

メソ羊における濃厚飼料制限給与時の粗飼料不断給与が 飼料の栄養価と第一胃内液 VFA 組成に及ぼす影響

高橋 敏能・佐原 直子・萱場 猛夫

(山形大学農学部畜産学研究室)

(昭和63年9月1日受理)

Effects of *ad lib.* Feeding of Roughages in Restricted-Feeding of Concentrate on Nutritive Value of Fodders and VFA Composition of Rumen Liquor in Sheep

Toshiyoshi TAKAHASHI, Naoko SAHARA and Takeo KAYABA

Laboratory of Zootechnical Science, Faculty of Agriculture,
Yamagata University, Tsuruoka 997, Japan

(Received September 1, 1988)

Summary

This experiment was conducted to examine the nutritive value of fodder and volatile fatty acid (VFA) composition of rumen liquor in *ad lib.* feeding of various roughages in restricted-feeding at the different levels of concentrate, i. e. : 20, 50 and 80% of the amount (103 g) fed per body weight (kg)^{0.75}. Three Suffolk sheep (30 kg in average body weight) fitted with rumen fistula were used for the experiment. Roughages were fed *ad lib.* as fresh grass, grass hay, grass silage and dent corn silage, respectively. In case of all roughages feeding, the higher level of concentrate was, the higher intake of total dry matter and the lower digestibility of crude fiber were, and an increase in the intake of total digestible nutrients (TDN) was observed. It seemed that beneficial ratio of roughage to concentrate was 8 : 2 and amount of 80 g, which is fed per metabolic body size, was available for raise of the TDN intake. In VFA composition of rumen liquor, the higher level of concentrate was, the higher content of propionic acid was. It was showed that VFA composition was almost dependent on both intake and NDF content of the roughage at same concentrate levels.

緒 言

反芻家畜に給与する飼料は大きく分類すると、糖・澱粉などの易発酵性成分に富む濃厚飼料と繊維性成分に富む粗飼料に分けられる。家畜の生産性を上げるために採食量の増加と栄養価の向上を図ることが必要であるが、濃厚飼料と粗飼料を給与する反芻家畜では、採食量と栄養価に関係する種々の要因が伴う。即ち、一般に採食量が増加するにつれて飼料の消化率が低下する¹⁻⁴⁾。また、濃厚飼料を多給すると、所謂“澱粉減退”現象により繊維性成分を中心とした栄養価の低下¹⁻⁵⁾と濃厚飼料多給障害による疾病が伴い易い。一方、粗飼料はその種類に加えて給与形態の違いも、生草、乾草、サイレージなどのように豊富であるが、一般に嗜好性が劣るため、実際

の給与量と採食量が異なることはよく経験することである。これらのことから適切な濃厚飼料と粗飼料の給与割合と給与量を知ることは大いに意義があることと考えられる。

反芻家畜では炭水化物は第一胃内で微生物により揮発性脂肪酸 (以下 VFA と略す) に分解され、濃厚飼料を多給するとプロピオン酸、粗飼料を多給すると酢酸がそれぞれ優先して発酵することは広く知られている。近年、これらの VFA 組成の違いが肥育^{5,6)}や泌乳⁷⁾の生産性に大きく関与していることが明らかにされている。

本実験は、異なる濃厚飼料給与水準で各種粗飼料を不断給与したときの栄養価と採食に伴う VFA 組成の変化について検討し、適切な濃厚飼料と粗飼料の給与割合と給与量を探ることを目的とした。

材料及び方法

平均体重 30 kg のフィステル装着去勢雄メン羊 (サフォーク種, 当才) 3 頭を供試動物とした。供試飼料のうち濃厚飼料は市販肉牛用配合飼料, 粗飼料は牧草とトウモロコシを用いた。牧草はオーチャードグラス主体の混播牧草を出穂期に刈り取り, 生草, 乾草およびサイレージに, トウモロコシは黄熟期に刈り取りサイレージにそれぞれ調製した。その際, 生草はポリ袋に入れて密閉して -1°C に保存し, 牧草乾草は雨に晒さぬようにして約一週間天日乾燥して調製した。また, 牧草サイレージは約 150 kg をビニールバックサイロにして, トウモロコシサイレージは約 6 t をコンパネサイロに埋蔵した。

