



Title	第1胃内の揮発性脂肪酸（VFA）生成におよぼす環境温、湿度の影響
Author(s)	上山, 英一; UHEYAMA, Eiichi; 広瀬, 可恒 他
Citation	北海道大学農学部邦文紀要, 9(1), 59-63
Issue Date	1973-12-15
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/11854
Type	departmental bulletin paper
File Information	9(1)_p59-63.pdf



第1胃内の揮発性脂肪酸(VFA)生成におよぼす 環境温, 湿度の影響

上山英一・広瀬可恒
(北海道大学農学部酪農科学研究施設)
(昭和48年3月22日受理)

The Effects of Ambient Temperature and Humidity upon the Production of Volatile Fatty Acids (VFA) in the Rumen

Eiichi UEYAMA and Yoshitsune HIROSE
(Institute for Dairy Science, Faculty of Agriculture,
Hokkaido University, Sapporo, Japan)

家畜は各種環境気象要因の変動に対応して生理面に多様な変化を生じ、これが直接ないしは間接に生産への影響となって現れる。第1胃内のVFA生成に関してWELDYら¹³⁾は、人工気象室内で乳牛と肉牛を供試した試験において、高温時(21.1°C~32.2°C)には適温時(2.2°C~24.4°C)に比して醋酸の生成量が低下することを報告している。その後、KELLYら⁴⁾は乳牛を供試し、気温37.7°Cの際には1.6°Cおよび18.2°Cの場合に比較してVFA生成量が全般的に低下し、なかでもプロピオン酸の減少が著しいとの結果を得ており、MISHRAら⁶⁾、MARTZら⁵⁾は、乳牛について高温処理により醋酸生成に変化を生ずるとともに乳酸の生成量が増加することを認めている。これら各試験間の相違については、供試飼料の化学的ないしは物理的性状の違いや供試動物の反応、とくに飼料摂取量への影響の差などが主因と説明されているが、環境温度の変動が生理面に作用してVFA生成に変化が生ずるとするならば、温度のみならず湿度の影響も考慮する必要がある。第1胃内VFAは牛乳生産と密接な関連性を有することが最近明らかにされており^{11,12)}、これらの影響を究明することは反芻家畜の飼育を適切に行なう上で肝要と考えられる。

本試験では、こうした見地から、第1胃内のVFA生成におよぼす環境温度ならびに湿度の影響について検討した。

実験方法

供試動物の管理と温, 湿度処理:

1.5歳のコリデール種去勢羊1頭を恒温恒湿実験室内

に収容し、Table 1に掲げた如く温, 湿度処理を順次行なった。試験期間は各処理期につき16日間、うち最初の10日間を予備期、続く6日間を試験期として各種の測定を行なった。供試羊の試験開始時における肩部毛長(ステープル長)は約5cmで、終了時には7cmであった。全期を通じ、給与飼料として1日当挽割エンバク800g、オーチャードグラス2番乾草500gを等分して8時と16時30分に給与し、採食時間は各2時間に制限した。なお、水は自由に与えた。実験室内の点灯時間は7時30分より19時までとした。

サンプリングと分析方法:

(1) 第1胃内容液 各処理期の試験期初日より隔日に3日間、朝の給飼前と同給飼時間終了後2時間目の各2回、胃カテーテルを用いて第1胃内容液を採取した。採取サンプルは直ちに8枚重ねのガーゼで濾過し、50%硫酸を加えた(サンプル50mlにつき1ml)後、分析に供するまで-20°Cに冷凍保存した。VFAはWISEMAN and IRVIN法¹⁴⁾、乳酸はBARKER and SUMMERSON法³⁾により分析測定した。

(2) 血液 各処理期の試験期2日目より隔日に3日間、第1胃内容液のサンプリングと同時刻に頸静脈より血液を採取して直ちに血糖とケトン体含量を測定した。凝固防止剤として蓚酸ソーダを使用した。採取サンプルをFOLIN and WU法³⁾により除蛋白した後、血糖はBENEDICT法³⁾、ケトン体はBEHRE法³⁾により分析した。

統計処理:

SNEDECOR法¹⁰⁾により分散分析を行ない、DUNCAN

Table 1. Treatments of temperature and humidity

Period	Treatment	Duration (days)	Temperature ^{a)}		Humidity ^{b)} (%)
			max. (°C)	min. (°C)	
1	Normal temperature & low humidity	16	22.1 ± 0.2 ^{e)}	19.5 ± 0.0	54.3 ± 2.2
2	High temperature & low humidity	16	30.3 ± 1.5	28.4 ± 0.7	45.7 ± 2.4
3	Normal temperature & high humidity	16	21.0 ± 0.0	19.0 ± 0.0	82.2 ± 3.7
4	High temperature & high humidity	16	30.0 ± 0.0	28.5 ± 0.0	81.6 ± 2.6

a) Average of the last 6 days of data collection period.

b) Average of the 12 measurements of relative humidity taken at 8:00 and 16:30 on the last 6 days of data collection period.

c) Standard deviation.

