

ソテツ葉投与山羊における第一胃内容物の揮発性脂肪酸について

長野慶一郎・廣瀬武久*

(家畜生理学研究室)

昭和63年8月10日 受理

Studies on the Fluctuation of Volatile Fatty Acids in the Rumen Contents of Goats administered *Cycas revoluta* Thunb.

Keiichiro NAGANO and Takehisa HIROSE*

(Laboratory of Veterinary Physiology)

緒 言

ソテツは、現在世界で9属95種余りを産し²⁾、主として熱帯および亜熱帯に分布し、日本には一属一種 (*Cycas revoluta* Thunb.) が、九州南端から奄美、沖縄の南西諸島に自生している¹⁾。

家畜がソテツを採食したことによる中毒症については、オーストラリアをはじめ、ニューギニア、プエルトリコ、ドミニカ共和国、フロリダなどの放牧牛で発生した報告がある^{8,9)}。ソテツ葉を実験的に牛に投与して、中毒症の再現試験を行った研究には、Hall⁴⁾、Anderson and Hall¹⁾、Hall and McGavin⁵⁾、Hooperら⁷⁾の報告がある。Hall^{4,5)}らは、*Macrozamia* 属ならびに *Bowenia* 属のソテツ葉を用いた実験で、野外例と同様の後軀麻痺などの神経症状を発現させるには、相当量のソテツ葉を長期間にわたって投与する必要がある、その症状は、いずれも不可逆で、重症例では斃死すると述べている。また、Anderson and Hall¹⁾ならびに Hooperら⁷⁾は、*Cycas media* を用い後軀の運動失調を発現させた。他方、わが国では、1975年ころから沖縄県下の離島の放牧牛に、運動障害を主徴とする疾患が見いだされた。その重篤なるものは廃用となり、牧畜関係者に重大な問題を提起した。沖縄県は、その原因を関係機関と協同して調査し、本症が、この地方に自生するソテツの葉を採食したことによる中毒と推論した¹²⁾。小林ら¹¹⁾、安田ら²⁰⁾は本症について、さらに現地における発生状況の調査、生物化学的および病理学的検索を行った。その結果、発症牛は運動障害、

後軀麻痺、角鞘の脱落などの病状を呈し、病理学的に中米やオーストラリアで報告されたソテツ中毒牛と一致する変状を示すことが判明した。ついで、牛に実験的にソテツ葉を投与して、自然発症例と同一の症状を発現させることに成功し²¹⁾、わが国に自生するソテツ *Cycas revoluta* Thunb. にも神経毒性が存在することを立証した。

一方、Nishidaら¹⁵⁾は、ソテツの有毒配糖体として、ソテツの種子から methylazoxmethyl- β -D-glucoside を初めて分離し、cycasin と命名した。本配糖体は、経口投与によってのみ肝毒性、発癌性の強い毒性を発揮することから、腸内細菌の β -glucosidase によって分解され、methylazoxymethanol なる aglycone に変化した後吸収され、毒性を発揮すると考えられている^{10,16)}。しかしながら、本配糖体の反芻動物に対する神経毒性は確認されていない。

ところで、反芻動物の消化器官、なかでも第一胃における多岐にわたる消化、吸収の生理機構は、他の単胃動物には見られない特有のものがあることはよく知られている。とくに、第一胃内に共生する微生物群の役割は極めて重要である。その機能の一つとして、微生物群は、反芻動物が摂取した炭水化物を分解して揮発性脂肪酸 (以下、VFAs と略す) を産生する機能を持ち、反芻動物の主要なエネルギー源となっている。したがって、繊維質に富み、有毒成分を含むソテツ葉の摂取に対して、第一胃内微生物がどの様に作用するのか、あるいは、VFAs 生成能に影響を与えるのかなど、極めて興味深い問題である。現在まで、ソテツ葉摂取による消化作用と、中毒症状の進展との関連性については、全く研究されていない。

従来、家畜のソテツ中毒については、臨床および

* 丸紅畜産株式会社、東京都千代田区神田神保町3-7-1
Marubeni Livestock and Meat Co., Ltd., 3-7-1, Kanda-jinbo-cho, Chiyoda-ku, Tokyo 101