飼料の給与量のうち濃厚飼料は 3 水準設定した。即ち, NRC 標準⁹⁾の子羊に必要な水分含量 10% の風乾物給与量である, 体重 (kg)^{0.75} 当たりの給与量 103 g の 20, 50 および 80% の 3 水準を設定しそれぞれ 1 日 1 回午前 9 時に給与した。粗飼料は 5 cm 以下に裁断して, 翌日の残食量が乾物重で 300~500 g になるように不断給与した。また, 飲水は自由摂取とした。

消化試験は供試動物を代謝ケージに収容して全糞採取法で行った。その際の予備試験期間は通常 7~8 日間⁹⁾必要とされているが, 必ずしも 7 日間を必要としない結果¹⁰⁾を考慮して 5 日間とし, 本試験期間を 5 日間とした。消化率測定のための本試験期間中の採糞は 24 時間間隔でおこない, 1N-HCl を粉霧して 60 $^{\circ}\text{C}$ で乾燥後, 粉碎した。各種粗飼料の嗜好性の評価は消化試験本試験期間中の 1 日当たりの平均摂取量で表わし比較した。実験は 3 \times 3 のラテン方格法で実施した。但し, 生牧草の実験は 2 反復法で行なった。環境温度は 18~22 $^{\circ}\text{C}$ とし, 照明は 5 時から 19 時までの 14 時間とした。

VFA 測定のための第一胃内液の採取は本試験期の 4 日目から 5 日目にかけて行った。即ち, 濃厚飼料給与直

前, 濃厚飼料給与後 2, 4, 6, 9, 12 および 24 時間後の合計 7 回採取し, 1 回の採取量を約 50 ml として二重ガーゼで濾過して分析に供するまで -20°C に凍結して保存した。

飼料および糞の一般成分は常法¹¹⁾により, Neutral Detergent Fiber (NDF) は VAN SOEST and WINE の方法¹²⁾で行った。第一胃内液の VFA 濃度の測定は, 既報¹³⁾と同様に行った。

実験結果の統計分析による有意性の検定は濃厚飼料の給与水準と粗飼料の違いの二元配置による分散分析を行ない, 5% 水準で有意差があり, かつ交互作用に有意差がなかった場合 DUNCAN の多重検定を行った。

結果及び考察

供試した飼料の一般成分の分析結果を Table 1. に示した。乾物中の組成で比較すると, トウモロコシサイレージは牧草より可溶無窒素物 (NFE) が高く粗繊維が低かった。また, 牧草を乾草とサイレージに調製しても一般成分では著しい差はなかったが, 乾草とサイレージの NDF 含量は生牧草より 12~15% 高くなった。これは生牧草を乾燥したり, 埋蔵して発酵させたりすることにより可溶性糖類が消費され, その結果細胞膜構成物質の割合が増加したためと考えられる。供試したサイレージの有機酸含量とフリーク評点¹⁴⁾を Table 2. に示したが, いずれのサイレージとも酪酸が少なく, フリーク評点で 60 点以上の良質のサイレージを調製できた。

メタボリックボディサイズ当たりの各種粗飼料と濃厚飼料を加えた総乾物摂取量を Table 3. に示した。尚, 生牧草の採食量はポリ袋に密閉して -1°C に保存することにより 20 日間減少しなかった。いずれの粗飼料給与でも濃厚飼料給与水準が 20% 水準のとき最も粗飼料摂取量が多かったが, 濃厚飼料を加えた総乾物摂取量は 80% 水準が最も多かった ($P < 0.01$)。しかし, 最も総乾物摂取量

Table 1. Chemical composition of offered rations.

| Ration | Chemical composition (%) | | % on dry matter basis | | | | | |
|------------------|--------------------------|--|-----------------------|--------|------|----------|--------|------|
| | Moisture | | C. protein | C. fat | NFE | C. fiber | C. ash | NDF |
| Fresh grass | 77.2 | | 10.1 | 3.4 | 41.3 | 38.2 | 7.0 | 61.0 |
| Grass hay | 13.1 | | 9.9 | 3.0 | 36.8 | 42.8 | 7.5 | 76.1 |
| Grass silage | 43.2 | | 9.9 | 3.0 | 41.9 | 37.5 | 7.7 | 73.4 |
| Dent corn silage | 69.5 | | 10.2 | 2.6 | 60.9 | 20.7 | 5.6 | 50.2 |
| Concentrate | 12.2 | | 15.5 | 5.4 | 66.4 | 5.0 | 7.7 | 22.5 |

