2={ sin (-9.123+27X1 ^{1/3} - 0.000012 X1 ⁵ + 27X2 ^{1/3} - 7X2 ^{1/5}) π/180 } ² | 0.836 |
| Fertilized normally | Y3={ sin (-1.808+29X1 ^{1/4} - 1.674 X1 + 18X2 ^{1/4} - 0.008 X2 ⁵) π/180 } ² | 0.731 |
| Polyspermic | Y4={ sin (-13.014 + 5.045 X1 - 0.21 X1 ² + 15 X2 ^{1/3}) π/180 } ² | 0.740 |

X1=Caffeine concentration (mM), X2=Heparin concentration (units/ml).

次に Cf 濃度および Hp 濃度を実験で用いた濃度の範囲内で変化させて回帰式に代入し、精子侵入率、正常受精率および多精子受精率を計算した。計算により得られた推定値を図 1 に示した。

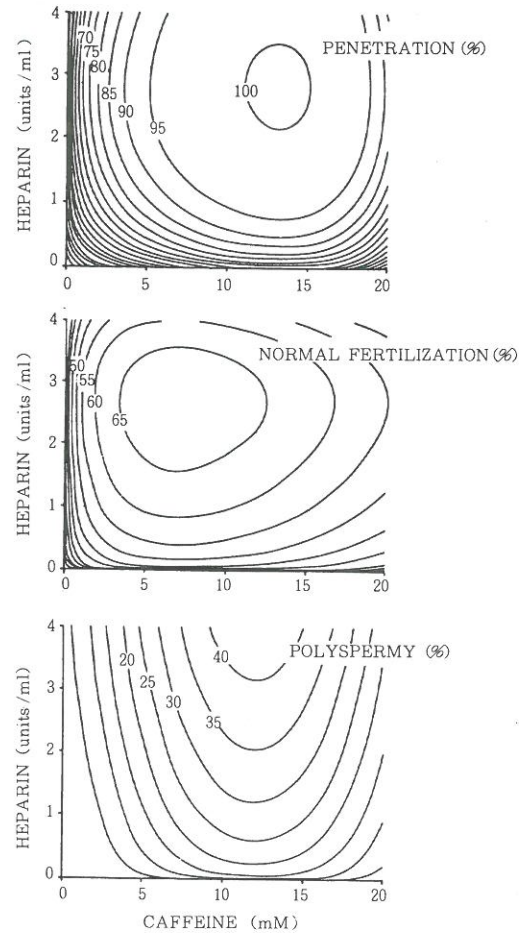


Fig 1. Effects of caffeine and heparin concentrations on in vitro penetration, normal fertilization and polyspermy of bovine oocytes matured in vitro. The percentage of oocytes penetrated (upper), normally fertilized (middle) and polyspermic (bottom) on caffeine concentrations from 0 to 20 mM and heparin from 0 to 4 units/ml were estimated by regression equations obtained from data analysis by multiple regression shown in Table 2.

図 1 において精子侵入率は、Cf 濃度が 5 mM および Hp 濃度が 1 units/ml までは Cf 濃度および Hp 濃度の増加に伴って急激に上昇し、その後は非常にゆるやかに上昇および下降した。また、Cf 濃度が 5~17 mM のとき Hp 濃度が 1~4 units/ml でおよそ 90~100% の良好な値が得られ、Cf 濃度が 13 mM 付近および Hp 濃度が 3 units/ml 付近に極大値が存在した。

正常受精率は、Cf 濃度が 2 mM および Hp 濃度が 0.5 units/ml までは Cf 濃度および Hp 濃度の増加に伴って急激に上昇し、その後は非常にゆるやかに上昇および下降した。また、Cf 濃度が 3~15 mM のとき Hp 濃度が 1.5~3.5 units/ml でおよそ 60~65% の良好な値が得られ、Cf 濃度が 7 mM 付近および Hp 濃度が 2.5 units/ml 付近に極大値が存在した。

多精子受精率は Cf 濃度の増加にともないゆるやかに上昇し、ピークに達した後ゆるやかに下降し、極大値は Cf 濃度 12 mM 付近に存在した。また、Hp 濃度の増加にともないゆるやかに上昇し続けた。

考 察

PARRISH et al.⁶⁾ は、先体反応の誘起率は Hp 濃度に依存し、Hp 濃度が 5~10 $\mu\text{g}/\text{ml}$ (170 units/mg) のとき 65~67% であり、Hp 濃度が 50 $\mu\text{g}/\text{ml}$ のときでも 46% を維持したと報告している。NIWA and OHGODA⁷⁾ は、精子侵入率および正常受精率は Cf の存在下で Hp 濃度に依存し、精子侵入率は Hp が 4~10 $\mu\text{g}/\text{ml}$ (177 units/mg) のとき 40.4~48.3% であり、正常受精率は Hp 濃度が 10~15 $\mu\text{g}/\text{ml}$ のとき 13.4~31.0% であったと報告している。いずれの報告においても Cf 濃度については検討されていないが、本実験では、得られた回帰式から、精子侵入率および正常受精率は Hp 濃度だけではなく、Cf 濃度にも依存していることが示された。また、図 1 から精子侵入率は Cf 濃度が 5~17 mM のとき Hp 濃度が 1~4 units/ml および正常受精率は Cf 濃度が 3~15 mM のとき Hp 濃度が 1.5~3.5 units/ml と広い濃度範囲で良好な値の得られることが示された。これは PARRISH et al.⁶⁾ の報告と同様の傾向を示している。

NIWA and OHGODA⁷⁾ は、牛凍結精子の処理において Cf および Hp を併用したときに得られた精子侵入率が、それぞれを単独で用いたときの精子侵入率に比べて有意に高かったことから、Cf と Hp には受精能獲得および先体反応の誘起、さらに精子の侵入に対して協

力作用があると報告している。Cf および Hp の併用により彼らの得た精子侵入率は平均 68.1% であり、Hp を単独で用いたときの平均 35.2%、あるいは Cf を単独で用いたときの平均 32.2%⁴⁾ の和に相当し、これは協力作用のうちの相加作用と考えられる。本実験では、表 1 から Cf および Hp を併用したいずれの区においても、得られた精子侵入率および正常受精率はそれぞれを単独で用いたときに得られた精子侵入率および正常受精率の和よりも大きいことから、Cf と Hp には精子の侵入に対して相乗作用があると考えられた。本実験の方法において NIWA and OHGODA⁷⁾ の報告と大きく異なる点は、授精前における牛精子の培養 (前培養) の有無である。PARRISH et al.⁶⁾ は、Hp による受精能獲得の誘起には、牛精子を Hp とともに 4 時間前培養することが必要であると報告していることから、3~4 時間の前培養を行った本実験では Hp が十分に作用したものと考えられる。