病理学的に多くの研究がなされているが、消化生理との関連性での報告については寡聞にして知らない。そこで、本研究は、山羊におけるソテツ葉の連続投与時の第一胃内VFAsの動態を、Gas chromatographyによって分析し、臨床的所見を併せて検討した。

材料と方法

1. 供試山羊

本学家畜管理学教室より供与された健康なSaanen系雑種の雌成山羊4頭を用いた。そのうち3頭(No. 1-No. 3)をソテツ葉投与群、1頭(No. 4)を対照とした。No. 1は43.0 kg, No. 2は35.0 kg, No. 3は46.0 kg, No. 4は34.5 kgであった。

2. 飼料ならびにソテツ葉投与法

4頭とも導入後30日間、体重1 kg 当り乳牛用配合飼料(全酪1号マッシュ、全酪連)3 g と、5 cm 長に切断した稲ワラは飽食させた。飲水は、水道水を自由に与えた。ソテツ葉の投与は31日目から行った。投与したソテツ葉は、本学構内に栽植しているソテツから投与直前に採取したものを、直ちに約1 cm に切断し、前述の配合飼料と、およそ2 cm 長に切断したイモヅルサイレージを体重1 kg 当り1.5 g を、少量の水と混合して給餌した。これらの混合飼料を完全に採食したことを確認した後、十分な稲ワラと水を与えた。ソテツ葉の投与は、1日1回、午前9時30分に行った。対照は、ソテツ葉を混和しないこと以外は、上述と同様に給餌した。ソテツ葉の投与量は、Table 1に示した。投与期間は、Hallらの実験における発症例中、最も多く投与した例に基づいて130日とした^{1,4,5)}。ただしNo.2は、ソテツ葉投与後111日に、元気、食欲ともに消失、強直性痙攣、眼球震盪などの中毒症状を呈したので、予後不良とみなし剖検に付した。

3. 臨床的観察

3頭とも、投与開始後毎日1回ないし2回の臨床的観察を行った。とくに、元気、食欲の有無、運動障害の有無に留意した。観察期間は、No. 1が160日、No. 2が111日、No. 3が168日であった。

4. 試料の採取

第一胃内容物の採取は、1週間間隔を目処に行った(Table 2)。採取は、午後4時(ソテツ葉投与7.5時間後)に行った。採取に当っては、山羊を右側横臥位にさせ、第一胃内に経鼻的にcatheterを挿入し、胃内容をスクリー管(30ml, マルエム製)内に収容し、-20°Cで冷凍保存した。

5. pHの測定

測定は、第一胃内容物を採取後、直ちにアナグロpH計(電気化学計器株式会社, MG-7型)で行った。

6. VFAs分析方法

以下の記述において、VFAsを構成する分画を、酢酸はC₂、プロピオン酸はC₃、正酪酸はn-C₄、そしてイソ吉草酸はi-C₅と略記する。

(1) 注入試料調製

内部標準法¹⁸⁾によるgas chromatographyで行った。すなわち、解凍した試料1.0mlに除蛋白剤として25%メタリン酸含有5N-H₂SO₄を0.2 ml加え、一夜放置後3000 rpmで30分間試験管のままで遠心した。その上清に等量の内部標準物質である3 mM/dlクロトン酸液を加え、注入用試料とした。

(2) 標準混液

C₂ 16 mM/dl, C₃ 8 mM/dl, n-C₄ 8 mM/dl, i-C₅ 8 mM/dlの溶液を作成し、それらの等量を混合し、さらにその混合液と等量の3 mM/dlのクロトン酸液を混合した。それらの濃度は、中和法により補正係数を求めた。

(3) Gas chromatographyの諸条件

gas chromatographは、島津GC-3 BF形(株式会社島津製作所)を使用した。columnは、内径3 mm, 長さ3 mの円形coil状glass column, 充てん剤は、FFAP(10%) + H₃PO₄(1%)被覆Chromosorb W (AW)を使用した。carrier gasはN₂で、流速は40ml/min, H₂および空気流量は、それぞれ35 ml/min, 0.8 l/minで、column恒温槽温度ならびに検出器温度は150°C, 試料注入口温度は170°Cに設定した。1回の試料注入量は2 μlとした。なお、chart speedは10mm/min, rangeは8 × 0.01V, sensitivityは10²MΩであった。