Table 2. Feeds consumption, rectal temperature and body weight

Period	Feeds consumption ^{a)}			Rectal ^{b)} temperature (°C)	Body ^{c)} weight (kg)
	Oat (g)	Hay (g)	Water (l)		
1	800	416 ± 34.1 ^{d)e)}	3.06 ± 0.59 ^{e)}	39.2 ± 0.14 ^{e)}	44.5
2	800	355 ± 20.2 ^{f)}	4.87 ± 0.59 ^{f)}	39.6 ± 0.11 ^{f)}	40.5
3	800	442 ± 14.6 ^{e)}	3.68 ± 0.47 ^{e)}	39.1 ± 0.10 ^{e)}	44.0
4	800	422 ± 40.8 ^{e)}	6.04 ± 0.46 ^{g)}	39.4 ± 0.10 ^{f)}	46.0

a) Daily average of the last 6 days of data collection period.

b) Average of the 12 measurements taken at 8:00 and 16:00 on the last 6 days of data collection period.

c) Body weight at the end of each period.

d) Standard deviation.

e, f, g Means with same superscript are not significantly different ($P < 0.05$).

法¹⁾により処理間の有意性を検定した。

結果および考察

飼料摂取量, 直腸温, 体重:

これら各測定値の結果を Table 2 に示した。飼料摂取量においては、高温低湿期に乾草の採食量が他期に比し約 15% 減少した。同期末の体重が他期よりも約 10% 低く、さらに高温高湿期にはこのような体重減がなかったことから、この乾草採食量の減少により同期における必要養分量を十分に補給出来なかったものと推測される。飲水量は高温処理により増加したが、高温高湿期により著しい増加が認められた。この高温処理期相互間の差は、一部、飼料摂取量の差違に由来するものと考えられる。直腸温は高温処理によりわずかながら上昇を示し、常温期との差は統計的に有意であった。本試験では、呼吸数、脈拍数等の生体反応については測定しなかったが、

上記の飲水量の差ならびに直腸温の差などから、本試験で課した温、湿度処理が供試羊の体内代謝に何らかの影響を与えたものと推定される。

第1胃内容液中 VFA 組成と乳酸含量:

これら各測定値の結果を Table 3 に、分散分析の概要を Table 4 にそれぞれ示した。VFA 組成においては、高温高湿期に醋酸 (C₂) 濃度が減少するとともにプロピオン酸 (C₃) 酪酸 (C₄) およびバレリアン酸等高級酸 (C₅) の各濃度の上昇が認められ、常温高湿期には C₂ の減少にともなって C₄, C₅ が増加した。これら VFA 組成の変化は Table 4 の分散分析の結果からも明らかな如く、温度処理によるよりも湿度処理による影響が強く現れている。また、C₂, C₃ については、両者の交互作用も認められた。高温環境下において、呼吸数、換気量、直腸温等生体反応に対する湿度の影響が、めん羊では牛、豚に比較してより強く現れることが示唆されている。

Table 3. VFA composition and lactic acid concentration in the rumen fluid

Period	VFA composition ^{a)}				LA/VFA ^{b)} ratio
	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	
	(molar %)				
1	59.8 ± 4.51 ^{e)} d	20.6 ± 2.23 ^d	13.8 ± 2.58 ^d	5.8 ± 1.18 ^d	5.2 ± 1.09 × 10 ⁻⁴ d
2	61.1 ± 2.35 ^d	18.3 ± 1.13 ^d	13.9 ± 1.13 ^d	6.7 ± 0.66 ^d	4.9 ± 1.53 × 10 ⁻⁴ d
3	52.7 ± 2.21 ^e	21.0 ± 2.05 ^d	18.3 ± 0.84 ^e	8.0 ± 0.61 ^e	5.1 ± 0.54 × 10 ⁻⁴ d
4	48.4 ± 2.40 ^e	26.1 ± 2.35 ^e	17.2 ± 0.99 ^e	8.3 ± 0.91 ^e	8.0 ± 1.46 × 10 ⁻⁴ e

a) Average of the 6 measurements taken before and after the morning feeding on the 1st, 3rd and 5th days of data collection period

b) Calculated as follows:

$$\frac{\text{Lactic acid concentration in a sample of the rumen fluid (mg \%)}}{\text{Total VFA concentration in a sample of the rumen fluid (mg \%)}}$$

c) Standard deviation.

d, e Means with same superscript are not significantly different (P < 0.05).

