

暖地型牧草のin vitro消化に及ぼす山羊第一胃液pH 低下の影響

中西, 良孝
九州大学農学部飼料学教室

下僚, 雅敬
九州大学農学部飼料学教室

五斗, 一郎
九州大学農学部飼料学教室

<https://doi.org/10.15017/23426>

出版情報：九州大学農学部学藝雑誌. 47 (1/2), pp.17-21, 1993-01. 九州大学農学部
バージョン：
権利関係：

暖地型牧草の *in vitro* 消化に及ぼす山羊第一胃液 pH 低下の影響

中西良孝*・下條雅敬・五斗一郎

九州大学農学部飼料学教室

(1992年7月22日 受理)

Effect of Lowering pH of Goat Rumen Fluid on *In Vitro* Digestion of Tropical Pasture

Yoshitaka NAKANISHI, Masataka SHIMOJO
and Ichiro GOTO

Laboratory of Forage Science and Animal Behaviour, Faculty of Agriculture,
Kyushu University 46-06, Fukuoka 812

緒 言

反芻家畜による粗飼料の利用性を検討する場合、第一胃内微生物による植物繊維の消化が重要な課題となる。植物繊維の消化は、繊維質リグニン化の程度と第一胃内微生物の活性の影響を大きく受ける。微生物の活性に影響を及ぼす主要因の一つである第一胃液の pH は、給与飼料の影響を受ける (Church, 1983a; 1983b) が、粗飼料主体の場合には第一胃液 pH の変動は小さく、家畜飼養上大きな問題は生じない。しかし、家畜生産の向上を目的として、濃厚飼料 (易発酵性炭水化物) の給与量を増加させた場合、エネルギー源となる揮発性脂肪酸の産生量は増加し、第一胃液 pH は粗飼料主体の場合よりも低下する (Church, 1983a; 1983b)。また、摂取量過剰の場合には乳酸の蓄積が生じ、第一胃液 pH の著しい低下により微生物の活性は大きな影響を受ける (Dirksen, 1970; Wilson *et al.*, 1975)。牧草の消化と第一胃液 pH との関係を *in vitro* 条件下で検討した報告には、McLeod and Minson (1969) や Terry *et al.* (1969) の研究があるものの、第一胃液 pH 低下の影響について牧草部位別の細胞壁構成成分の消化を詳細に追究した報告は見当たらない。

本研究は、生育段階の異なる暖地型イネ科牧草グリーンパニックの葉部と茎部を用い、*in vitro* 消化試験

での乳酸添加による山羊第一胃液 pH の低下が乾物、細胞内容物および細胞壁構成成分の消失率に及ぼす影響について追究したものである。

なお、本研究を遂行するに当たり、動物管理と実験の実施について労を煩わせた九州大学農学部飼料学教室の矢野保克技官に対して深甚なる謝意を表わす。

材料および方法

供試草は暖地型イネ科牧草グリーンパニック (*Panicum maximum* Jacq. var. *trichogluume* Eyles) であり、再生 36 日目 (出穂初期) および 82 日目 (成熟期) に刈取ったものを 70°C で 48 時間乾燥した後、葉部と茎部とに分け、それぞれを 1mm の粉碎試料とした。全粉碎試料について、粗蛋白質含量をケルダール法により測定するとともに、細胞内容物、中性デタージェント繊維 (NDF)、酸性デタージェント繊維 (ADF)、セルロース、ヘミセルロースおよび酸性デタージェントリグニン (ADL) 含量を Goering and Van Soest 法 (1970) により測定した。また、*in vitro* 乾物消化率については、山羊第一胃液とペプシンを用いる Minson and McLeod 法 (1972) により測定した。なお、第一胃液は市販のルーサン主体ヘイキューブ給与の第一胃フィステル装着日本ザーネン種雌山羊 3 頭から採取した。

第一胃液 pH を低下させる *in vitro* 試験については、山羊第一胃液とマクドガル緩衝液との 1:4 の混合培養液 (pH 7.0)、さらに乳酸添加により pH を 6.0 および 5.5 に調整した (堀場 L-7 LC 型 pH メーター) 混

