

第一胃内 VFA 組成におよぼす刈取時期別 草サイレージ給与の影響

薦野 保[†], 小倉 紀美[†], 坂東 健[†]
蒔田 秀夫[†], 吉田 悟[†]

CHANGES IN MOLAR PERCENT OF VOLATILE FATTY ACID IN RUMEN LIQUOR OF SHEEP FED SILAGE MADE FROM GRASSES CUT AT DIFFERENT STAGE OF MATURITY

Tamotsu TOBINO, Noriyoshi OGURA, Takeshi BANDO,
Hideo MAKITA & Satoru YOSHIDA

早刈りサイレージを給与した際の第一胃内 VFA 組成は、遅刈りサイレージを給与した場合よりも酢酸の比率が減少し、プロピオン酸は大差なく、酪酸および吉草酸は増大した。草サイレージから摂取した酢酸、プロピオン酸、酪酸などの量と第一胃内におけるそれらの含量とは関係がなかった。飼料給与後の経過時間によって、第一胃内 VFA 組成は著しく変動した。

緒 言

第一胃内で産生される揮発性低級脂肪酸（以下 VFA と記す）は、給与飼料によって異なるが、³⁾⁴⁾¹⁶⁾それが乳生産効率²⁾³⁾¹³⁾、乳脂率⁸⁾²⁰⁾、採食量⁷⁾¹⁰⁾などとも関係のあることが知られている。粗飼料については、乾草、サイレージおよび青草などを給与した際の第一胃内 VFA 組成が異なり、また乾草や青草については刈取時期によっても変動することが知られている⁶⁾¹²⁾。しかし、草サイレージについては比較的報告が少なく、サイレージ中には多量の有機酸が含まれているので、VFA 産生の傾向が乾草や青草の場合と同様になるか明らかでない。したがって、刈取時期別草サイレージを給与した際の第一胃内 VFA 組成の変動と、その範囲について究明することがこの報告の目的の 1 つである。

また、品質不良のサイレージはケトージス発症の誘因になるので多給すべきでないとされているが、草サイレージから摂取した酢酸や酪酸が第一

胃内で吸収される量とその生理的影響については明確にされていないようである。草サイレージから摂取した酢酸や酪酸の第一胃内における吸収量を測定することは困難であるが、第一胃内における各 VFA の濃度と比率にしたがって吸収されるものとすれば¹⁹⁾、第一胃内の VFA 濃度と比率を測定することによって、給与サイレージの差異による VFA 産生と吸収の傾向を推察しても大きな誤りはないであろう。本報告では、草サイレージから摂取した VFA と第一胃内 VFA 濃度との関係を究明した。

草地酪農地帯においては、乾草と濃厚飼料を節約し草サイレージを飽食させる飼養法が発展しつつあるので、草サイレージの飼料価値が直接乳牛の生産反応に反映するようになる。したがって、草サイレージの飼料価値を正確に評価する必要があるが、消化率や採食量のみならず第一胃内 VFA 組成を知ることによって、乳生産効率を評価することが可能になるかもしれない。そのためには刈取時期や品質の異なる草サイレージについて、多くの例数を重ねなければならないが、本報

[†] 根釧農業試験場

告はその一部である。

以上の目的から、本報告は刈取時期の異なる草サイレージを給与した際の第一胃内 VFA 組成の変動、ならびに草サイレージから摂取した VFA と第一胃内 VFA 組成との関係について究明したものである。

本稿を草するにあたり、前根釧農業試験場長坪松戒三博士には懇篤なご指導を頂き、本稿の校閲を賜わったことを記して、衷心より感謝の意を表する。

試験方法

供試サイレージは、同一草地から生育時期別に調製されたイネ科主体のサイレージで、その化学的品質、消化率ならびに乳牛飼養効果についてはすでに報告¹⁾した。

試験 A は、供試した早刈り、中間刈り、遅刈り

サイレージについてそれぞれ 3 頭ずつめん羊を供試し、常法による消化試験終了後、胃カテーテルにより胃内容液を 2 回吸引採取して、VFA 組成、pH および全窒素含量などを調査した結果である。

試験 B は、フィスチュラめん羊 1 頭を供試し、前述したサイレージのうち早刈り、中間刈りサイレージを給与して、10 日間予備期とし、その後胃内容物を採取して調査した結果である。