Table 4. Mean squares from the analysis of variance

Source	d. f.	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	LA/VFA ratio
Treatment	3	218.65**	63.81**	31.35**	9.28**	1.311 × 10 ⁻⁷ **
Temperature	1	13.59	11.70	1.65	2.40	1.044 × 10 ⁻⁷ *
Humidity	1	595.61**	98.25**	90.21**	24.95**	1.321 × 10 ⁻⁷ *
Interaction	1	46.76*	81.48**	2.19	0.50	1.573 × 10 ⁻⁷ **
Error	20	7.98	4.78	2.88	0.91	0.179 × 10 ⁻⁷

** Significant at the 1% level.

* Significant at the 5% level.

る^{15,16)}。乳酸は VFA に比較して量的にはごくわずかより存在しないが、高温高湿期に含量の増加が認められた。この結果は、MISHRA ら⁶⁾が乳牛を供試した試験で、高温高湿期 (29.4°C, 80%) における第1胃内乳酸含量が、常温低湿期 (18.3°C, 65%) の4倍に達したとの報告と付合するものである。本試験の温、湿度処理によって生じた VFA 組成の変化、すなわち C₂ の低下、C₃、C₄、C₅ および乳酸の上昇という現象は、乳牛に濃厚飼料を多給し、粗飼料の給与を極度に制限した際にも認められ、こうした変化は主として第1胃内容液の pH 低下に起因することが重曹など緩衝剤の投与試験により明らかにされている²⁾。MISHRA ら⁶⁾は上記の試験において、高温高湿期に第1胃内の pH の著しい低下を認めている。第1胃内の緩衝能は唾液に依存していることから、本試験における VFA 組成の変化は、温、湿度の変動により唾液腺の分泌機能に何らかの影響があったためと想定されるが、今後さらに検討を要する。また、前記の如き VFA 組成の変化は乳脂率の低下を生ずることが、乳牛に

おいて明らかにされている^{11,12)}。REGAN and RICHARDSON⁸⁾は乳牛を供試して乳成分組成におよぼす高温環境の影響を試験し、環境温度が 4.4°C より 29.4°C に上昇するにもなって (湿度 60%)、乳量の減少とともに乳脂率、無脂固形分含量の低下および乳脂のライヘルトマイルス価の減少ならびに沃素価の増大が認められたと報告している。この乳脂肪についての変化は、濃厚飼料多給により第1胃内 VFA 組成が前述の如く変化し、乳脂率の低下を招く際に生ずる現象と似通っている。我国においては夏期に高温多湿となる西南部地方では、同季節の乳脂率が北部地方に比較して著しく低下することが知られており⁷⁾、その原因として飼料構造の違いや食欲不振による低栄養などが考えられる。本試験の結果は、もちろん、めん羊について得られたもので、これを直ちに乳牛に適用することは困難ではあるが、飼料給与とともに第1胃内発酵におよぼす環境温、湿度の影響についても、今後、考慮を要することを示唆するものである。

血液成分組成:

血液中の糖およびケトン体含量の測定結果を Table 5 に掲げた。高温低湿期において血糖値が減少し、ケトン体含量の増加が認められた。C₃には血糖値を高め、ケトン体含量を低下させる作用があり¹¹⁾、高温高湿期に同様な血液成分の変化が現れなかったのは、第1胃内VFA組成の変化との関連性も考えられる。また、血糖値の減少、ケトン体の上昇は反芻動物の低栄養時に現れる現象として知られている⁹⁾。高温低湿期には前述の如く、乾草採食量の減少や体重の低下が認められたことから、低栄養による影響も考えられる。

Table 5. Blood constituents

Period	Glucose ^{a)}	Ketone bodies ^{a)} (mg %)
1	48.5 ± 1.63 ^{b) c}	0.4 ± 0.04 ^c
2	44.7 ± 2.60 ^d	0.8 ± 0.36 ^d
3	49.5 ± 2.02 ^c	0.3 ± 0.06 ^c
4	54.8 ± 3.88 ^c	0.4 ± 0.11 ^c

a) Average of the 6 measurements taken before and after the morning feeding on the 2nd, 4th and 6th days of data collection period.

b) Standard deviation.

c, d Means with same superscript are not significantly different ($P < 0.05$).

要 約

環境温、湿度が第1胃内VFA生成におよぼす影響について検討する目的で、去勢羊1頭を供試し、恒温恒室実験室で試験を実施した。試験は4期よりなり、各処理期における温、湿度は、(1) 常温低湿期 (平均気温 20.3°C, 平均相対湿度 54.3%), (2) 高温低湿期 (29.4°C, 45.7%), (3) 常温高湿期 (20.0°C, 82.2%), (4) 高温高湿期 (29.3°C, 81.6%) であった。各期は16日間よりなり、うち10日間を予備期とした。