本実験では多精子受精率も得られた回帰式から、Cf 濃度および Hp 濃度に依存していることが示され、また、多精子受精率は精子侵入率と有意な相関のあることが認められた。NIWA and OHGODA⁷⁾ は、精子侵入卵数に対する多精子受精卵の割合は Hp 濃度が 10 $\mu\text{g}/\text{ml}$ (177 units/mg) のとき Cf の有無にかかわらず、平均 5.9% と非常に低かったと報告している。このとき彼らの得た精子侵入率は Cf の存在下で平均 68.1% であった。本実験における回帰式から Hp 濃度が 1.8 units/ml で精子侵入率が 70% のときの多精子受精率は 4% であり、本実験結果は NIWA and OHGODA⁷⁾ の報告と矛盾しない。

本実験では、精子の処理に BO 液を用い、授精後 5~6 時間目に卵子を BO 液から TCM 199 液に移し換えたところ、精子侵入卵数に対する雄性前核形成卵の割合は平均 97.1% と高率であった。NIWA and OHGODA⁷⁾ および OHGODA et al.⁴⁾ も、精子の処理に BO 液を用いたが、卵子を授精後 20~24 時間目まで BO 液で培養しており、雄性前核形成卵の割合はそれぞれ平均 70.5% および 74.6% と低率であった。一方、朴⁹⁾ は、牛精子の処理に BO 液を用い、授精後に卵子を BO 液から TCM 199 液に移し換える時間が 8、16、24 時間と遅くなるとともに、4 細胞期以上および 8 細胞期以上に分割する卵子の割合が低下することを報告している。これらのことから、授精後の卵子の BO 液での培養時間が卵分割だけではなく、雄性前核の形成

にも影響を及ぼしていることが示唆された。

文 献

- IRITANI, A. and NIWA, K.: Capacitation of bull spermatozoa and fertilization in vitro of cattle follicular oocytes matured in culture. *J. Reprod. Fert.*, 50: 119-121. (1977).
- BRACKETT, B. G., BOUSQUET, D., BOICE, M. L., DONAWICK, W. J., EVANS, J. F. and DRESSEL, M. A.: Normal development following in vitro fertilization in the cow. *Biol. Reprod.*, 27: 147-158. (1982).
- BYRD, W.: In vitro capacitation and the chemically induced acrosome reaction in bovine spermatozoa. *J. Exp. Zool.*, 215: 35-46. (1981).
- OHGODA, O., NIWA, K., YUHARA, M., TAKAHASHI, S. and KANOYA, K.: Variations in penetration rates in vitro of bovine follicular oocytes do not reflect conception rates after artificial insemination using frozen semen from different bulls. *Theriogenology*, 29: 1375-1381. (1988).
- PARRISH, J. J., SUSKO-PARRISH, J. L. and FINER, N. L.: Effect of heparin and chondroitin sulfate on the acrosome reaction and fertility of bovine sperm in vitro. *Theriogenology*, 24: 537-549. (1985).
- PARRISH, J. J., SUSKO-PARRISH, J. L., WINER, M. A. and FIRST, N. L.: Capacitation of bovine sperm by heparin. *Biol. Reprod.*, 38: 1171-1180. (1988).
- NIWA, K. and OHGODA, O.: Synergistic effect of caffeine and heparin on in vitro fertilization of cattle oocytes matured in culture. *Theriogenology*, 30: 733-741. (1988).
- BRACKETT, B. G. and OLIPHANT, G.: Capacitation of rabbit spermatozoa in vitro. *Biol. Reprod.*, 12: 260-274. (1975).
- 朴春種・丹羽皓二・奥田 潔: 授精後種々の時間に発生培地へ移した牛体外受精卵の初期発生. 第 81 回日本畜産学会大会講演要旨: 11 (I-30AM-21). (1989).

Effects of Caffeine and Heparin Concentrations on in vitro Fertilization of Bovine Oocytes Matured in vitro

Akira MINAMHASHI, Yusuke YAMAMOTO, Sueharu Iro
and Takuji Kudo

Summary

Oocytes matured in vitro were inseminated with frozen-thawed sperm from one bull incubated in Brackett and Oliphant's medium with both caffeine and heparin for 3 to 4 hr. Caffeine concentrations were 0, 2.5, 5, 10 or 20 mM and heparin concentrations were 0, 0.5, 1, 2 or 4 units/ml. These concentrations were combined to make 23 groups. Oocytes were transferred and cultured in TCM-199 with 10% calf serum 5 to 6 hr after insemination. To examine penetration, male pronuclei formation, normal fertilization and polyspermy, oocytes were mounted on slides, fixed and stained 17 to 19 hr after insemination. Oocytes and sperm were cultured at 37°C with 5% CO₂ in air throughout these experiments. Data was analyzed by multiple regression, using caffeine and heparin concentrations and some higher and lower orders of them as independent variables and percentages of oocytes penetrated, formed male pronuclei, fertilized normally and polyspermic as dependent variables.

The percentage of oocytes penetrated and fertilized normally in the combined use of caffeine and heparin were from 47.6 to 100% and from 38.1 to 70.1% respectively. The results were higher than the sum of the percentage of oocytes penetrated and fertilized normally using the same amounts of caffeine and heparin separately, indicating the potentiation of caffeine and heparin on in vitro fertilization of bovine oocytes matured in vitro. The correlation coefficient between percentage of oocytes penetrated and polyspermic was significant ($r = 0.833$, $P < 0.01$). Regression equations with the coefficient of determination above 0.731 were obtained and indicated that the percentage of oocytes penetrated, formed male pronuclei, fertilized normally and polyspermic depended on caffeine and heparin concentrations. And these equations indicated that the highest percentage of oocytes penetrated was about 90 to 100% when the sperm was exposed to both 7 to 17 mM caffeine and 1 to 4 units/ml heparin, and the highest percentage of oocytes normally fertilized was about 60 to 65% when the sperm was exposed to both 3 to 15 mM caffeine and 1.5 to 3.5 units/ml heparin.

Key words: bovine, oocyte, frozen sperm, in vitro fertilization, caffeine, heparin

飼料のTDN含量がアバディーンアンガス去勢牛の 増体および枝肉構成に及ぼす影響

佐藤 幸信・西邑 隆徳・斉藤 利朗
田村 千秋・裏 悦次*

供試牛はアバディーンアンガス去勢牛10頭で、全飼料の乾物中に含まれるTDN含量の差異により低TDN区および高TDN区の2区を設けた。低TDN区では、トウモロコシサイレージ、濃厚飼料および乾草を乾物比で6:3:1の割合で混合し、乾物中のTDN含量を68%とした。一方、高TDN区では、乾物比で3:6:1の割合で混合し、乾物中TDN含量を73%とした。飼料は両区とも試験期間中自由摂取とした。試験期間は両区とも平均体重が345kgから580kgに達するまでとした。