Table 2. pH, organic acid contents and Flieg's score in Silage.

| Item silage | pH | % on fresh matter basis | | | | Flieg's score |
|------------------|------|-------------------------|-------------|----------------|--------------|---------------|
| | | Lactic acid | Acetic acid | Propionic acid | Butyric acid | |
| Grass silage | 6.1 | 0.31 | 0.18 | 0.00 | 0.00 | 60 |
| Dent corn silage | 3.85 | 2.01 | 0.26 | 0.00 | 0.00 | 100 |

Table 3. Comparison of dry matter intake in *ad lib.* feeding of various roughages in restricted-feeding at different levels of concentrate. (g/BW^{0.75}/day)

| Roughage | Level of concentrate ¹⁾ | | | Mean of levels of concentrate |
|-------------------|--|---|---|--------------------------------|
| | 20% | 50% | 80% | |
| Fresh grass | 49.0 ²⁾ (31.4) ³⁾ | 62.2 (17.7) | 83.2 (13.6) | 64.8 ^{AB4)} (20.9) |
| Grass hay | 55.8 (37.7) | 72.0 (27.7) | 81.2 (10.7) | 69.7 ^A (25.4) |
| Grass silage | 40.7 (22.1) | 66.8 (22.1) | 85.0 (13.5) | 64.2 ^{AE} (19.2) |
| Dent corn silage | 46.2 (28.7) | 62.9 (20.0) | 75.4 (11.1) | 61.5 ^B (19.9) |
| Mean of roughages | 47.9 ^C (30.0 ^A) | 66.0 ^B (21.9 ^B) | 81.2 ^A (12.2 ^C) | |

- 1) Percentage of 103 g (moisture content : 10%) fed per body weight (kg)^{0.75} which is NRC standard for the fattening lamb.
- 2) Dry matter intake of concentrate and roughage.
- 3) Dry matter intake of roughage.
- 4) Means with the same superscript or without superscript are not significantly different at the 0.05 probability level by Duncan's multiple range test.

が多かった80%水準の牧草サイレージ給与でも水分含量を10%に補正したとき 94.4 g (85.0÷0.9=94.4) の摂取量で、NRC 標準⁹⁾の 103 g の92%に過ぎなかった。このことは、本実験では繋留しているために運動に必要なエネルギーが少なくて足りたためと思われる。粗飼料間で比較すると、牧乾草給与がトウモロコシサイレージ給与より総乾物摂取量が有意に多くなった。また、濃厚飼料80%水準のときは粗飼料の乾物摂取量の差が2~3gに過ぎなかったが、20%水準のとき牧乾草の摂取量が多くなり、牧草サイレージとトウモロコシサイレージの摂取量が少なくなる傾向を示した。

濃厚飼料と粗飼料を混合して牛に給与すると、濃厚飼料の割合を高くすると本実験と同様に乾物摂取量は増加^{2, 15)}するが、濃厚飼料の乾物比を9割以上にすると第一胃内液のpHが急激に低下して乾物摂取量が低下¹⁵⁾する。しかし、一般に粗飼料の給与割合が高いと乾物摂取量が少ない厚肉として、粗飼料は体積が大きく第一胃に

停滞している時間が長いことが摂取量を制御していると考えられる。粗飼料間の比較で同一牧草を生牧草とサイレージ¹⁶⁾、乾草とサイレージ¹⁷⁾にそれぞれ調製した場合明確な差がない報告は、本実験の濃厚飼料20%水準でサイレージ給与の摂取量が低かった結果と若干異なっていたが、この違いの原因は明らかにできなかった。

次に粗繊維消化率の比較を Table 4., 乾物中の TDN 含量の比較を Table 5. に示した。いずれの粗飼料給与も濃厚飼料給与水準を高くすると澱粉減退現象が現われ、粗繊維消化率が低下した。しかし、表には示さなかったが、いずれの粗飼料給与とも粗蛋白質、粗脂肪および NFE の消化率は濃厚飼料給与水準を高くしても低下しなかった。これらの消化率と飼料の各成分から算出した乾物中の TDN 含量は、トウモロコシサイレージ給与でトウモロコシの NFE 含量が高かったことと濃厚飼料多給により粗繊維消化率が低下したことにより、濃厚飼料80%水準が50%水準より低くなった以外は濃厚飼料給与