(4) Gas chromatogramの定性と定量

得られたgas chromatogramは、予め記録した標準混液のretention timeによって同定し、同時にそれぞれのpeak面積を、gas chromatograph用data処理装置(株式会社島津製作所, 島津data処理装置Chromatopac C-R1A型)で測定した。各VFAs濃度は、つぎの式によって求めた。

$$\text{VFAs 濃度} = n \times F \times s / S \times 2 \times 1.2 \times 1.5$$

nは標準混液中の酸の濃度(C₂では2, その他の酸では1), Fは各酸の補正係数, sは一つの酸についての試料での面積比, Sは標準混液中でのクロトン酸と各酸の面積比である。2はクロトン酸液との混

合による希釈の補正值, 1.2 は除蛋白剤添加による希釈の補正值, 1.5 は試料中のクロトン酸濃度である。算出された濃度の単位は mg/dl である。

結果と考察

1. 臨床および病理学的所見

Table 1. Dose schedule and wet weight of cycad leaves administered during the experimental period

Dose	1-16 day 1.0 g/kg	17-61 day 1.5 g/kg	62-90 day 2.0 g/kg	91-130 day 2.5 g/kg	Total
Goat No. 1	285g	3077g	224g	4159g	9769g
Goat No. 2	253	2587	1823	1605*	6259
Goat No. 3	293	3330	2368	4367	10367

* On the 111th day the animal showed convulsion and was sacrificed.

Table 2. Changes of body weight in cycad leaves administered and control goats (kg)

Days of experiment	No. 1	No. 2	No. 3	Days of experiment	No. 4
- 26* ²	45.0	34.5	46.0	0	34.5
- 12* ²	43.0	- * ³	46.0	5	30.5
0	43.0	35.0	46.0	11	34.5
4	41.0	34.5	45.0	19	32.5
10	42.0	35.0	45.0	26	34.0
17	40.0	32.0	42.0	33	33.0
24	40.5	37.0	43.0	40	33.5
31	43.0	35.0	45.0	47	33.0
38	39.0	31.0	42.0	55	33.5
45	40.5	34.0	44.0	61	31.0
59	40.0	31.0	43.0	68	31.0
67	37.5	30.5	39.0	75	32.5
74	38.0	30.0	39.0	81	33.0
82	42.0	31.0	41.0		
88	43.0	30.5	42.0		
96	39.5	31.0	41.5		
103	41.0	31.0	41.5		
108	37.5	31.5	41.5		
111	- * ³	29.5* ¹	- * ³		
114	43.0		45.0		
122	42.0		45.0		
129	43.0		44.0		
136	40.0		40.0		

*¹ The same as Table 1.

*² Days before cycad leaves administered.

*³ Not tested.

供試山羊は実験期間中、元気、食欲、運動障害の有無を観察した。No. 1は、投与90日目ころから伏臥姿勢をとることが多かったが、とくに異常な臨床症状は呈さなかった。ただ、ソテツ葉投与後は、被毛は粗剛で光沢に乏しかった。体重 (Table 2) は、No. 1では投与開始時 43.0 kgであったが、投与終了時 40.0 kgと 3.0 kgの減少で、投与期間中この間を変動した。No. 2は、投与開始後 95 日目ころから食欲不振となり、111 日目にいたって、元気、食欲ともに消失した。歩行をさせると後軀が動揺し、ときに後肢で物を蹴るような行動をした。110日目ころから犬座姿勢をとり、強直性痙攣を示すようになった。また、眼球震盪もみられ、前後肢ともに近位部で痛覚の消失を示した。これらの症状から予後不良と判断し、111日目に剖検に付した。体重は 35.0 kgであったのが、減少傾向を示して推移し、剖検時には 29.5 kgであった。No. 3においては、当初 46.0 kgであったが、No. 1と同じ傾向で変動し40.0kgが終了時の体重であった。No. 1は、130日投与後、30日間の観察を行い、160日目に、No. 3は、38日間の観察後 168