目標の終了時体重に達するまでの日数は、低TDN区が244日間、高TDN区が216日間であり、低TDN区は高TDN区より約1か月多く要した。1日当たりの増体量は低TDN区が0.97kgとなり、高TDN区の1.18kgに比べ有意に低かった。総TDN摂取量および1日当たりのTDN摂取量は、低TDN区が高TDN区より有意に少なかった。1kg増体に要したTDN量は、両区間で差はみられなかった。低TDN区の枝肉歩留は高TDN区より有意に低かったが、正肉量では両区間に差はなかった。余剰脂肪の量は低TDN区が有意に少なく、皮下脂肪厚もまた低TDN区が有意に薄かった。第9~11ロース部の赤肉割合および骨の割合はいずれも低TDN区が高TDN区に比べ有意に高かった。しかし、脂肪の割合は低TDN区が高TDN区より有意に低かった。これらの結果より、飼料のTDN含量を73%から68%に低下させることにより余剰脂肪が少なく赤肉割合の多い牛肉が生産できることが示唆された。

わが国における肉用牛の肥育は、TDN含量が高い濃厚飼料を多給する通年舎飼方法が一般的である。このような肥育方式は、ホルスタインのような脂肪の蓄積が遅く発育能力が高い品種では適している¹⁸⁾とされている。しかし、ヘレフォードやアバディーンアンガスのように肥育の早い段階から脂肪の蓄積が始まる品種では、不可食脂肪の増加により、可食肉の割合が低下し、かえって枝肉価値を下げる恐れがある^{12, 13, 17, 18)}。

このため、ヘレフォードやアバディーンアンガスの肥育では、飼料のTDN含量を通常の濃厚飼料多給方式よりも低くすることが必要であるとされている^{17, 18)}。しかし、飼料のTDN含量がこれらの品種の産肉性に及ぼす影響について検討した報告は少ない。

そこで、飼料のTDN含量の差異がアバディーンアンガス去勢牛の増体および枝肉構成に及ぼす影響について検討した。

材料と方法

供試牛は北海道立新得畜産試験場の春生まれのアバ

ディーンアンガス去勢牛10頭であり、これを5頭ずつ2群に分けた。試験開始時の平均体重は345±18kg、平均月齢は10.9±0.3か月齢であった。

試験処理を表1に示した。全飼料の乾物中に含まれるTDN含量の差異により低TDN区および高TDN区の2区を設けた。低TDN区では、トウモロコシサイレージ、濃厚飼料および乾草を乾物比で6:3:1の割合で混合し、乾物中のTDN含量を68%とした。一方、高TDN区では、乾物比で3:6:1の割合で混合し、乾物中のTDN含量を73%とした。飼料は両区とも試験期間を通して自由摂取とした。試験期間は両区とも平均体重が345kgから580kgに達するまでとした。

供試牛は追い込み式牛舎で群飼養し、給餌は個体別給餌器を用い個体ごとに行った。給餌回数は朝と夕の2回で、水および鉱塩は自由に摂取させた。

供試飼料の一般成分と栄養価を表2に示した。供試飼料の一般成分は常法⁶⁾に従い分析し、栄養価はめん羊を用いて求めた消化率より算出した。低TDN区および高TDN区の栄養価は、これら供試飼料の混合比率から算出した。なお、飼料の乾物中のCP含量およ

*現在 北海道立根釧農業試験場

Table 1. Experimental design

| | Number of steers | TDN content | Ingredient composition of feeds(%) ¹⁾ | | |
|-----------------|------------------|-------------------|--|-------------|-----|
| | | | corn silage | concentrate | Hay |
| | | (% of dry matter) | | | |
| Low TDN ration | 5 | 68 | 60 | 30 | 10 |
| High TDN ration | 5 | 73 | 30 | 60 | 10 |

1) Percent of feed dry matter.

Table 2. Chemical composition and digestible nutrients of feeds

| | Dry matter | Crude protein | Ether extract | N-free extract | Crude fiber | Crude ash | DCP | TDN |
|-------------------------------|------------|---------------|---------------|-------------------|-------------|-----------|------|------|
| | (%) | | | (% of dry matter) | | | | |
| Low TDN ration ¹⁾ | 39.8 | 11.1 | 5.0 | 60.7 | 17.0 | 6.2 | 6.3 | 68.0 |
| High TDN ration ²⁾ | 54.2 | 13.0 | 4.9 | 62.0 | 13.2 | 6.9 | 8.7 | 73.0 |
| Corn silage | 29.3 | 8.8 | 5.4 | 60.6 | 19.8 | 5.4 | 3.7 | 64.3 |
| Formula feed | 85.1 | 15.3 | 4.8 | 65.1 | 7.2 | 7.6 | 11.6 | 81.2 |
| Hay | 86.8 | 11.9 | 3.5 | 48.3 | 29.4 | 6.9 | 6.1 | 50.2 |

1) Corn silage : Concentrate : Hay = 6 : 3 : 1 (dry matter basis).

2) Corn silage : Concentrate : Hay = 3 : 6 : 1 (dry matter basis).

びDCP含量は低TDN区がそれぞれ11.1%および6.3%、高TDN区がそれぞれ13.0%および8.7%であった。

トウモロコシサイレージは早生品種「ワセミノリ」を用い、黄熟初期(9月30日)にハーベスタにより10~20mmに切断して塔型サイロに詰め込み調製した。乾草はオーチャードグラス主体の1番刈り乾草で、切断長を約20mmに設定したカッターで細切して用いた。濃厚飼料は市販の肉用牛育成用配合飼料を用いた。

飼料摂取量は個体ごとに毎日測定し、体重測定は2週間隔で行った。

試験終了後、供試牛を屠場で約24時間絶食させ、絶食体重を測定してから屠殺解体した。枝肉は冷蔵庫内で約48時間放冷した後、重量を測定し、次いで左半丸枝肉の第6~7肋骨間切断面でロース芯面積および皮下脂肪厚を調査した。日本枝肉格付規格^{B)}に基づき枝肉格付を行い、格付後の右半丸枝肉を牛部分肉取引規格^{B)}に基づき分割整形し正肉調査を実施した。脂肪交

雑は脂肪交雑基準No.1~No.12をそれぞれ1~12と点数化し判定した。枝肉構成を推定するために¹⁾、第9~11コース部を筋肉、脂肪および骨に分離し、それぞれの比率を求めた。

結果および考察

発育成績を表3に、累積増体量の推移を図1に示した。試験開始時の平均体重は低TDN区が348±19kgおよび高TDN区が342±17kgで、両区間に差はみられなかった。終了時体重は低TDN区が585±35kg、高TDN区が596±31kgとなり、両区ともほぼ同じ体重で出荷された。目標の終了時体重に達するまでの日数は、低TDN区が244日間、高TDN区が216日間、低TDN区は高TDN区より約1か月多く要した。これを累積増体量の推移で見ると、低TDN区の増体は試験開始2週より高TDN区を下回り、18週以降においてはその差が徐々に広がる傾向を示した。1日当たりの増体量は低TDN区が0.97kgとなり、高

Table 3. Initial weight, final weight and average daily gain of steers

| | Low TDN ration | High TDN ration |
|-----------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Initial month | 10.8 ± 0.3 ¹⁾ | 10.9 ± 0.3 |
| Initial weight (kg) | 348 ± 19 | 342 ± 17 |
| Final weight (kg) | 585 ± 35 | 596 ± 31 |
| Feeding period (days) | 244 | 216 |
| Average daily gain (kg/day) | 0.97 ± 0.1 ^a | 1.18 ± 0.1 ^b |

a,b Means in the same row with different superscripts are significantly different (P < 0.05).