Table 4. Comparison of crude fiber digestibility in *ad lib.* feeding of various roughages in restricted-feeding at different levels of concentrate. (%)

| Level of concentrate ¹⁾ | 20% | 50% | 80% | Mean of levels of concentrate |
|------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------|
| Fresh grass | 66.8 | 58.2 | 40.7 | 55.2 ^{A2)} |
| Grass hay | 57.8 | 46.1 | 29.2 | 44.4 ^B |
| Grass silage | 75.2 | 63.4 | 50.0 | 62.9 ^A |
| Dent corn silage | 67.9 | 59.2 | 44.9 | 57.3 ^A |
| Mean of roughages | 66.9 ^A | 56.7 ^B | 41.2 ^C | |

^{1), 2)} See note for Table 3.Table 5. Comparison of content of total digestible nutrients in *ad lib.* feeding of various roughages in restricted-feeding at different levels of concentrate. (% of dry matter)

| Level of concentrate ¹⁾ | 20% | 50% | 80% | Mean of levels of concentrate |
|------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------|
| Fresh grass | 68.8 | 75.2 | 76.6 | 73.5 ^{A2)} |
| Grass hay | 58.5 | 64.9 | 69.6 | 64.3 ^B |
| Grass silage | 70.9 | 74.3 | 77.3 | 74.2 ^A |
| Dent corn silage | 76.9 | 78.5 | 75.1 | 76.8 ^A |
| Mean of roughages | 68.8 ^B | 73.2 ^A | 74.7 ^A | |

^{1), 2)} See note for Table 3.Table 6. Comparison of intake of total digestible nutrients in *ad lib.* feeding of various roughages in restricted-feeding at different levels of concentrate. (g/BW^{0.75}/day)

| Level of concentrate ¹⁾ | 20% | 50% | 80% | Mean of levels of concentrate |
|------------------------------------|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------|
| Fresh grass | 34.1 | 46.6 | 63.5 | 48.1 |
| Grass hay | 32.5 | 46.8 | 56.4 | 45.2 |
| Grass silage | 28.8 | 49.5 | 60.2 | 46.2 |
| Dent corn silage | 35.0 | 49.3 | 56.6 | 47.0 |
| Mean of roughages | 32.6 ^{C2)} | 48.1 ^B | 59.2 ^A | |

^{1), 2)} See note for Table 3.

水準を高くするほど高くなった。また、粗飼料間を比較すると牧乾草を給与したとき、いずれの濃厚飼料給与水準でも粗繊維消化率と TDN 含量の低下が著しかった。牧草サイレージと生牧草では消化率に差は少なく¹⁶⁾、牧乾草はサイレージ¹⁷⁾と生牧草¹⁸⁾より消化率は低くなるが、本実験では牧乾草給与の消化率が低かった原因に摂取量が多かったことも影響していたのであろう。Table

6. に 1 日当たりの TDN 摂取量の比較を示した。その結果、いずれの粗飼料を給与しても濃厚飼料給与水準が高い程、粗繊維消化率は低下するものの乾物摂取量が多かったことが影響して多い TDN 摂取量だった。粗飼料間の比較では有意差は認められず、各種粗飼料を自由採食させた場合、TDN 摂取量は粗飼料の種類に左右され難いことが示された。また、濃厚飼料20%水準で牧乾草の

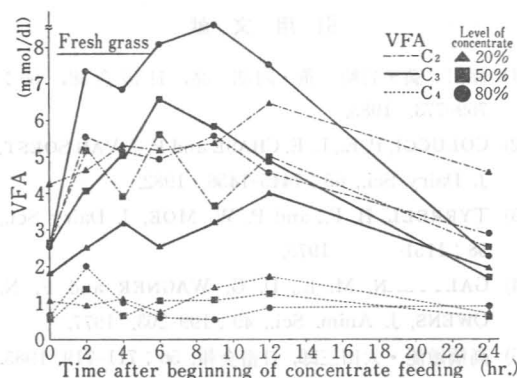


Fig. 1. Change in VFA composition of rumen liquor in *ad lib.* feeding of fresh grass in restricted-feeding at different levels of concentrate.