各期における第1胃容液中のVFA組成(モル濃度比%)および乳酸含量(LA/VFA比: 乳酸濃度(mg %)/全VFA濃度(mg %))はそれぞれ、(1) C₂, 59.8, C₃, 20.6, C₄, 13.8, C₅, 5.8, LA/VFA比, 5.2×10^{-4} , (2) 61.1, 18.3, 13.9, 6.7, 4.9×10^{-4} , (3) 52.7, 21.0, 18.3, 8.0, 5.1×10^{-4} , (4) 48.4, 26.1, 17.2, 8.3, 8.0×10^{-4} であった。また、血液成分組成(mg %)は、各期それぞれ、(1) 血糖, 48.5, ケトン体, 0.4, (2) 44.7, 0.8, (3) 49.5, 0.3, (4) 54.8, 0.4 であった。これら各測定値の処理期間における相違

は、統計的に1%水準で有意であった。さらに、各処理期間には、乾草採食量、飲水量、直腸温に統計的に1%水準で有意差が認められた。

参 考 文 献

- 1) DUNCAN, D. B. (1955): *Biometrics*, **11**: 1-42.
- 2) EMERY, R. S., L. D. BROWN and J. W. THOMAS (1964): *J. Dairy Sci.*, **47**: 1325-1329.
- 3) HAWK, P. B., B. L. OSER and W. H. SUMMERSON (1954): *Physiological Chemistry*, 13th ed. McGraw-Hill, New York.
- 4) KELLY, R. O., F. A. MARTZ and H. D. JOHNSON (1967): *J. Dairy Sci.*, **50**: 531-533.
- 5) MARTZ, F. A., M. MISHRA, J. R. CAMPBELL, L. B. DANIELS and E. HILDERBRAND (1971): *J. Dairy Sci.*, **54**: 520-525.
- 6) MISHRA, M., F. A. MARTZ, R. STANLEY, H. D. JOHNSON, J. R. CAMPBELL and E. HILDERBRAND (1969): *J. Animal Sci.*, **29**: 166.
- 7) 日本乳業技術協会 (1972): 乳技協資料, 22巻6号, 別表.
- 8) REGAN, W. M. and G. A. RICHARDSON (1938): *J. Dairy Sci.*, **21**: 73-79.
- 9) SHAW, J. C. (1961): *MILK: the Mammary Gland and Its Secretion II* ed. by S. K. Kon and A. T. Cowie, p 89-135. Academic Press, New York.
- 10) SNEDECOR, G. W. (1956): *Statistical Methods*, 5th ed. Iowa State University Press, Ames, Iowa.
- 11) UEYAMA, E., K. TANAKA and Y. HIROSE (1972): *Jap. J. Zootech. Sci.*, **43**: 639-647.
- 12) _____, _____ and _____ (1972): *Jap. J. Zootech. Sci.*, **43**: 654-659.
- 13) WELDY, J. R., R. E. MCDOWELL, P. J. VAN SOEST and J. BOND (1964): *J. Animal Sci.*, **23**: 147-153.
- 14) WISEMAN, H. G. and H. M. IRVIN (1957): *J. Agri. and Food Chem.*, **5**: 213-215.
- 15) 山岸規昭・山本禎紀・津田恒之 (1967): 日畜会報, **38**: 293-298.
- 16) 山本禎紀・山岸規昭・津田恒之 (1967): 日畜会報, **38**: 299-304.

Summary

The experiment was conducted to study the effects of ambient temperature and humidity upon the production of VFA in the rumen, by using

a wether in the psychrometric laboratory.

The experiment consisted of 4 experimental periods. The treatments corresponding to the periods were (1) normal temperature and low humidity (average temperature, 20.3°C and average relative humidity, 54.3%); (2) high temperature and low humidity (29.4°C and 45.7%); (3) normal temperature and high humidity (20.0°C and 82.2%); and (4) high temperature and high humidity (29.3°C and 81.6%). Each period consisted of 16 days with 10-day preliminary period.

The VFA composition (molar %) and lactic acid concentration (LA/VFA ratio: lactic acid content (mg %)/total VFA content (mg %)) in the rumen

fluid for each period were (1) C₂, 59.8; C₃, 20.6; C₃, 20.6; C₄, 13.8; C₅, 5.8 and LA/VFA ratio, 5.2×10^{-4} ; (2) 61.1, 18.3, 13.9, 6.7 and 4.9×10^{-4} ; (3) 52.7, 21.0, 18.3, 8.0 and 5.1×10^{-4} ; and (4) 48.4, 26.1, 17.2, 8.3 and 8.0×10^{-4} , respectively. The blood composition (mg %) corresponding to the periods were (1) glucose, 48.5 and ketone bodies, 0.4; (2) 44.7 and 0.8; (3) 49.5 and 0.3; and (4) 54.8 and 0.4, respectively. All of these differences among the treatments were statistically highly significant ($P < 0.01$).

There were statistically highly significant differences ($P < 0.01$) in hay consumption, water intake and rectal temperature among the treatments.