*現在：九州大学農学部附属農場高原農業実験実習場

合培養液を用い、粉碎試料を 39°C・48 時間培養した。培養後、各試料の乾物、細胞内容物、NDF、ADF、セルロースおよびヘミセルロース消失率を算出した。

なお、予備実験において、pH5.5 の場合に NDF および ADF の見かけの消失率が負の値となることが認められたため、本報における pH6.0 および 5.5 の場合の消失率については乳酸添加によって生じた不溶性物質量の補正を行った。

結果および考察

1. 供試草の化学成分と *in vitro* 乾物消化率

供試試料の粗蛋白質、細胞内容物、NDF、ADF、セルロース、ヘミセルロースおよび ADL 含量、並びに *in vitro* 乾物消化率は Table 1 に示すとおりである。粗蛋白質および細胞内容物含量は、供試草の生育が 36 日から 82 日に進んだ場合、葉部および茎部ともに低下した。NDF、ADF、セルロースおよび ADL 含量は、供試草の生育に伴い葉部と茎部ともに増加したが、ヘミセルロース含量については大きな変動は認められなかった。また、*in vitro* 乾物消化率は供試草の生育に伴い葉部と茎部ともに低下した。

2. 山羊第一胃液 pH の低下が供試草の乾物、細胞内容物および細胞壁構成成分の消失に及ぼす影響

山羊第一胃液 pH の低下に伴う供試草の乾物、細胞内容物、NDF、ADF、セルロースおよびヘミセルロース消失率の変動は Table 2 に示すとおりである。供試草の再生 36 および 82 日目の葉部と茎部における乾物消失率は pH の低下に伴い著しく低くなった。とくに pH を 6.0 から 5.5 に低下させた場合の消失率低下がより顕著であった。細胞内容物消失率は培養液 pH の

低下により再生 36 日目の葉部で若干低下し、他の試料では有意に低くなることが認められた。NDF 消失率は pH の低下に伴い著しく低くなり、とくに pH5.5 においては、いずれの試料でも消失はほとんど認められなかった。また、ADF、セルロースおよびヘミセルロースの消失率も NDF 消失率の場合と同様な傾向を示し、いずれの試料についても pH5.5 においてほとんど消失は認められなかった。*In vitro* 条件下で牧草や精製セルロースの消失率が反芻家畜の第一胃液 pH の低下に伴い低くなることは他の研究者によって認められており (Cheng *et al.*, 1955; McLeod and Minson, 1969; Terry *et al.*, 1969), その主な理由は pH 低下に伴うセルロース分解菌の活性低下であると報告されている (Stewart, 1977)。Terry *et al.* (1969) は細羊第一胃液およびペプシンによる *in vitro* 消化試験において、第一胃液の pH を 6.8 から 6.0 および 5.5 に低下させた場合、寒地型牧草の乾物およびセルロースの消失率が低下し、とくに pH5.5 の場合にはほとんど消失が認められなかったと報告している。本研究においても、山羊第一胃液の pH 低下は暖地型牧草の葉部と茎部の *in vitro* 消化に影響を及ぼすことが認められ、とくに pH が 6.0 から 5.5 に低下した場合に細胞壁構成成分消失率の著しい低下が認められた。

山羊第一胃液 pH7.0 における乾物、細胞内容物、NDF、ADF、セルロースおよびヘミセルロース消失率の pH 低下に伴う相対的変動を Table 3 に示した。乾物消失率の低下の程度は再生 36 日目において葉部よりも茎部で大きかったが、生育の進んだ 82 日目では両部位間でほとんど差は認められなかった。細胞内容物消失率の相対低下は再生 36 日目において葉部よりも

Table 1. Chemical composition¹⁾ and *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD) of green panic.

Regrowth days (day)	36		82	
	Leaf	Stem	Leaf	Stem
Materials				
Crude protein (%)	17.2	6.6	9.6	4.0
Cell contents (%)	35.2	23.5	34.2	20.2
Neutral detergent fiber (%)	64.1	76.2	64.8	79.7
Acid detergent fiber (%)	30.6	45.5	34.3	48.8
Cellulose (%)	28.2	41.2	31.1	42.6
Hemicellulose (%)	33.5	30.7	30.5	30.9
Acid detergent lignin (%)	2.4	4.3	3.2	6.2
IVDMD (%)	72.3	62.6	62.8	47.2

¹⁾% dry matter basis.