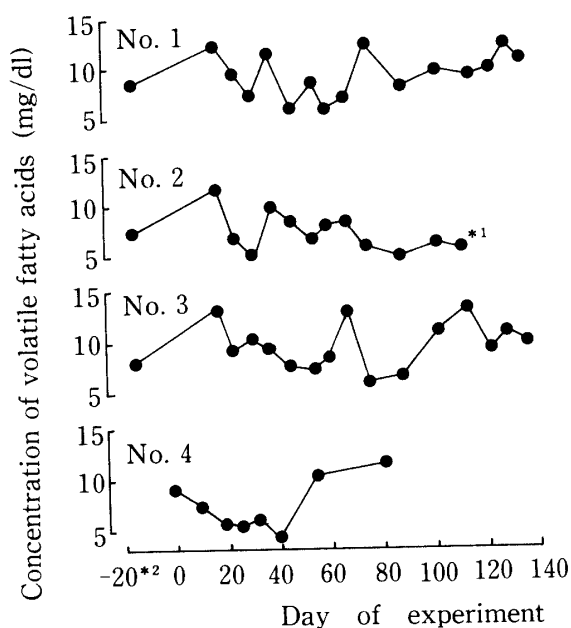


Fig. 1. Concentration of volatile fatty acids in the rumen contents of cycad leaves administered (No. 1-No. 3) and control (No. 4) goats.

*1 The same as Table 1.

*2 The same as Table 2.

日目に、剖検した。3例とも、剖検においては、特記すべき変状はみられなかった。病理組織学的には、

肝細胞の腫大、肝細胞核の大小不同ならびに消失しているものもあり、変性壊死像などが共通した変状として認められ、脊髄にはソテツ中毒によると思われる明確な病変^{7,20,21)}は見られなかった。したがって、No. 2にみられた運動障害などの病状は、ソテツ毒による中枢神経系障害に基づくものとは考えられなかった。

2. VFAs 総濃度 (Fig. 1)

ソテツ葉投与の No. 1, No. 3 および対照では、実験期間中 6-8 mg/dl の間の変動幅を示したが、その平均経過に長期傾向を認めなかった。個体別の平均濃度は、No. 1は 9.35 ± 2.13 (平均値 \pm 標準偏差) mg/dl, No. 3は 9.64 ± 2.36 mg/dl, 対照は 7.46 ± 2.65 mg/dl であった。これに対し、No. 2では、経日的に変動幅が小さくなり減少傾向を示した。濃度は 7.78 ± 1.85 mg/dl で、回帰式は $Y = 9.2028 - 0.0209X$

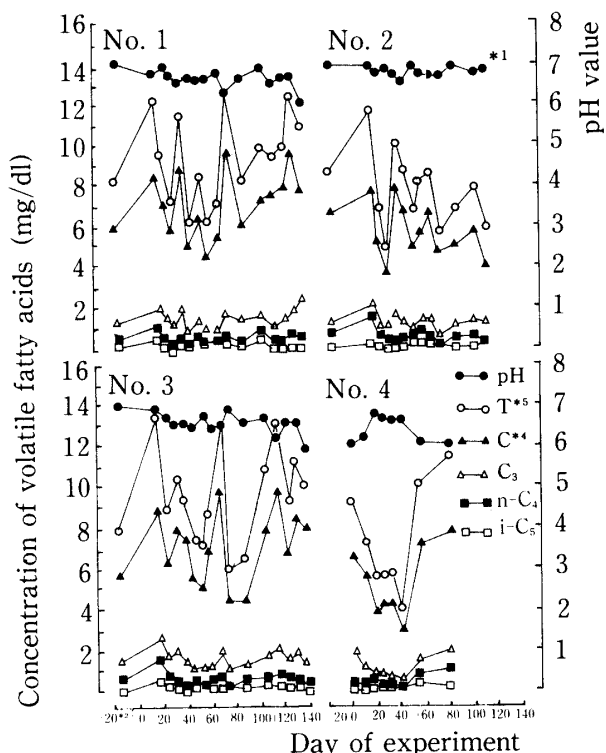


Fig. 2. Concentration of volatile fatty acids and pH value in the rumen contents of cycad leaves administered (No. 1-3) and control (No. 4) goats.

*1 The same as Table 1.

*2 The same as Table 2.