1) Mean ± S.D.

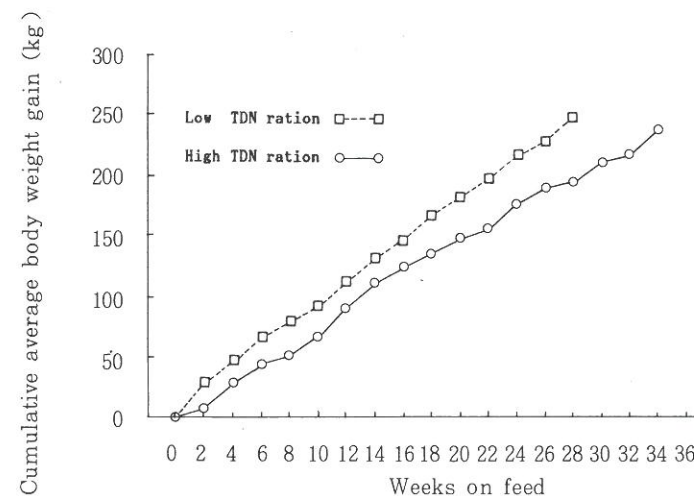


Fig 1. Increases in cumulative average body weight gain during the feeding periods for fed Low TDN ration or High TDN ration.

TDN区1.18kgに比べ有意に低かった。

試験期間の通算の乾物摂取量、養分摂取量および1kg増体に要したTDN量を表4に示した。総乾物摂取量は両区間で差はなかったが、1日当たりの乾物摂取量に換算すると、低TDN区が8.6kg、高TDN区が10.0kgで、低TDN区は高TDN区の86%の摂取割合となり有意に少なかった。総TDN摂取量および1日当たりのTDN摂取量は、低TDN区がそれぞれ1,427kgおよび5.8kg、高TDN区がそれぞれ1,588kgおよび7.4kgであった。低TDN区の総TDN摂取量および1日あたりのTDN摂取量は、高TDN区に対しそれぞれ90%および78%の摂取割合にとどまり有意に少なかった。

Prior et al.¹¹⁾は、飼料の代謝エネルギー含量をトウモロコシサイレージと濃厚飼料の給与割合により3

水準に設定し肥育試験を行った結果、飼料のトウモロコシサイレージの給与割合を増加させ飼料の代謝エネルギー含量を低下させると、代謝エネルギーの摂取量が減少し、1日当たりの増体量が低下したことを報告している。本試験においても、低TDN区の増体量が高TDN区より低かったのは、低TDN区のTDN摂取量が高TDN区より少なかったためと考えられる。

総DCP摂取量および1日当たりのDCP摂取量は低TDN区が高TDN区に比べ有意に少なかった。

本試験における飼料のCP含量は、低TDN区が11.1%、高TDN区が13.0%と両区間に2.9%の差があった。Prior et al.¹¹⁾によれば、飼料のCP含量を10.0%、11.5%および13.0%として肥育しても、増体量に差がなかったとしており、伊藤ら⁵⁾も同様の結果を報告している。これらの報告からみて本試験における

飼料の CP 含量は、両区とも増体に影響を及ぼさない 範囲内であったと考えられる。

Table 4. Dry matter, DCP and TDN intake, and TDN for 1kg body weight gain

| | Total intake | | Daily intake | |
|------------------------|---------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| | Low TDN ration | High TDN ration | Low TDN ration | High TDN ration |
| Dry matter intake (kg) | 2,145 ± 196 ¹⁾ | 2,170 ± 11 | 8.6 ± 0.7 ^a | 10.0 ± 0.1 ^b |
| TDN intake (kg) | 1,427 ± 122 ^a | 1,588 ± 9 ^b | 5.8 ± 0.5 ^A | 7.4 ± 0.1 ^B |
| DCP intake (kg) | 134 ± 14 ^A | 186 ± 2 ^B | 0.5 ± 0.1 ^A | 0.9 ± 0.1 ^B |
| TDN intake/gain (kg) | 6.1 ± 0.5 | | 6.3 ± 0.5 | |

a,b Means in the same row with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

A,B Means in the same row with different superscripts are significantly different ($P < 0.01$).

1) Mean ± S.D.

Table 5. Carcass traits of steers

| | Low TDN ration | High TDN ration |
|----------------------------------|-------------------------|---------------------------|
| Empty body weight (kg) | 538 ± 37 ¹⁾ | 549 ± 22 |
| Carcass weight (kg) | 315 ± 20 | 334 ± 19 |
| Dressing (%) | 58.6 ± 0.5 ^a | 61.0 ± 2.0 ^b |
| Primal cut meet weight (kg) | 240 ± 13.4 | 252 ± 13.8 |
| Trimmed fat (kg) | 24.6 ± 6.0 ^A | 37.6 ± 4.2 ^B |
| Fat thickness (cm) | 1.8 ± 0.3 ^A | 2.4 ± 0.1 ^B |
| L. dorsi area (cm ²) | 36.4 ± 0.5 | 33.2 ± 3.8 |
| 9-10-11 Rib composition | | |
| Lean (%) | 52.9 ± 1.3 ^A | 44.1 ± 2.1 ^B |
| Fat (%) | 31.1 ± 1.9 ^A | 42.0 ± 3.8 ^B |
| Bone (%) | 14.7 ± 0.6 ^A | 12.9 ± 1.6 ^B |
| Marbling score | 2.0 ± 0.0 | 2.4 ± 0.5 |
| Carcass grade | B 2 : 5 | C 2 : 1, B 2 : 3, B 3 : 1 |

a,b Means in the same row with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

A,B Means in the same row with different superscripts are significantly different ($P < 0.01$).

1) Mean ± S.D.

1 kg 増体に要した TDN 量は、両区間で差はみられなかった。トウモロコシサイレージと濃厚飼料の給与割合の違いによる飼料のエネルギー含量の差異が飼料効率に及ぼす影響について、PERRY and BEESON¹⁰⁾は TDN で、PRIOR et al.¹¹⁾は代謝エネルギーで検討しているが、これらの報告においても飼料効率に有意差は認められなかったとしており、本試験と一致した。

枝肉成績および第 9-11 ロース部構成を表 5 に示した。絶食体重は低 TDN 区が 538 ± 37kg、高 TDN 区

が 549 ± 22kg で、枝肉量は低 TDN 区が 315 ± 20kg、高 TDN 区が 334 ± 19kg であった。低 TDN 区の枝肉歩留は高 TDN 区より有意に低かったが、正肉量では両区間に差はなかった。枝肉から正肉に整形される段階で取り除かれる余剰脂肪の量は低 TDN 区が高 TDN 区より有意に少なく、皮下脂肪厚も低 TDN 区が有意に薄かった。ロース芯面積は両区間に差はみられなかった。中丸ら⁷⁾、UTLRY et al.¹⁴⁾ および WOODY et al.¹⁶⁾ は、屠殺体重を一定とした場合には、中・低栄