試験方法を表示すれば、Table 1 のとおりである。

サイレージの給与量はいずれも飽食量で、試験 A は 1 日 3 回に分与し、試験 B では朝 1 回に給与した。

給与したサイレージの有機酸組成と飼料成分を表示すれば、Table 2, 3 に示すとおりである。

Table 1 Experimental animals and sampling hours of rumen liquor

	Silage	Experimental animal	Experimental period	Date of sampling	Hours of sampling	Times of feeding
Exp. A	Early-cut	Three sheep	Nov. 5~20 '66	Nov. 20 '66	A. M. 11.00 P. M. 3.00	Three times a day
	Medium-cut	Three sheep	Nov. 5~20 '66	Nov. 20 '66	A. M. 11.00 P. M. 3.00	
	Late-cut	Three sheep	Nov. 21~ Dec. 6 '66	Dec. 6 '66	A. M. 11.00 P. M. 3.00	
Exp. B	Early-cut	One fisturated sheep	Dec. 30 '66~ Jan. 11 '67	Jan. 9 '67 Jan. 11 '67	A. M. 11.00 P. M. 1.00 P. M. 3.00 P. M. 5.00	Once a day
	Medium-cut	One fisturated sheep	Dec. 17~29 '66	Dec. 27 '66 Dec. 29 '66	A. M. 11.00 P. M. 1.00 P. M. 3.00 P. M. 5.00	

Table 2 Chemical quality of silages fed to sheep

	Silage	Moisture %	pH	Percent in fresh silage							
				Total	Lactic	C ₂	C ₃	i-C ₄	n-C ₄	i-C ₅	n-C ₅
Exp. A	Early-cut	74.9	4.2	1.93	1.14	0.26	0.13	—	0.40	—	—
	Medium-cut	58.5	4.6	1.14	0.93	0.08	0.05	—	0.08	—	—
	Late-cut	78.6	3.5	2.01	1.63	0.38	—	—	+	—	—
Exp. B	Early-cut	71.5	4.6	1.96	1.04	0.28	0.15	—	0.49	—	—
	Medium-cut	60.0	3.9	1.52	1.12	0.24	—	—	0.16	—	—

Table 3 Chemical composition of silages fed to sheep

	Silage	Moisture %	Percent in dry matter basis				
			Protein	Fat	Fiber	NFE	Ash
Exp. A	Early-cut	78.0	15.0	4.7	31.4	37.4	11.5
	Medium-cut	51.3	12.2	3.6	30.1	46.6	7.5
	Late-cut	79.4	12.1	4.6	37.8	38.2	7.3
Exp. B	Early-cut	76.3	18.8	4.3	27.6	39.3	10.0
	Medium-cut	60.7	12.7	3.9	30.1	45.2	8.1

胃液の採取方法は、試験Aでは内径 7 mmの胃カテーテルと吸引ポンプにより、約 100~200 ml 採取した。試験Bではフィスチュラの栓をとり、周辺部分を棄てて内部から胃内容物を約 200 ml 採取した。

VFA 総量は、採取した胃内容物を三重ガーゼでろ過し、蒸溜法²⁰⁾で測定し、VFA の比率はガスクロマトグラフィ²¹⁾によって算定した。全窒素はキューダール法により、pH はガラス電極法で測定した。

供試サイレージ中の乳酸は比色法²²⁾により、VFA の比率はガスクロマトグラフィ²¹⁾で測定し、乳酸と VFA の含量を総酸とした。

飼料の一般成分は農技研法にしたがった。

試験結果

供試サイレージの摂取量を示すと、Table 4 のとおりである。

試験Aでは、中間刈りサイレージの摂取量が多かった。これは Table 3 に示すように、水分が少なく品質が良好だったためと思われる。試験Bでは、早刈りサイレージの方がやや多かった。

pH, VFA 総量および全窒素の調査結果を表示すれば、Table 5 のとおりである。

試験Aの方が pH が高く、VFA 総量が低いのは、胃カテーテルで吸引採取したために、唾液が混入したためと思われる。

試験Aでは、中間刈りサイレージが pH 最低で VFA 総量は最も高かった。試験Bでも、中間刈りサイレージの方が早刈りサイレージよりも pH が低く、VFA 総量が高かった。試験Aの場合は、Table 4 に示すように中間刈りサイレージの摂取量が多かったが、試験Bの場合はやや少なかった。しかし、試験Aと同様に、中間刈りサイレージの方が pH が低く VFA が高かったのは、Table 3 に示すように、中間刈りサイレージが低