*4 The same as Table 3.

*5 Total concentration of volatile fatty acids.

Table 3. Individual volatile fatty acid as percentage in the rumen contents of cycad leaves administered and control goats

Days of experiment	No. 1				No. 2				No. 3				Days of experiment	No. 4			
	C ₂ *4	C ₃	n-C ₄	i-C ₅	C ₂	C ₃	n-C ₄	i-C ₅	C ₂	C ₃	n-C ₄	i-C ₅		C ₂	C ₃	n-C ₄	i-C ₅
- 15*2	72	17	8	3	76	15	7	1	72	18	8	2	0	72	21	6	1
17	69	17	9	4	65	18	14	2	65	19	10	5	11	77	15	7	1
24	76	17	6	2	74	16	7	3	71	19	8	3	19	70	17	10	3
31	79	16	4	1	76	20	4	1	76	18	5	2	26	76	15	6	3
38	76	17	4	2	79	16	4	1	81	14	3	1	33	76	13	8	3
45	80	14	4	1	77	15	5	2	75	15	7	3	40	71	13	10	6
54	76	15	6	3	72	15	9	5	73	16	7	4	55	71	16	9	5
59	75	14	7	4	69	16	12	4	77	14	6	4	81	68	18	11	4
67	76	12	6	6	76	15	5	3	77	15	6	2					
74	77	15	6	3	80	13	3	3	76	14	5	6					
88	74	17	6	2	74	17	7	2	68	19	9	4					
103	73	14	8	5	74	17	7	3	73	15	6	5					
111	—	—	—	—*3	67	20	8	6*1	—	—	—	—					
114	83	11	4	1					76	16	6	2					
122	81	14	4	1					74	18	6	2					
129	79	15	5	1					76	16	6	2					
136	72	22	6	0					81	14	5	1					
Mean	76.1	15.4	5.8	2.4	73.8	16.4	7.0	2.8	74.4	16.3	6.4	3.0	Mean	72.6	16.0	8.4	3.3
S.D.	3.1	2.5	1.6	1.7	4.5	2.0	3.2	1.5	4.2	1.9	1.7	1.5	S.D.	3.3	2.7	1.9	1.8

*1 The same as Table 1.

*2,*3 The same as Table 2.

C₂: Acetic acid, C₃: Propionic acid, n-C₄: normal Butyric acid, i-C₅: iso Valeric acid.

であった。これは、ソテツ葉投与が第一胃内微生物の活動に抑制的な影響を与えたものと考えられる。

3. 分画別 VFAs 量 (Fig. 2)

ソテツ葉投与群および対照のいずれにおいても、実験の期間を通して第一胃内容物中に C₂, C₃, n-C₄ および i-C₅ の 4 分画が検出された。また、すべての例においても経日的に変動が観察されたが、そのなかでも C₂ 分画の変動が、VFAs 総濃度と顕著に同期してみられた。そこで、VFAs 濃度と C₂ 濃度との間の相関を係数で表わすと、No. 1 は +0.982 (p < 0.05), No. 2 は +0.951 (p < 0.05), No. 3 は +0.969 (p < 0.05) そして対照では +0.990 (p < 0.05) と、いずれも正の強い相関を示した。これに続くのが C₃ で、各個体別に +0.856, +0.926, +0.909, +0.971 で、いずれも p < 0.05 で強い相関であった。しかし、n-C₄ においては、おおむね強い相関として示され、その係数は前二者よりも低い値であった。すなわち、+0.683, +0.709, +0.726, +0.879 (p < 0.05) である。i-C₅ では、+0.224, +0.400, +0.296, +0.561 で、全例とも弱い相関であり、No. 2 以外はその値は有意ではなかった。

一方、VFAs の濃度比は、Table 3 で示されるように、4 例ともに C₂ 分画が高い比率を占めた。観察期間中、全例で長期傾向はみられず、No. 1 で 76.1 ± 3.6%, No. 2 で 73.8 ± 4.5%, No. 3 で 74.4 ± 4.5% として対照で 72.6 ± 3.3% であった。そこで、4 例における C₂ 分画平均値について有意差の検定を行ったところ、いずれの組み合わせにおいても、5% の有意水準で差は認められなかった。そして、すべての個体における VFAs の濃度は、C₂ > C₃ > n-C₄ > i-C₅ の順であった。