養で肥育したものは、高栄養で肥育したものより枝肉歩留が低く、皮下脂肪厚が薄かったと報告している。一方、岡田ら⁹⁾ および GUENTHER et al.⁴⁾ は枝肉歩留に対する栄養水準の影響はなかったと報告している。本試験は、中丸ら⁷⁾、UTLRY et al.¹⁴⁾ などの前者の報告と一致した結果であった。

次に、枝肉の赤肉、脂肪および骨の割合と相関が高いとされる第 9-11 節ロース部構成を比較すると、赤肉割合は低 TDN 区が 52.9%、高 TDN 区が 44.1% で、骨の割合は低 TDN 区が 14.7%、高 TDN 区が 12.9% といずれも低 TDN 区が有意に高かった。しかし、脂肪の割合は低 TDN 区が 31.1%、高 TDN 区が 42.0% と低 TDN 区が有意に低かった。エネルギー摂取量が枝肉の赤肉および脂肪の割合に及ぼす影響について WOLDMAN et al.¹⁵⁾ および FORTIN et al.²⁾ は、飼料を自由採食させた牛と制限摂取させた牛とを同一体重で屠殺し比較した結果、制限摂取によりエネルギー摂取量の低かった牛では枝肉中の赤肉割合が多く脂肪割合は少なかったと報告している。本試験でもほぼ同様の傾向が認められたことから、飼料の TDN 含量の差により生じた TDN 摂取量の相違が枝肉構成に対しても影響を及ぼすものと推察された。山崎は¹⁷⁾、枝肉の可食脂肪割合は枝肉の 23% 前後で、腎脂肪等の不可避的な脂肪もあるので、枝肉中の 27-28% が適度な枝肉脂肪割合であると述べている。本試験において、第 9-11 ロース部の脂肪の割合から推定した低 TDN 区の枝肉の脂肪割合は 31.1% であり、ほぼ適度な仕上り状態であったとみることが出来る。一方、高 TDN 区の脂肪割合は 42.0% と低 TDN 区より 10% も多く、高 TDN 区は過肥状態にあったと考えられる。

枝肉等級は、低 TDN 区は全頭が B 2、高 TDN 区は C 2 が 1 頭、B 2 が 3 頭、B 3 が 1 頭であり、脂肪交雑は低 TDN 区が 2.0、高 TDN 区が 2.4 であった。GEORGE et al.³⁾ は、高栄養水準で肥育したものは低栄養水準で肥育したものより枝肉等級および脂肪交雑が高かったとしている。本試験の枝肉等級は、両区間に大きな違いはなかったが、脂肪交雑では TDN 摂取量の多かった高 TDN 区の方が低 TDN 区より高い傾向にあった。しかし、高 TDN 区は枝肉中の脂肪割合が高く過肥状態であったといえることから脂肪交雑の向上のみを期待して高 TDN 含量の飼料を給与する肥育方式は、枝肉中の脂肪割合を必要以上に増加させ、可食肉の生産割合を低下させる恐れがあると考えられ

る。

以上の結果から、飼料の TDN 含量の違いはアバディーンアンガス去勢牛の増体および枝肉構成に影響を及ぼし、飼料の TDN 含量を 73% から 68% に低下させることにより余剰脂肪が少なく赤肉割合の多い牛肉が生産できることが示唆された。しかし、枝肉構成に対する飼料の TDN 含量の影響については、仕上げ体重や月齢などによっても異なる^{15,17)}といわれているおり、今後これらについて検討する必要がある。

文 献

- 1) BRACKLSBERG P.O., N. S. HALE, W. A. COWAN and D. M. KINSMAN : Relationship of sectional characteristics to beef carcass composition. J. Anim. Sci., 27 : 39-44. (1968).
- 2) FORTIN, A., J. T. REID, A. M. MAIGA, D. W. SIM and G. H. WELLINGTON : Effect of level of energy intake and influence of breed and sex on growth of fat tissue and distribution in the bovine carcass. J. Anim. Sci., 53 : 982-991. (1981).
- 3) GEORGE, W. JESSE, G. B. THOMPSON, J. L. CLARK, K. G. WEIMER and D. P. HUTCHESON : Effect of various ratios of corn and corn silage and slaughter weight on the performance of steers individually fed. J. Anim. Sci., 43 : 1049-1057. (1976).
- 4) GUENTHER, J. J., D. H. BUSHMAN, L. S. POPE and R. D. MORRISON : Growth and development of the major carcass tissues in beef calves from weaning to slaughter weight, with reference to the effect of plane of nutrition. J. Anim. Sci., 24 : 1184-1191. (1965).
- 5) 伊藤徹三・木部文夫・佐藤岳男・齊藤平三郎・川瀬鎮夫・波田野松重 : 肥育前期の粗蛋白質水準がトウモロコシホールクロップサイレージの利用性に及ぼす影響について。新潟畜試研究報告, 8 : 39-47. (1989).
- 6) 森本 宏監修 : 動物栄養試験法。第 1 版, 養賢堂, 東京. (1971).
- 7) 中丸輝彦・森井良三・滝原光弥・井口栄造・西垣順三・棚瀬勝美 : 和牛去勢牛の飼養法改善に関する試験一とくに肥育パターンの差異が飼料効率及び肉

- 質に及ぼす影響 I : 岐阜県種畜場試験成績, 19 : 31-44. (1976).
- 8) 日本食肉格付協会 : 牛・豚枝肉, 牛・豚部分肉取引規格解説書 (1989).
- 9) 岡田光男・河上尚実・小堤恭平 : Compensatory growth におけるホルスタイン種去勢牛の枝肉の量的質的变化 : 草地試験報, 10 : 111-119. (1976).
- 10) PERRY, T. W. and W. M. BEESON : Ratios of corn to corn silage for finishing beef cattle. *J. Anim. Sci.*, 42 : 549-553. (1976).
- 11) PRIOR, R. L., R. H. KOHLMEIER, L. V. CUNDIFF, M. E. DIKEMAN and J. D. CROUSE : Influence of dietary ene and protein on growth and carcass composition in different biological type of cattle. *J. Anim. Sci.*, 45 : 132-146. (1977).
- 12) 清水良彦・新名正勝 : 肉牛の肥育に関する研究, V. 放牧を加味したヘレフォード種肥育牛の仕上げ体重が産肉性に及ぼす影響. 新得畜試研究報告, 10 : 17-24. (1979).
- 13) 清水良彦・新名正勝・森 関夫 : 肉牛の肥育に関する研究, II. 若令肥育牛における仕上げ体重が産肉性に及ぼす影響, 新得畜試研究報告, 7 : 1-10. (1976).
- 14) UTLEY, P. R., R. E. HELLWIG and W. C. McCORMICK : Finishing beef cattle for slaughter on all-forage diets. *J. Anim. Sci.*, 40 : 1034-1038. (1975).
- 15) WALDMAN, R. C., W. J. TYLER and V. H. BRUNGARDT : Changes in the carcass composition of Holstein steers associated with ration energy levels and growth. *J. Anim. Sci.*, 32 : 611-619. (1971).
- 16) WOODY, H. D., D. G. FOX and R. BLACK : Effect of diet grain content on performance of growing and finishing cattle. *J. Anim. Sci.*, 57 : 717-728. (1983).
- 17) 山崎敏雄 : 肥育度と月齢が肉牛の肉量及び肉質に及ぼす影響, VI. 屠殺前体重及び月齢と体組織重量, 体組成, 脂肪分布の関係. 草地試験報, 40 : 99-117. (1988).
- 18) 善林明治 : 品種別産肉性の特徴とその効率. 肉用牛研究会報, 38 : 8-10. (1984).