Table 4 Voluntary dry matter intake of silages

	Silage	Body weight of exp. sheep (kg)	Intake (kg)		Ratio to b. weight (%)
			Fresh	Dry matter	
Exp. A	Early-cut	64.7	4.37	0.96	1.48
	Medium-cut	70.5	2.82	1.37	1.94
	Late-cut	65.7	2.29	0.47	0.72
Exp. B	Early-cut	55.0	3.56	0.84	1.53
	Medium-cut	55.0	1.85	0.72	1.31

Values in Exp. A show an average of three cows.

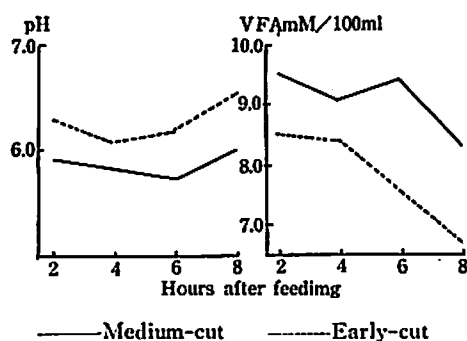
Table 5 pH, total volatile fatty acid and total nitrogen in rumen liquor

	Silage	pH	VFA mM/100 ml	Total nitrogen mgN/100 ml
Exp. A	Early-cut	7.3 ± 0.1	5.6 ± 1.1	1113 ± 156
	Medium-cut	6.8 ± 0.4	6.7 ± 0.6	1274 ± 283
	Late-cut	7.4 ± 0.03	4.0 ± 0.6	1076 ± 147
Exp. B	Early-cut	6.2 ± 0.02	7.8 ± 1.0	1390 ± 309
	Medium-cut	5.8 ± 0.01	9.1 ± 0.5	999 ± 248

水分のため発酵が抑制され、NFE 含量が多いので、炭水化物から急速に VFA が產生されて pH が低下し、VFA 総量が増加するものと思われる。

飼料給与後の pH および VFA 総量の変動を試験 B について図示すると、Fig. 1 のとおりである。

Fig. 1 Change in pH and total VFA content at different hours after feeding



中間刈りサイレージは、早刈りサイレージより

も給与開始後 2 時間から pH が低く、VFA 総量が多かった。また、中間刈りサイレージは 6 時間まで pH が低下し、VFA 総量が減少しないのに反し、早刈りサイレージは 6 時間では pH が高くなり、VFA 総量が減少する結果となった。

第一胃内 VFA 組成の調査結果は、Table 6 に示すとおりである。

試験 A の場合は、刈取時期が遅くなるほど酢酸が増大し、酪酸および吉草酸が減少した。青草の場合で刈取時期が遅くなるほどプロピオン酸が減少するという報告⁹⁾があるが、本試験の結果ではこれと異なり、プロピオン酸の減少はみられなかった。

試験 B の場合、中間刈りサイレージは酢酸が増加し、プロピオン酸は大差なく、吉草酸が減少していることは試験 A と同様であるが、酪酸の減少はみられなかった。

サイレージ給与開始後の時間の経過と VFA 組

Table 6 Average molar percent of volatile fatty acids as percent of total in rumen liquor

	Silage	Molar percent VFA as % of total					
		C ₂	C ₃	i-C ₄	n-C ₄	i-C ₅	n-C ₅
Exp. A	Early-cut	42.0±4.8	22.3±1.8	4.7±2.3	19.0±1.7	7.8±1.1	4.2±1.1
	Medium-cut	50.6±3.6	25.8±4.1	0.6	14.9±1.5	5.4±0.5	2.8±1.0
	Late-cut	59.0±6.6	23.6±3.0	+	12.9±3.7	4.1	0.4
Exp. B	Early-cut	45.1±4.4	29.5±2.2	+	19.8±1.4	3.7	1.9
	Medium-cut	48.0±4.2	29.7±1.2	-	21.3±3.7	-	0.9