Table 2. Effect of lowering pH of rumen fluid on *in vitro* disappearance of dry matter, cell contents, neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), cellulose and hemicellulose of green panic.

Regrowth days (day)		36		82	
Materials		Leaf	Stem	Leaf	Stem
Dry matter (%)	pH				
	7.0	67.8 ^a	61.8 ^a	58.9 ^a	44.9 ^a
	6.0	54.5 ^b	45.6 ^b	46.2 ^b	34.9 ^b
	5.5	24.2 ^c	16.2 ^c	18.4 ^c	14.3 ^c
Cell contents (%)	7.0	71.1 ^a	82.5 ^a	73.1 ^a	81.3 ^a
	6.0	66.3 ^a	73.1 ^b	59.5 ^b	74.9 ^b
	5.5	65.8 ^a	65.4 ^c	53.6 ^b	64.3 ^c
NDF (%)	7.0	65.8 ^a	55.6 ^a	52.1 ^a	35.9 ^a
	6.0	49.6 ^b	37.3 ^b	39.9 ^b	25.0 ^a
	5.5	1.6 ^c	1.1 ^c	0 ^c	1.8 ^b
ADF (%)	7.0	72.5 ^a	59.6 ^a	54.3 ^a	36.3 ^a
	6.0	55.4 ^b	40.3 ^b	44.0 ^a	26.0 ^a
	5.5	3.1 ^c	0 ^c	0 ^b	2.4 ^b
Cellulose (%)	7.0	80.2 ^a	65.0 ^a	66.8 ^a	40.4 ^a
	6.0	62.5 ^b	44.0 ^b	49.9 ^b	29.2 ^a
	5.5	4.7 ^c	1.0 ^c	0 ^c	3.8 ^b
Hemicellulose (%)	7.0	59.7 ^a	49.6 ^a	49.7 ^a	35.2 ^a
	6.0	45.1 ^b	33.7 ^b	35.9 ^b	23.9 ^b
	5.5	0 ^c	3.2 ^c	1.5 ^c	1.0 ^c

^{a,b,c} Means with different superscripts in each column differ significantly ($P < 0.05$).

Table 3. Relative depression in the digestion of dry matter, cell contents and cell wall components of green panic.

Regrowth days (day)		36		82	
Materials		Leaf	Stem	Leaf	Stem
Dry matter (%)	pH				
	7.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	6.0	80.4	73.8	78.4	77.7
	5.5	35.7	26.2	31.2	31.8
Cell contents (%)	7.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	6.0	93.2	88.6	81.4	92.1
	5.5	92.5	79.3	73.3	79.1
NDF (%)	7.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	6.0	75.4	67.1	76.6	69.6
	5.5	2.4	2.0	0	5.0
ADF (%)	7.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	6.0	76.4	67.6	81.0	71.6
	5.5	4.3	0	0	6.6
Cellulose (%)	7.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	6.0	77.9	67.7	74.7	72.3
	5.5	5.9	1.5	0	9.4
Hemicellulose (%)	7.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	6.0	75.5	67.9	72.2	67.9
	5.5	0	6.5	3.0	2.8

茎部で大きかったが、82日目では茎部で小さくなった。また、NDF消失率の相対低下はpH6.0の場合、いずれの生育段階でも葉部より茎部で大きく、ADF、セルロースおよびヘミセルロース消失率についても同様の傾向が示された。しかし、異なる生育段階の間で比較した場合、第一胃液pHの低下と繊維質消化率の相対低下との間に特定の関連は認められなかった。牧草リグニン化の程度と第一胃液pHの低下による消化率低下との関連については、今後さらに追究の必要がある。

要 約

暖地型牧草の消化と山羊第一胃液pHとの関係を検討するため、生育段階の異なるグリーンパニックの葉部と茎部を供試し、山羊第一胃液による *in vitro* 消化試験の際に乳酸添加を行い、pHを7.0から6.0および5.5に低下させた場合の乾物、細胞内容物および細胞壁構成成分(NDF, ADF, セルロースおよびヘミセルロース)の消失率を測定した。得られた結果は次のとおりである。