Effects of Dietary TDN Content on Growth and Carcass Composition of Aberdeen Angus Steers

Yukinobu SATO, Takanori NISIMURA, Toshiro SAITO
Chiaki TAMURA and Etsuji URA *

Summary

Ten Aberdeen Angus steers were used in this experiment designed to determine the effects of two different percentages of dietary TDN, 68% TDN (low TDN ration) and 73% TDN (high TDN ration) (dry matter basis), on growth and carcass composition. The low TDN ration consisted of the following ratios of corn silage to concentrate to hay (dry matter basis), 60 : 30 : 10 mixture; and the high TDN ration was a 30 : 60 : 10 mixture. Over the entire experimental periods, all steers were fed rations ad libitum. Experimental periods lasted until the average body weight in both treatment steers were reached approximately from 350 kg to 580 kg.

Steers fed the low TDN ration were slaughtered after 244 days and steers fed the high TDN ration after 216 days. Steers fed the low TDN ration had approximately a one month longer experimental period than steers fed the high TDN ration. The average daily gain of steers fed the low TDN ration was 0.97 kg and it was significantly lower than of steers fed the high TDN ration which was 1.18 kg. Steers fed the low TDN ration had significantly lower total and daily TDN intake than steers fed the high TDN ration. TDN requirement per kg of live weight gain was not different for both treatment steers. The dressing percentage of steers fed the low TDN ration was significantly lower than steers fed the high TDN ration but lean meat weight was not different in another group of treatment steers. Trimmed fat weight and subcutaneous fat thickness of steers fed low TDN ration was significantly lower than steers fed high TDN ration. The fat ratio of 9-11-12 rib composition of steers fed the low TDN ration was significantly lower than steers fed the high TDN ration, whereas the lean ratio of 9-11-12 rib composition of steers fed the low TDN ration was higher than steers fed the high TDN ration. This data suggests that with the 68% TDN ration, it was possible to produce more lean meat than the 73% TDN ration.

Key words : dietary TDN content, growth, carcass composition

* Present adress : Hokkaido Prefectural Konsen Agricultural Experiment Station.

— 短 報 —

泌乳牛のトウモロコシサイレージ主体飼養時
における繊維質摂取不足と乳脂率の関係

中辻 浩喜*・原 悟志・黒澤 弘道・小倉 紀美

Relationship between Insufficient Fiber Intake and
Milk Fat Percentage by Lactating Dairy
Cows Fed Corn Silage Based Ration.Hiroki NAKATSUJI*, Satoshi HARA, Hiromichi KUROSAWA
and Noriyoshi OGURA

トウモロコシサイレージを主体粗飼料として給与する場合、併給する牧草サイレージや乾草が刈遅れのものであったり、品質の悪いものであると、その採食量は極端に減少し、摂取飼料の大部分を濃厚飼料とトウモロコシサイレージで占めることになり、繊維質不足に陥りやすい。飼料中の繊維質含量が減少すると、反芻時間の短縮に伴う唾液分泌量の減少により、ルーメン内pHおよび酢酸濃度：プロピオン酸濃度比（AP比）の低下が起り、乳脂率が低下することが知られている³⁾。

そこで本報告では、日常管理の中で行なっている牛乳およびルーメン内容液のサンプリング・分析結果から、泌乳牛のトウモロコシサイレージ主体飼養時における繊維質摂取不足と乳脂率の関係について検討した。

材 料 と 方 法

北海道立新得畜産試験場泌乳牛群の中から27頭を調査対象牛として用いた。対象牛の内訳は、初産牛14頭、経産牛13頭であり、乳期別に分類すると、泌乳前期牛17頭、泌乳中期牛5頭、泌乳後期牛5頭であった。経産牛の過去の乳生産成績は、前産次乳量が8,556 kg、

乳脂率3.37%であり、やや乳脂率が低い牛群があった。これらの調査対象牛から、1987年5月21日および6月4日に牛乳およびルーメン内容液のサンプリングを行なった。

北海道立新得畜産試験場の泌乳牛の飼養体系は、トウモロコシサイレージ主体の飼料給与であり、給与飼料はトウモロコシサイレージ、牧草サイレージおよび濃厚飼料で、乾草は給与していない。粗飼料の給与はトウモロコシサイレージと牧草サイレージを乾物比2：1の割合で分別給与、自由採食させている。なお、採食量は毎日全頭測定し、粗飼料の化学成分分析は定期的に行なっている。濃厚飼料はペレット状の北海道立新得畜産試験場指定配合飼料（DCP14%, TDN68%：原物中）を用い、ストールフィーダにより1日量を3回に分けて自動給与している。濃厚飼料給与量は泌乳前期牛（分娩後90日まで）には乳量の33%、泌乳中期牛（分娩後91日から200日まで）は25%、泌乳後期牛（分娩後201日以降）は20%量である。

表1に給与飼料の化学成分について示した。一般成分はA.O.A.C法¹⁾、Acid detergent fiber (ADF)はGoering and Van Soest²⁾の方法により分析した。

トウモロコシサイレージは早生品種「ダイヘイゲン」を用い、切断長12mmに設定した自走式フォレージャー

*現在 北海道大学農学部畜産学科（札幌市）

Key words : lactating dairy cow, corn silage, fiber intake, milk fat

Table 1. Chemical composition of feeds used

| | Dry matter | Crude Protein | Crude fiber | ADF |
|--------------|------------|---------------|-------------|------|
| | % | | % of DM | |
| Corn silage | 29.3 | 8.2 | 21.6 | 26.6 |
| Grass silage | 44.1 | 8.1 | 37.8 | 43.3 |
| Formula feed | 84.6 | 19.8 | 6.3 | 9.7 |

ベスタで黄熟期に収穫（1986年10月25日）し、コンクリート製タワーサイロに詰め込み調製した。牧草サイレージは、原料草として開花から結実期のチモシー主体混播1番草を用いた。ディスクモアで刈り取り（1986年7月30日）、予乾後、切断長12mmに設定した自走式フォレージハーベスタで細切し、コンクリート製タワーサイロに詰め込み、中水分サイレージとして調製した。牧草サイレージは刈り取り時期が遅れたこともあって、粗蛋白質含量が低く、粗繊維およびADF含量が高いものであった（表1）。