Table 7 Change in molar percent of volatile fatty acid at different hours after feeding

Silage	Hours after feeding	Molar percent VFA as % of total					
		C ₂	C ₃	i-C ₄	n-C ₄	i-C ₅	n-C ₅
Early-cut	2 hr. after feeding	39.9	27.1	+	19.3	9.4	4.4
	4 hr. after feeding	43.1	27.6	+	17.5	7.2	4.6
	6 hr. after feeding	47.4	31.6	+	21.0	+	+
	8 hr. after feeding	49.0	30.8	+	20.2	+	+
Medium-cut	2 hr. after feeding	42.1	29.9	—	26.6	+	1.5
	4 hr. after feeding	49.4	28.6	—	21.1	—	0.9
	6 hr. after feeding	50.7	30.0	—	18.0	—	1.3
	8 hr. after feeding	50.0	30.3	—	19.8	—	+

成の変動との関係は、Table 7 に示すとおりである。

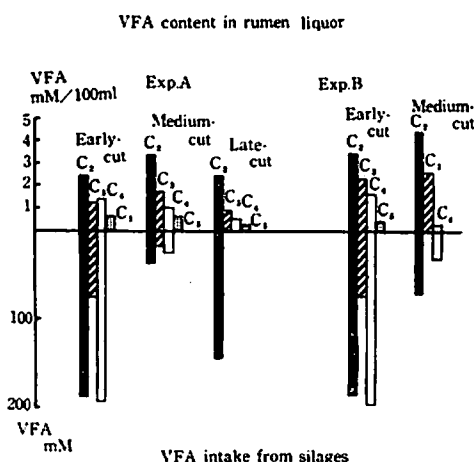
サイレージ給与開始後の時間の経過とともに、両サイレージとも酢酸が顕著に増大し吉草酸は消失している。プロピオン酸は傾向が一定でないが減少せず、酪酸は早刈りサイレージでは減少しなかったが、適期刈りでは減少した。

以上のように、第一胃内 VFA 組成は、飼料給与後の経過時間によって変動するので、給与飼料による VFA 組成の変動を比較する場合は、胃液採取時間と回数を正確にする必要がある。

Table 2 に示したサイレージ中の VFA 含量と Table 4 の摂取量により、サイレージから摂取した VFA の量を算出し、Table 5 の第一胃内 VFA 総量と Table 6 の比率から第一胃内の VFA 濃度を算出し、その関係を図示すれば Fig. 2 に示すとおりである。

両試験の結果をみると、中間刈りサイレージを給与した場合、VFA 摂取量が少ないにもかかわらず第一胃内の VFA 濃度は最も高い。試験 A では、早刈りおよび遅刈りサイレージを給与した際の酢酸の摂取量が多いが、第一胃内の酢酸の濃度は中間刈りよりも低い。また、早刈りサイレージではプロピオン酸および酪酸を多く摂取しているが、第一胃内のプロピオン酸の濃度は中間刈りよりも低く、酪酸の濃度は著しく多い値ではない。試験 B についても同様のことがいえる。

以上の結果をみると、サイレージから摂取した

Fig. 2 Relationship between VFA intake from silage and VFA content in rumen liquor


VFA と第一胃内 VFA 組成とは関係がないと考えられる。サイレージから摂取した酢酸や酪酸が急速に吸収されるかもしれないので、本試験の結果からでは酢酸や酪酸を大量に含むサイレージを給与しても生理的な影響はないと結論することはできない。しかし、本試験の Table 7 に示したサイレージ給与開始後 2 時間の VFA 組成は、サイレージを摂取中の VFA 組成であるから、第一胃内の VFA 組成の比率と濃度にしたがって第一胃壁から吸収されるものとすれば¹⁰⁾、酢酸や酪酸の多いサイレージを給与した場合、酢酸や酪酸の吸収量が多いと考えることには疑問がある。した

がって、サイレージ中の酢酸や酪酸がケトージスなどの代謝障害をおこすというよりも、そのような不良なサイレージは摂取量が少ないので、適正な補助飼料の給与がなされない場合は、血糖の乳腺への供給が不足して代謝障害をおこすと考えた方が妥当のように思われる。