以上のことから、実験期間中の VFAs 濃度の変動には、C₂ 分画が大きく関与していることを如実に示している。これらの成績を、対象動物は異なるが、鶏の消化管内 VFA について行った報告^{6,13,14)} と対比すると類似の傾向がみられ、また Stewart ら¹⁷⁾ が、第一胃 fistula を装着した牛の第一胃内容物中の VFA 産生を調べ、同様の順序を報告している。したがって、動物の種類や部位の相違はあっても、VFAs 産生に関与する微生物群の構成は類似しているものと推測される。

Table 4. Individual pH value in the rumen contents of cycad leaves administered and control goats

Days of experiment	No. 1	No. 2	No. 3	Days of experiment	No. 4
- 15*2	7.10	7.00	7.10	0	6.08
17	6.74	6.91	6.91	11	6.26
24	6.93	6.76	6.70	19	6.82
31	6.72	6.80	6.60	26	6.74
38	6.61	6.65	6.61	33	6.71
45	6.78	6.60	6.52	40	6.68
54	6.68	6.81	6.88	55	6.07
59	6.69	6.68	6.48	81	6.05
67	6.80	6.65	6.55		
74	6.30	6.79	6.96		
88	6.71	6.89	6.60		
103	6.91	6.75	6.73		
111	-*3	6.83*1	-*3		
114	6.55		6.24		
122	6.68		6.64		
129	6.65		6.62		
136	6.05		5.95		
Mean±S.D.	6.68±0.24	6.78±0.11	6.63 0.28	Mean±S.D.	6.43±0.34

*1 The same as Table 1.

*2,*3 The same as Table 2.

4. pH (Table 4)

第一胃内容物の pH は、ソテツ葉投与群では、No. 1 で 6.68 ± 0.24 、No. 2 で 6.78 ± 0.11 、No. 3 で 6.63 ± 0.28 であった。一方、対照では 6.43 ± 0.34 の変動を示した。これらの各個体間の平均値の差の検定を行ったところ、ソテツ葉投与群間には有意差を認めなかったが、対照との間に No. 1 と No. 2 で有意差があった。つぎに、pH と総濃度との間の相関では、ソテツ葉投与群において No. 1 が -0.412 、No. 2 が -0.070 、No. 3 が -0.304 と、No. 1 と No. 3 が中等度の逆相関であるのに対し、No. 2 は軽度の逆相関を示した。これらの係数の有意性を検定したところ、いずれも 5% の有意水準で信頼しえなかった。これに対し、対照では -0.919 と極めて著しい逆相関が存在し、その係数は有意であった。一方、Briggs ら³⁾ は、羊について種々の飼料を給餌したときの VFA 濃度と pH との間に、同様の負の相関を認めている。そして第一胃内容物の pH について、VFA のみならず乳酸との関連性も指摘している。本実験では乳酸の測定を行っていないが、ソテツ葉投与群における両者

間の相関の低下、ないしは No. 2 のように相関の消失といってもよい結果は、ソテツ葉投与が山羊の第一胃における炭水化物消化機構に、抑制性の影響をおよぼしたことを強く示唆するものである。

要 約

山羊にソテツ葉を投与したときの、第一胃内炭水化物代謝に対する影響を知る目的で実験を行った。3頭の山羊 (No. 1-No. 3) に、ソテツ *Cycas revoluta* Thunb. の葉を連続経口投与し、主として第一胃内容物内に含まれる揮発性脂肪酸 (VFAs) の動態を gas chromatography により分析し、併せて臨床的観察を行った。投与量は $1.0-2.5$ g/kg/day、投与期間は 111-130 日、総投与量は 6259 g-10367 g であった。なお、1頭を対照 (No. 4) とし、ソテツ葉を投与しないこと以外は、同様の観察を行った。得られた結果は、つぎのように要約される。