牛乳の分析は、朝夕の搾乳時にそれぞれ採取したサンプルを乳量比で混合し、赤外線牛乳分析器（Milko-Scan 104型、Foss Electric社製）を用いて、乳脂率について測定した。ルーメン内容液は、朝の給餌直

Table 2. Dry matter intake, proportion of concentrate to total dry matter intake, crude fiber and ADF contents, milk yield and milk fat percentage at each stage of lactation of cows investigated

| Stage of lactation | Early | Mid | Late | Mean (Range) |
|---|--------|-------|-------|-----------------------|
| No. of cows ¹⁾ | 17 (6) | 5 (5) | 5 (3) | 27 (14) ²⁾ |
| Dry matter intake, kg/day/cow | | | | |
| Total | 16.8 | 14.7 | 13.5 | 15.8 (10.1-22.3) |
| Corn silage | 5.8 | 7.2 | 8.0 | 6.5 (3.3-9.6) |
| Grass silage | 2.0 | 1.9 | 2.4 | 2.0 (0.3-3.2) |
| Concentrate | 9.0 | 5.6 | 3.1 | 7.3 (2.1-10.2) |
| Proportion of concentrate to total dry matter intake, % | 53.8 | 38.1 | 22.9 | 45.9 (15.3-71.8) |
| Crude fiber content, % of dry matter ingested | 14.9 | 18.1 | 20.9 | 16.6 (10.6-22.5) |
| ADF content % of dry matter ingested | 19.1 | 22.6 | 25.5 | 20.9 (14.5-27.3) |
| Milk yield, kg/day/cow | 35.3 | 23.8 | 17.8 | 29.9 (13.8-45.3) |
| Milk fat, % | 2.87 | 3.31 | 3.72 | 3.11 (1.41-4.82) |

1) Values in the parenthesis shows No. of heifers.
2) Expressing total numbers.

前に、カテーテルを用い経口的にサンプリングした。直ちにガーゼで濾過し、ガラス電極pHメータでpHを測定した後、揮発性脂肪酸（VFA）分析用として凍結保存した。VFAはガスクロマトグラフ（島津GC-6A型、島津製作所製）を用いて定量した。

データの解析は、5月14日～21日および5月29日～6月4日のそれぞれ1週間を1期とし、2期、延べ54頭のデータを用いて行なった。

結果および考察

調査期間における乾物摂取量、摂取乾物中濃厚飼料割合、粗繊維含量、ADF含量および乳量、乳脂率を表2に、乳期別に示した。1日1頭当たりの総乾物摂取量の平均は15.8kgで、体重比にすると2.71%であ

った。個々にみると、濃厚飼料摂取量7.3kg、トウモロコシサイレージ6.5kgであるのに対して、牧草サイレージは2.0kgと、原物量にして約4.5kgしか採食しておらず、中には牧草サイレージをほとんど採食しなかった牛（最低値0.3kg）もいた。これは牧草サイレージの原料草収穫時期が遅かったためと思われる（表1）。全牛における摂取乾物中に占める濃厚飼料割合の平均値は45.9%、範囲は15.3～71.8%で、泌乳前期牛で高かった。飼料設計ではトウモロコシサイレージと牧草サイレージの給与比率を2:1としたが、実際に摂取した比率は約3:1であった。したがって、摂取乾物中に占める濃厚飼料とトウモロコシサイレージ合計量の割合の平均値は87.3%と高く、泌乳前期牛で高くなった。摂取乾物中粗繊維含量およびADF含量は、泌乳前期牛で、それぞれ平均14.9%および19.1%であり、日本飼養標準（1987年版⁴⁾での

高泌乳牛に対する推奨値（粗繊維17%）を下回り、最低値は粗繊維10.6%、ADF14.5%とかなり低繊維のものがみられた。これらは、前述の牧草サイレージの摂取不足の影響である。泌乳中期、後期では推奨値を上回っていた。このように、粗飼料の主体をトウモロコシサイレージとし、濃厚飼料が比較的多く与えられる泌乳前期牛では、併給する牧草飼料（牧草サイレージ、乾草）の摂取量が少なくと容易に繊維質不足が起これと考えられる。乳量および乳脂率については、供試牛27頭の内17頭が泌乳前期牛であったため、全平均乳量は29.9kg/day/cowと比較的高かったが、乳脂率の平均は3.11%と低く、乳に泌乳前期では2.87%、さらに最低値では2%台を割っていた。

表3にルーメン内容液のpH、VFA組成、AP比および非糖原性物質率（Non Glucogenic Ratio: NGR）を乳期別に示した。ルーメンの内容液のpHは、

Table 3. Rumen pH, volatile fatty acid (VFA) composition at each stage of lactation of cows investigated

| Stage of lactation | Early | Mid | Late | Mean (Range) |
|-------------------------|-------|------|------|------------------|
| pH | 6.9 | 7.0 | 7.1 | 7.0 (6.5-7.5) |
| Total VFA, mol/dl | 8.1 | 7.4 | 6.8 | 7.7 (4.6-10.6) |
| Acetic acid, molar % | 61.0 | 66.2 | 67.4 | 63.2 (52.5-70.1) |
| Propionic acid, molar % | 27.0 | 20.7 | 16.8 | 23.9 (14.8-37.5) |
| Butyric acid, molar % | 9.1 | 11.0 | 13.5 | 10.8 (6.3-15.6) |
| Valeric acid, molar % | 2.1 | 2.0 | 2.3 | 2.1 (0.9-5.3) |
| AP ratio ¹⁾ | 2.39 | 3.31 | 4.04 | 2.87 (1.40-4.89) |
| NGR ²⁾ | 3.00 | 4.10 | 5.10 | 3.00 (1.70-5.90) |

1) acetic acid (mol/dl)/propionic acid (mol/dl) × 100

2) Non Glucogenic Ratio (NGR) = (acetic acid + 2 × butyric acid + valeric acid) / (propionic acid + valeric acid)

泌乳期が進むにつれてやや高くなった。総VFA濃度は、濃厚飼料の摂取量が多く、繊維質摂取割合の低い泌乳前期牛で8.1mol/dlと最も高い値を示し、濃厚飼料の摂取量が少なくなり、繊維質摂取割合が高くなる泌乳中・後期牛の順に、やや低い値となった。VFA組成については、繊維質摂取割合の低い泌乳前期牛で最も酢酸割合が低く、プロピオン酸割合が高く、繊維質摂取割合が高くなる泌乳中・後期牛になるにつれて酢酸割合が増加し、プロピオン酸割合が減少していったためAP比およびNGRは泌乳期が進むにつれて

高くなった。

摂取乾物中粗繊維含量と乳脂率の関係を図1に示した。泌乳中期および後期では粗繊維含量と乳脂率の相関は有意ではなかった（中期: $r = 0.412$, 後期: $r = 0.317$ ）。一方、泌乳初期では、乳脂率は粗繊維含量の減少に伴い、直線的に低下し、 $Y = 0.209X - 0.248$ ($r = 0.662^{**}$) なる回帰式が得られ、有意な正の相関関係 ($P < 0.01$) が認められた。