考 察

草サイレージもまた、乾草や青草と同様に、刈取時期により第一胃内 VFA 組成が変動することが明らかとなった。飼料中の炭水化物からは主として酢酸とプロピオン酸が産生され、蛋白質からは主として酪酸が産生されることが認められている⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾。したがって、刈取時期によって第一胃内 VFA 組成が変動するのは、主として給与飼料中の炭水化物および蛋白質含量が異なり、第一胃内におけるそれらの消化性が異なるためと思われる。また、炭水化物や蛋白質の摂取量が異なると産生される VFA、アンモニアならびに pH などが変動し、直接または間接に第一胃内における VFA の産生比に影響していると思われる。

刈取時期が早くなるに従い、第一胃内における酢酸の比率が減少し、プロピオン酸の比率が増加するのは、飼料中に消化しやすい炭水化物が多いためであるとされている⁹⁾¹²⁾。

本試験の場合、中間刈りサイレージは低水分のため、早刈りサイレージや遅刈りサイレージよりも糖類や可溶性炭水化物などが多く残存していることが予想される¹³⁾。したがって、もし糖類や可溶性炭水化物が多い場合は、酢酸の比率が減少するとすれば、中間刈りサイレージの方が酢酸の比率が減少しなければならないが、本試験の結果では、中間刈りサイレージの方が酢酸の比率が高かった。このことは、糖類や可溶性炭水化物だけでなく、前述した多くの要因が影響しているためと思われるが、本試験の結果からではそれらの関連性を考察することは困難である。また、早刈りサイレージを給与した際、酢酸の比率は減少したが、プロピオン酸の増加は認められなかった。これは、サイレージ発酵にともない糖類が減少したために、乾草や生草の場合と異なる傾向になったも

のと思われるが明確でない。

飼料給与後の経過時間にもなる第一胃内 VFA 組成の変動は、前述した刈取時期別の変動とよく類似した傾向になった。すなわち、飼料給与後短時間では酢酸の比率が低く、酪酸および吉草酸の比率が高いが、時間が経過するとともに酢酸が増大し、酪酸および吉草酸が消失した。飼料給与後短時間では、消化しやすい炭水化物や蛋白質から VFA が産生されるために、酢酸の比率が低く、酪酸の比率が高いのであろう。時間が経過するとともに消化の比較的困難なセルロースから VFA が産生されるために、酢酸の比率が増大するものと思われる。

要 約

刈取時期の異なる草サイレージを給与した際の第一胃内 VFA 組成の変動、ならびに草サイレージから摂取した VFA と第一胃内 VFA 組成との関係を究明するために実施した。

1) 試験 A は、オーチャードグラスおよびチモシーを主体とした早刈り、中間刈り、遅刈りサイレージについて、常法による消化試験終了後、胃カテーテルにより胃内容物を吸引採取した。試験 B は、フィスチュラめん羊 1 頭を供試し、早刈り、中間刈りサイレージを給与して第一胃内容物を採取した。

2) 試験 A では、刈取時期が遅くなるほど、第一胃内の酢酸の比率が増大し、プロピオン酸は大差がなく、酪酸および吉草酸は減少した。早刈りと中間刈りで実施した試験 B もこれと同様の傾向であったが、酪酸の減少がみられなかった。

3) 草サイレージから摂取した酢酸、プロピオン酸、酪酸などの量と第一胃内におけるそれらの含量とは関係がなかった。

4) 飼料給与後の VFA 組成の変動を試験 B で調査した結果、両サイレージとも時間の経過とともに酢酸が増大し、プロピオン酸は大差なく、吉草酸はいずれも消失した。酪酸は中間刈りでは減少したが早刈りでは減少しなかった。