1. 臨床的には、No. 2 が 111 日目に、後軀の動揺、犬座姿勢、痙攣などの病状を示した。他の 2 頭には運動障害などの神経症状は認められなかった。

3頭とも体重が減少した。

2. 第一胃内容物のVFAs濃度は, No. 1, No. 3および対照では, 6-8 mg/dlの変動幅で推移したが, 長期傾向を認めなかった。これに対し, No. 2では減少傾向を示した。ソテツ葉投与群中でNo. 2が最も低い濃度であった。

3. 検出された分画は, 全例とも, 酢酸(C₂), プロピオン酸(C₃), 正酪酸(n-C₄), イソ吉草酸(i-C₅)の4分画であった。このなかで, 多くの比率を示めるのはC₂で, これにつぐのがC₃, n-C₄そしてi-C₅であった。

4. 第一胃内容物のpHは, No. 1が6.68±0.24, No. 2が6.78±0.11, No. 3が6.63±0.28そして, 対照では6.43±0.34を示したが, このうちNo. 1 No. 2が, 対照との間に有意差を認め高い値であった。一方, pHとVFAs濃度との相互関係において, 対照では-0.919 (<0.05)と, 有意な著しい負の相関があった。これに対し, ソテツ葉投与群においては, 相関係数は低下ないし消失を表わした。

これらの結果から, ソテツ葉投与が山羊の第一胃内炭水化物代謝に抑制的な影響を与えたことが示唆された。

謝辞 稿を終るに臨み, 本研究に対して終始ご懇篤なご指導とご鞭撻を賜った前鹿児島大学教授河野猪三郎博士, 鹿児島大学教授清水 孜博士, 同助教授萬田正治博士, 同助教授坂本紘博士, 同助教授田浦保徳博士, 同助手安田宣紘博士に深く感謝の意を表します。

文 献

- Anderson, J. L. and Hall, W. T. : Neurotoxic effects from cycad leaves. *Fed. Proc.*, **23**, 1349 (1964)
- Birdsey, M. R. : A brief description of the cycads. *Fed. Proc.*, **31**, 1467-1469 (1972)
- Briggs, P. K., Hogan, J. P. and Reid, R. L. : The effect of volatile fatty acids, lactic acid, and ammonia on rumen pH in sheep. *Aust. J. Agr. Res.*, **8**, 674-690 (1957)
- Hall, W. T. K. : Toxicity of the leaves of *Macrozamia* spp. for cattle. *Queensland J. Agr. Sci.*, **14**, 41-52 (1957)
- Hall, W. T. K. and McGavin, M. D. : Clinical and neuropathological changes in cattle eating the leaves of *Macrozamia lucida* or *Bowenia serrulata* (Family *Zamiaceae*). *Path. Vet.*, **5**, 26-34 (1968)
- 帆足喜久雄・長野慶一郎・宇野宝蔵・安川正敏 : ニワトリの盲腸内消化に関する研究. II. 腸管内容の揮発性脂肪酸(VFA)について. 鹿大農学術報告, No. 21, 217-225 (1971)
- Hooper, P. T., Best, S. M. and Cambell, A. : Axonal dystrophy in the spinal cords of cattle consuming the cycad palm, *Cycas media*. *Aust. Vet. J.*, **50**, 146-149 (1974)
- Hooper, P. T. : Cycad poisoning in Australia—etiology and pathology. in Keeler, R. F. Van Kampen, K. R. and James, L. F. (eds.), *Effects of poisonous plants on livestock*, 337-347, Academic Press Inc., New York (1978)
- Jones, T. C. and Hunt, R. D. : Diseased due to extraneous poisons. *Veterinary Pathology*, 1015-1016, Lea & Febiger, Philadelphia (1983)
- 小林 昭・Matsumoto H. : Cycasin に関する生化学的研究・第3報, Aglycone, Methylazoxymethanolの単離とその生物学的・化学的性質. 鹿大農学術報告, No. 16, 1-10 (1965)
- 小林 昭・田寺謙次郎・八木史郎・河野猪三郎・坂本 司・安田宣紘 : 放牧牛のソテツ中毒に関する研究・沖縄県における発生状況, 生物化学および病理学的検索. 鹿大農学術報告, No. 34, 119-129 (1984)
- 又吉栄忠・平安名盛巳・本永博一・知花 健・上里宣治・玉城尚武・玉城賢三・外間善一郎 : 沖縄県の放牧場に多発する“いわゆる”牛の後軀運動障害(仮称牛の腰フラ病)の原因調査について, 沖縄県家畜衛生試験場年報, 第15号, 39-45 (1978)
- 長野慶一郎・広瀬正夫・宇野宝蔵・安川正敏 : ニワトリの盲腸内消化に関する研究. III. 腸管内容の揮発性脂肪酸と飼料中粗線維との関連性について. 鹿大農学術報告, No. 23, 267-276 (1973)
- 長野慶一郎・稲富義信 : 幼雛の腸管内揮発性脂肪酸の形成に関する研究. 鹿大農学術報告, No. 32, 105-118 (1982)
- Nishida, K., Kobayashi, A. and Nagahama, T. : Studies on cycasin, a new toxic glucoside, of *Cycas revoluta* Thunb. Part 1. Isolation and the structure of Cycasin. *Bull. Agr. Chem. Soc. Japan*, **19**, 77-84 (1955)
- 西田孝太郎・小林 昭・永浜伴紀・小島喜久男・山根 実 : 日本産ソテツの一新有毒配糖体 Cycasin に関する研究 (第4報) Cycasinの薬理. 生化学, **28**, 218-223 (1956)
- Stewart, W. E., Stewart, D. G. and Shultz, L. H. : Rates of volatile fatty acid production on the rumen. *J. Anim. Sci.*, **17**, 723-736 (1958)
- 須藤恒二 : ルーメンの検査, 中村良一, 米村寿男, 須藤恒二編, 牛の臨床検査法, 6-39-42, 農山漁村文化協会, 東京 (1973)
- 上原敬二 : 樹木大図説. 1-1-20, 有明書房, 東京 (1959)
- 安田宣紘・河野猪三郎・清水 孜・小林 昭・田寺謙次郎・八木史郎 : 放牧牛のソテツ中毒に関する病理学的研究. 脊椎における病変とその分布について. 鹿大農学術報告, No. 34, 131-137 (1984)
- 安田宣紘・河野猪三郎・清水 孜 : 牛の実験的ソテツ中毒に関する病理学的研究. 鹿大農学術報告, No. 35, 171-178 (1985)