摂取乾物中ADF含量と乳脂率の関係を図2に示した。粗繊維含量と同様に、泌乳中期および後期では

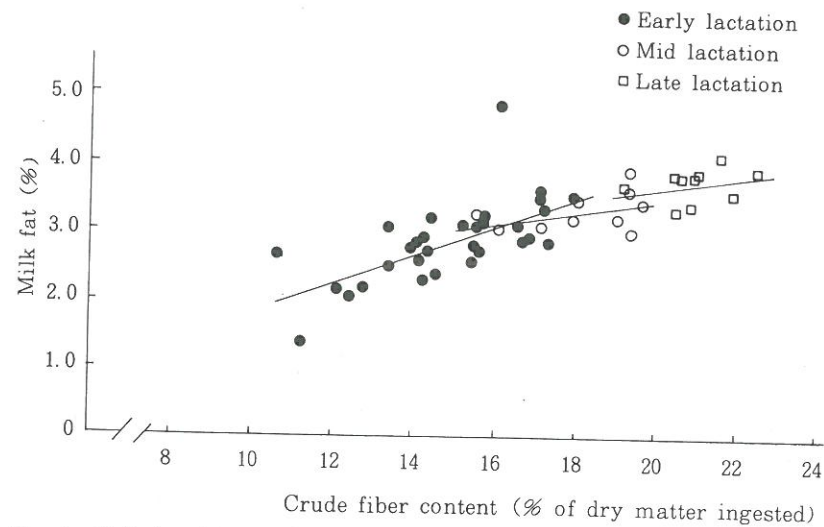


Fig 1. Relationship between crude fiber content and milk fat percentage

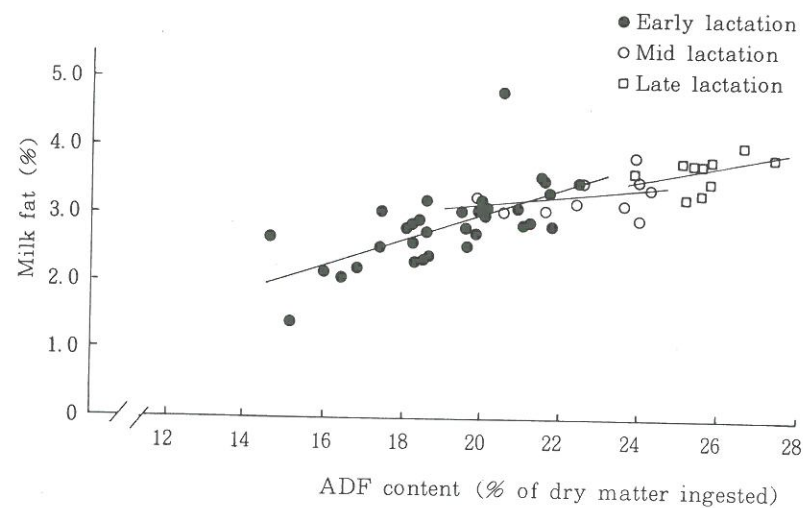


Fig 2. Relationship between ADF content and milk fat percentage

ADF含量と乳脂率の相関は有意ではなかった(中期: $r=0.401$, 後期: $r=0.445$)。しかし, 泌乳初期では, 乳脂率はADF含量の減少に伴い, 直接的に低下し, $Y=0.195X-0.852$ ($r=0.665^{**}$)なる回帰式が得られ, 有意な正の相関関係($P<0.01$)が認められた。

以上のように, トウモロコシサイレージ主体飼養時において, 濃厚飼料給与レベルが高すぎたり, 併給する牧草サイレージが刈遅れのもので, 嗜好性が悪いこ

とにより, 併給粗飼料の摂取不足となった場合には, 容易に, 特に泌乳初期で, 繊維質不足が起こると考えられた。また, 本試験の対象牛は比較的乳脂率の低い牛群であったが, 繊維質不足の泌乳初期で, 一般的に言われている, 飼料中繊維質含量と乳脂率の正の相関関係が認められた。

文 献

1) ASSOCIATION of OFFICIAL AGRICULTURAL CH-

EMISTS: Official methods of analysis. 9th ed. 283-296. Washington, D. C. (1960).

- 2) GOERING, H. H. and P. J. VAN SOEST: Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications). U. S. D. A., Agr. Handb., 379: 1-9. (1970).
- 3) KAUFMANN, W.: Influence of the composition

of the ration and the feeding frequency on pH-regulation in the rumen and on feed intake in ruminants. Livest. Prod. Sci., 3: 103-114. (1976).

- 4) 農林水産省農林水産技術会議事務局編: 日本飼養標準, 乳牛(1987年版). 中央畜産会, 東京. (1987).

場外学術雑誌掲載論文抄録

反復過剰排卵処理における肉用牛の採卵性

山本 裕介・南橋 昭・陰山 聡一・本郷 泰久
芦野 正城・八鍬 隆司・伊東 季春・工藤 卓二

北海道牛受精卵移植研究会会報 第9号 21~24 (1990)

28頭の肉用種の供卵牛について過剰排卵処理を6回反復した場合の採卵成績をまとめた。さらには、1~3回目の採卵成績とそれ以降の関係を調べ、供卵牛の反復過剰排卵処理に対する反応性について早期予測の可能性を検討した。

1年前後で過剰排卵処理を6回反復するスケジュール

ルの有効性を再確認した。また、ある供卵牛について2回目までの採卵成績からそれ以降の採卵成績がある程度予測できることが示され、反復過剰排卵処理における供卵牛の採卵性予測が早期に可能であることが示唆された。

供卵牛の過剰排卵処理開始前の発情日における 血液成分値と採卵成績の関係

陰山 聡一・山本 裕介・南橋 昭・本郷 泰久
芦野 正城・八鍬 隆司・伊東 季春・工藤 卓二

北海道牛受精卵移植研究会会報 第9号 10~15 (1990)

供卵牛の選定基準の作成を目的として、過剰排卵処理前の自然発情日の血中プロゲステロンと一般血液成分を測定し、これらの成分値と採卵成績との関係について検討を行った。

採卵成績を予測するのは回帰式の寄与率が低く実用的ではないが、過剰排卵処理に対する卵巣反応を処理

前に予測できる可能性が示唆された。今後は例数を重ねエストロゲンなど他のホルモンも分析に加え、将来的に重回帰分析あるいは判別分析などによる供卵牛選択の指標を作成することを目指して検討を続けていきたい。

新得畜試研究報告 No.18 1991.3

平成3年3月15日 印刷

平成3年3月30日 発行

編集兼
発行所 北海道立新得畜産試験場

北海道上川郡新得町西4線40

TEL (01566) 4-5321

印刷所 ソーゴ印刷株式会社

帯広市西16条北1丁目25番地

TEL (0155) 34-1281代