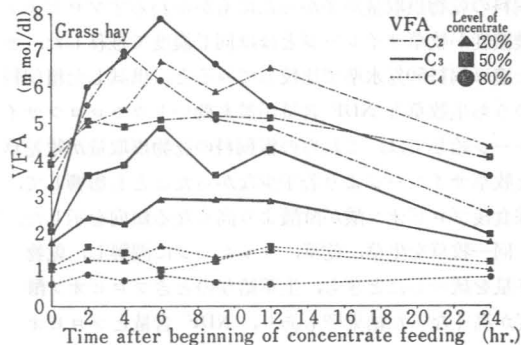


Fig. 2. Change in VFA composition of rumen liquor in *ad lib.* feeding of grass hay in restricted-feeding at different levels of concentrate.

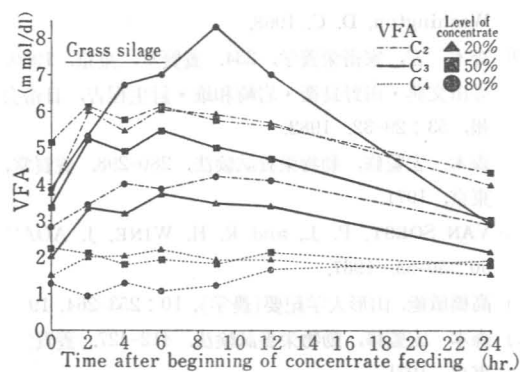


Fig. 3. Change in VFA composition of rumen liquor in *ad lib.* feeding of grass silage in restricted-feeding at different levels of concentrate.

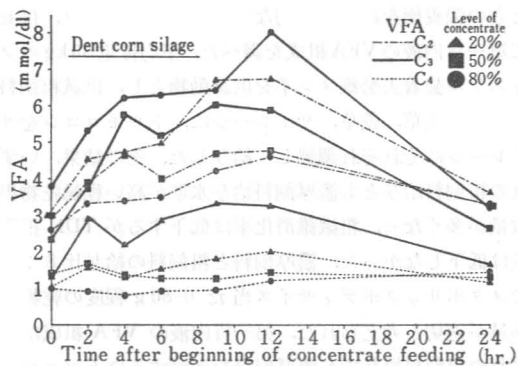


Fig. 4. Change in VFA composition of rumen liquor in *ad lib.* feeding of dent corn silage in restricted-feeding at different levels of concentrate.

乾物摂取量が多かったが、TDN 摂取量は多くならず、少ない濃厚飼料給与で牧乾草を多給することは必ずしも有益でないことも示唆された。

いずれにしろ本実験から言えることは、乾物摂取量を多くさせ TDN 含量と摂取量を上げるには濃厚飼料と粗飼料の給与比を 8 : 2 にしてメタボリックボディサイズ当たりの乾物給与量は 80 g 程度が適切と言える。この場合は粗飼料の種類は特に考慮する必要がないであろう。しかし、長期間給与する場合、濃厚飼料多給による障害が伴う可能性が高いので今後この濃厚・粗飼料の給与比 8 : 2 の前後の給与割合で長期に亘る飼養試験が望まれる。

濃厚飼料給与後の採食に伴う第一胃内液の VFA 組成の濃度の変化を Fig. 1. から Fig. 4. に示した。その結果、いずれの粗飼料給与とも濃厚飼料給与後、直ちに C₂ の酢酸と C₃ のプロピオン酸は上昇し、濃厚飼料給与水準を上げる程プロピオン酸の濃度が高い濃度で上昇した。酢酸の濃度は濃厚飼料 80% 水準の牧草サイレージが低く、20% 水準のトウモロコシサイレージで高かった以外は、各粗飼料給与とも濃厚飼料水準間に著しい差はなかった。粗飼料間を比較してみると乾草を給与すると酢酸の濃度が高くなる傾向だった。前述の粗飼料中の NDF 含量、乾物摂取量と VFA 組成を比較してみると、同一牧草でも NDF 含量が低く可溶性糖類が多かった生牧草