Summary

In order to ascertain the effects on the rumen carbohydrate-metabolism of goats in continuous ingestion of cycad leaves, *Cycas revoluta* Thunb., the authors made an experiment. The fluctuation of volatile fatty acids (VFAs) in the rumen contents were analyzed by gas chromatography, and a clinical observation was carried out simultaneously. Three adult goats (No. 1-No. 3) weighing 35.0 to 46.0kg were orally given 1.0 to 2.5g/kg/day cycad leaves for 111 to 130 days. Total doses were for 6259 to 10367g. One goat (No. 4) weighing 34.5kg served as control.

The results are summarized as follows.

1. Clinical signs were recognized in the goat No. 2 fed 6259g of cycad leaves for 111 days; *i. e.*, wobbling and cramp of hind legs, dog-sitting posture etc., in goats No. 1 and 3, no ataxia was noted in hindquarters. Decreasing in body-weight was noted in all the 3 goats.

2. The goats No. 1, 3 and control showed the fluctuating width for 6 to 8 mg/dl in the VFA-concentration in rumen contents, but no long term tendency was seen, while in the goat No. 2 a decreasing tendency was noted.

3. VFAs were detected in the rumen contents of all the 4 goats. VFAs fractions were acetic acid (C₂), propionic acid (C₃), normal butyric acid (n-C₄) and iso valeric acid (i-C₅). In all the goats, C₂ was comprised mainly of VFAs, which was followed by C₃, n-C₄ and i-C₅ at all times.

4. The pH values of rumen contents in goats were 6.64 ± 0.24 in goat No. 1, 6.78 ± 0.11 in goat No. 2, 6.63 ± 0.28 in goat No. 3, 6.43 ± 0.34 in control. In these cases, goat No. 1 and 2 indicated statistically significant difference to the control goat. On the other hand, cycad leaves administered group showed decreasing or disappearance in correlative coefficient of VFAs concentration and pH value.

The above-mentioned results suggest that rumen metabolism of carbohydrates in goats were influenced inhibitorily by being fed with the leaves of cycad.