文 献

- 1) PATH, I. H. and M. T. HEAD, 1961; The *in vitro* production, by rumen micro-organisms, of volatile fatty acids from cellulose and hemicellulose labelled with C¹⁴. Jour. of Agri. Sci., 50: 1: 131.
- 2) COPPOCK, C. E. et al., 1964; Relationships between end products of rumen fermentation and utilization of metabolizable energy for milk production. Jour. of Dairy Sci., 47: 12: 1359.
- 3) DAVIS, R. F. et al., 1957; The effect of various levels of dietary protein upon the volatile fatty acids in the rumen of the dairy cow. Jour. of Dairy Sci., 40: 1: 75.
- 4) ELLIOT, J. M. et al., 1957; Effect of feeding certain silages on the relative concentrations of rumen volatile fatty acids. Jour. of Dairy Sci., 40: 4: 356.
- 5) ———, and J. K. LOOSLI, 1959; Relationship of milk production efficiency to the relative proportions of the rumen volatile fatty acids. Jour. of Dairy Sci., 42: 5: 843.
- 6) FARNS, P. F., 1964; Variation in the intraruminal fatty acid ratios of sheep fed ryegrass harvested at different stages of maturity. Jour. of Animal Sci., 23: 2: 344.
- 7) 広瀬可恒, 1961; 食欲, 日畜報, 32: 4: 213.
- 8) ———, 1966; ルミノロジーと飼養技術(乳牛の科学, 梅津元昌編, 農山漁村文化協会) 312~336.
- 9) 桑野文雄, 神立 誠, 1959; 反刍胃の消化に関する研究, XV反刍胃内の揮発性脂肪酸生成におよぼす粗飼料の影響, 日畜報, 30: 3: 158.
- 10) MCCULLOUGH, M. E., 1966; Relationships between rumen fluid volatile fatty acids and milk fat percentage and feed intake. Jour. of Dairy Sci., 49: 7: 896.
- 11) 湊 一, 1966; 炭水化物の消化(乳牛の科学, 梅津元昌編, 農山漁村文化協会) 186~206.
- 12) REID, R. L., 1964; The measurement of nutritive quality in a bluegrass pasture using *in vivo* and *in vitro* techniques. Jour. of Agri. Sci., 23: 3: 700.
- 13) RICE, R. W. et al., 1962; Relation of certain end products of rumen fermentation to forage feeding value. Jour. of Animal Sci., 21: 2: 418.
- 14) SATTER, L. D. et al., 1964; Dietary induced changes in volatile fatty acid formation from α -cellulose-C¹⁴ and hemicellulose-C¹⁴. Jour. of Dairy Sci., 47: 12: 1365.
- 15) ———, et al., 1967; Influence of accompanying substrate on *in vitro* volatile fatty acid formation from α -cellulose-C¹⁴. Jour. of Dairy Sci., 47: 12: 1365.
- 16) SHAW, J. C., 1959; Symposium on forage evaluation; relation of digestion end-products to the energy economy of animals. Agronomy Jour., 51: 4: 242.
- 17) 荻野 保ほか, 1967; 根刈地方における乳牛のサイレージ主体飼養法を前提とした牧草サイレージ調製法に関する試験 第3報 實行タワーサイロによる中水分低水分サイレージの調製とその飼養効果について, 道農試集, 16: 13.
- 18) ———, 1968; 刈取時期別草サイレージの化学的品質とその乳牛飼養効果比較試験, 北農, 35: 2: 25.
- 19) 津田恒之, 1966; 第一胃における吸収と代謝(乳牛の科学, 梅津元昌編, 農山漁村文化協会) 98~100.
- 20) VAN SOEST, P. J. and N. N. ALLEN, 1959; Studies on the relationship between rumen acids and fat metabolism of ruminants fed on restricted roughage diets. Jour. of Dairy Sci., 42: 12: 1977.
- 21) 箭原信男, 1966; サイレージ有機酸定量法の検討, 北農試集報, 90: 55.
- 22) 京大農芸化学実験書, 1957; 3: 1326.

Summary

Molar percent of volatile fatty acid in rumen liquor of sheep fed grass silages cut at different stage of maturity were compared and relationship between VFA intake from silages and VFA content in rumen liquor were considered.

1) An increase of acetic acid and a decrease of butyric, valeric acid were observed in rumen liquor of sheep fed early-cut silage. Propionic acid did not vary greatly in the rumen liquor of sheep fed silages cut at different stages of maturity.

2) There were no linear relationships between acetic, propionic, butyric acid intake from silage and the content of these acids in rumen liquor.

3) The molar percent of volatile fatty acid in rumen liquor changed largely at different times after feeding. Acetic acids were increased and valeric acids disappeared at later times after feeding. Propionic acids were constant and butyric acids decreased in medium-cut silage but did not decrease in medium-cut silage.