給与で濃厚飼料20%水準のとき、牧草サイレージより粗飼料の乾物摂取量が多かったにもかかわらずプロピオン酸濃度が牧草サイレージとほぼ同じ濃度で推移した。また濃厚飼料50%水準と比較してみると、供試した粗飼料のうち生牧草と NDF 含量が最も低いトウモロコシサイレージ給与では、これらの粗飼料の乾物摂取量が牧草と牧草サイレージより若干少なかったことも影響して、採食後プロピオン酸が酢酸より高くなる傾向を示した。

同一牧草を生草、乾草、サイレージに調製し、乾物給与量を統一したときも、生草給与のときプロピオン酸濃度が高くなった結果¹⁹⁾もあり、NDF 含量とプロピオン酸濃度とは密接な関係があるように思えた。

摘 要

濃厚飼料の給与量を体重 (kg)^{0.75} 当たり 103 g の 20, 50, 80% の 3 水準を設定し、各種粗飼料を不断給与したときの栄養価を調べて適切な飼料の給与量を探り、併せて第一胃内液の VFA 組成を調べた。平均体重 30 kg のフィステル装着去勢雄メソ羊を供試動物とし、供試粗飼料は牧草を生草、乾草、サイレージに、トウモロコシをサイレージにそれぞれ調製して給与した。その結果、いずれの粗飼料給与とも濃厚飼料給与水準が高い程乾物摂取量が多くなり、粗繊維消化率は低下するが TDN 摂取量は低下しなかった。濃厚飼料と粗飼料の給与比 8 : 2 でメタボリックボディサイズ当たり 80 g 程度の乾物給与量が適切と考えられた。第一胃内液の VFA 組成はいずれの粗飼料給与でも濃厚飼料を多給するほどプロピオン酸濃度が上昇した。同じ濃厚飼料給与水準では、VFA 組成は粗飼料の摂取量と NDF 含量と関係があるように思われた。

謝 辞

本実験を遂行するにあたり、粗飼料の調製には山形大学農学部附属農場畜産部と昭和62年度畜産学講座専攻学生諸氏、またデータの整理と図表の作成には長谷川久美子と斎藤優の両氏の協力を得たので厚く謝意を表す。

引用文献

- 1) 篠田 満・岩崎 薫・阿部 亮, 日畜会報, 56 : 769-773. 1985.
- 2) COLUCCI, P. E., L. E. CHASE and P. J. VAN SOEST, J. Dairy Sci., 65 : 1445-1456. 1982.
- 3) TYRRELL, H. F., and P. W. MOE, J. Dairy Sci., 58 : 1151-1163. 1975.
- 4) GALYYEAN, M. L., D. G. WAGNER and F. N. OWENS, J. Anim. Sci., 49 : 199-203. 1977.
- 5) 高橋敏能・太田三郎, 日畜会報, 56 : 711-719. 1985.
- 6) 高橋敏能, 栄養生理研究会報, 31 : 44-68. 1987.
- 7) WOODFORD, J. A., N. A. JORGENSEN and G. P. BARRINGTON, J. Dairy Sci., 69 : 1035-1047. 1986.
- 8) National Reserch Council, Nutrient Requirement of Sheep, 4 th ed. National Academy of Science, Washington, D. C. 1968.
- 9) 森本 宏, 家畜栄養学, 234. 養賢堂, 東京. 1969.
- 10) 寺田文典・田野良衛・岩崎和雄・針生程吉, 日畜会報, 53 : 29-32. 1982.
- 11) 森本 宏監修, 動物栄養試験法, 280-298. 養賢堂, 東京. 1971.
- 12) VAN SOEST, P. J., and R. H. WINE, J. AOAC, 50 : 50-55. 1967.
- 13) 高橋敏能, 山形大学紀要(農学), 10 : 253-264. 1987.
- 14) 森本 宏監修, 動物栄養試験法, 412-427. 養賢堂, 東京. 1971.
- 15) FORBES, J. M. The Voluntary Food Intake of Farm Animals, 90-94. Butterworths. London. 1986.
- 16) 石栗敏機, 日草誌, 24 : 227-231. 1978.
- 17) 八幡林芳・岩崎 薫・名久井忠・阿部 亮, 日畜会報, 44 : 598-604. 1973.
- 18) 森本 宏編, 飼科学, 362-363. 養賢堂, 東京. 1985.
- 19) 高橋敏能・伊藤浩之, 山形農林学会報, 45 : 29-33. 1988.