再生36および82日目の葉部と茎部の乾物消失率はpHの低下に伴い低くなり、とくにpHが6.0から5.5に低下した場合の低下が顕著であった。また、NDF, ADF, セルロースおよびヘミセルロースの消失率も第一胃液pHの低下に伴い低くなり、とくにpH5.5ではほとんど消失が認められなかった。第一胃液pHを6.0に低下させた場合の繊維質消化率の低下の程度は、葉部より茎部で大きくなったが、生育段階との特定の関連は認められなかった。第一胃液pHの低下に伴う細胞内容物消失率の低下は細胞壁構成成分消失率の場合と比べ小さかった。以上の結果から、*in vitro* 消化試験における山羊第一胃液pHの低下は、暖地型牧草の細胞壁構成成分の消化率に大きな影響を及ぼすことが認

められた。

文 献

- Cheng, E.W., G. Hall and W. Burroughs 1955 A method for the study of cellulose digestion by washed suspensions of rumen microorganisms. *J. Dairy Sci.*, **38**: 1225-1230
- Church, D.C. 1983a *Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants*. Vol. 1, O&B Books, Inc., Oregon (United States), pp. 166-173
- Church, D.C. 1983b *Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants*. Vol. 1, O&B Books, Inc., Oregon (United States), pp. 280-311
- Dirksen, G. 1970 Acidosis. In "Physiology of Digestion and Metabolism in the Ruminant", ed. by A.T. Phillipson, Oriel Press, Newcastle upon Tyne, England, pp. 612-625
- Goering, H.K. and P.J. Van Soest 1970 Forage fiber analyses. *Agriculture Handbook* (USDA), No. 379: 1-20
- Mcleod, M.N. and D.J. Minson 1969 Sources of variation in the *in vitro* digestibility of tropical grasses. *J. Br. Grassl. Soc.*, **24**: 244-249
- Minson, D.J. and M.N. Mcleod 1972 The *in vitro* technique: its modification for estimating digestibility of large numbers of tropical pasture samples. *CSIRO Div. Tropical Pastures Tech. Paper*, No.8: 1-15
- Stewart, C.S. 1977 Factors affecting the cellulolytic activity of rumen contents. *Appl. Environ. Microbiol.*, **33**: 497-502
- Terry, R.A., J.M.A. Tilley and G.E. Outen 1969 Effect of pH on cellulose digestion under *in vitro* conditions. *J. Sci. Food Agric.*, **20**: 317-320
- Wilson, J.R., E.E. Bartley, H.D. Anthony, B.E. Brent, D.A. Sapienza, T.E. Chapman, A.D. Dayton, R. J. Milleret, R.A. Frey and R.M. Meyer 1975 Analyses of rumen fluid from "sudden death" lactic acidotic and healthy cattle fed high concentrate ration. *J. Anim. Sci.*, **41**: 1249-1255

Summary

To examine the effect of lowering pH of goat rumen fluid on *in vitro* digestion of tropical pasture, an experiment measuring the disappearances of dry matter (DM), cell contents and cell wall components (NDF, ADF, cellulose and hemicellulose) in green panic (*Panicum maximum* Jacq. var. *trichoglume* Eyles) was carried out. Leaf and stem of green panic cut at 36 and 82 regrowth days were incubated for 48 h with rumen fluid collected from three goats fed alfalfa haycubes. The pH of the rumen fluid (rumen juice 1 : artificial saliva 4) was 7.0, and lowered to 6.0 or 5.5 by the addition of lactic acid just before starting the *in vitro* incubation. The results obtained were as follows:

Dry matter disappearance of each material significantly decreased as the pH of rumen fluid was lowered from 7.0 to 6.0, especially pH reduction from 6.0 to 5.5 induced a large decrease in DM disappearance. The disappearances of NDF, ADF, cellulose and hemicellulose were strongly inhibited by lowering rumen fluid pH to 5.5. The relative depression in fiber digestion caused by pH reduction to 6.0 was larger in stem than in leaf fraction. The decrease in the *in vitro* disappearance of fiber was larger than that of cell contents. It is concluded that a reduction in pH of goat rumen fluid has a great influence upon *in vitro* digestion of cell wall components in tropical pasture.