

暖地型牧草の飼料価値に関する研究

第2報 シコクビエとローズグラスの1番草の 化学組成および *in vitro* 消化率

川村 修*・永岩 幸男*
田中 重行*・三秋 尚*

Studies on the Feeding Value of Tropical Grasses in Japan

II. Chemical composition and *in vitro* digestibility of African millet (*Eleusine corocana* GAERTN.) and rhodesgrass (*Chloris gayana* KUNTH.) during primary growth

Osamu KAWAMURA, Yukio NAGAIWA,
Shigeyuki TANAKA and Takashi MIAKI

(1979年5月10日受理)

緒 言

我国における栽培・利用条件の下での暖地型牧草の飼料価値的特性に関する基礎的知見を得ようとする研究の一環として、前報ではダリスグラスの化学組成ならびに反芻胃内微生物による発酵の様相をトールフェスクのそれらとの対比の下に検討した¹⁾。

本報ではこれに引き続きシコクビエとローズグラスをとりあげた。

両草種は我国の西南暖地において、トウモロコシやソルガムなどいわゆる長大作物に次いで、最も広く栽培されているいわゆるグラスタイプの暖地型牧草であり、沖縄を除けば共に一年生草種として利用されている²⁾。

両草種の飼料価値に関して、我国では、川関ら³⁾、日高ら⁴⁾、丹比ら^{5,6)}、阿部ら⁷⁾、高木⁸⁾、物部ら⁹⁾、などがシコクビエについて、阿部ら¹⁰⁾、三秋ら^{11,12)}、江崎¹³⁾、丹比ら¹⁴⁾、川関ら³⁾、日高ら⁴⁾、高木・川口¹⁵⁾、高木⁸⁾、などがローズグラスについて報告している。しかし、同一条件で栽培した両草種について、飼料価値的特性に関係深い基礎的知見を得、比較した例は少ないので、本実験では両草種の1番草の生育に伴う化学組成および *in vitro* 消化率の変化を、イタリアンライグラスのそれらとの対比の下に検討した。

材 料 お よ び 方 法

シコクビエは祖谷在来種、ローズグラスはカタンボラ種を用い、共に1976年5月31日に本学部実験圃場に、基肥として化成肥料(15:15:15)を10a当り20kg施し、畦間50cmとして、10a当り

*草類利用学研究室

第1表 試料の採取日および生育調査

採取年・月・日	生育段階	草丈 (cm)	乾物収量 ¹⁾ (g/畦1m)	器官別乾物割合 (%)		
				茎部 ²⁾	葉部	穂部
〔シコクビエ〕						
1976・7・22	栄養生長期	105	96	45	55	0
8・17	穂ばらみ期	149	402	56	44	0
9・1	出穂期	152	420	64	29	7
9・15	開花期	172	513	65	24	11
9・23	結実期	178	335	70	17	13
〔ローズグラス〕						
1976・7・21	栄養生長期	112	98	30	70	0
8・8	穂ばらみ期	120	201	49	51	0
8・21	出穂期	148	300	62	29	9
9・6	開花期	153	300	69	18	13
9・19	結実期	171	260	72	14	14
〔イタリアンライグラス〕						
1977・3・8	栄養生長期	35	—	25	75	0
3・24	穂ばらみ期	51	—	46	54	0
4・21	出穂期	130	—	56	37	7
5・13	開花期	148	—	64	24	12

¹⁾ 枯死部を除く ²⁾ 葉鞘を含む

3 kgの種子を条播した。その後、同肥料を同量6月30日に追肥し、生育を追って各々5回刈取・採取した。

比較に用いたイタリアンライグラスは本学部附属住吉牧場で栽培されたもので、肥培管理は当牧場の慣行によった。

これら3草種の採取日および生育調査の結果は第1表に示した。

採取した試料は90℃で1時間、その後70℃で通風乾燥した後、1mmの篩を通るように粉碎して化学分析および *in vitro* 消化率の測定に供した。

一般成分の定量は常法¹⁶⁾により行い、NDF、ADF、リグニン、粗ケイ酸、ヘミセルロース、セルロースは前報における方法¹⁾により、全非構造性炭水化物はSmithの方法¹⁷⁾により定量した。

in vitro 消化率は著者らの方法により48時間培養後測定した¹⁸⁾。

結果および考察

1. 生育の概要

第1表に示したように、シコクビエはローズグラスに比して、全般に草丈・乾物収量共に高く推移した。なお両草種共結実期に至って乾物収量が低下しているが、これはこの時期に枯死部の割合が高くなったことが主因である。

器官別割合については、初期にローズグラスがシコクビエより葉部割合がやや高いのを除けば、両草種間に著しい差はなかった。

2. 化学組成

2-1. 一般成分

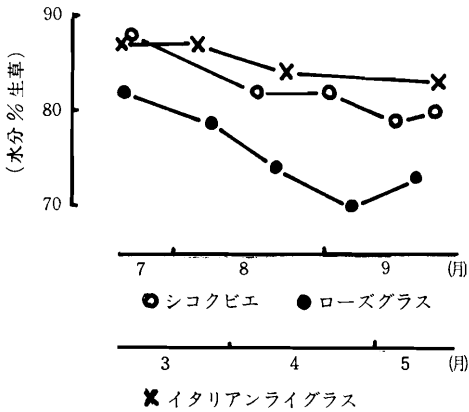
各草種の生育に伴う一般成分含有率の変化を第1～6図に示した。

生草中の水分は、全実験期間を通してローズグラスが最も低く、シコクビエはイタリアンライグラスと同程度であった。

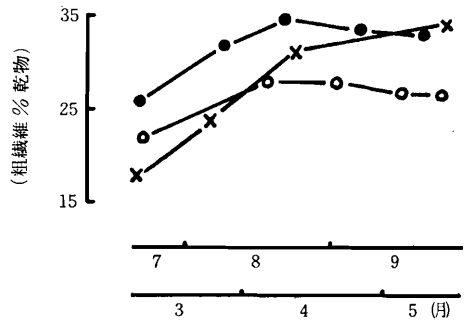
乾物中の粗繊維含量では、ローズグラスがシコクビエより常に高く、また共に初期の含有率はイタリアンライグラスより高いが、その後生育に伴って含有率は横ばいもしくは低下し、生育に伴って含有率が常に上昇する傾向にあるイタリアンライグラスより低くなった。

粗タンパク質含量は、暖地型両草種共にイタリアンライグラスを下回り、またシコクビエがローズグラスをやや上回った。

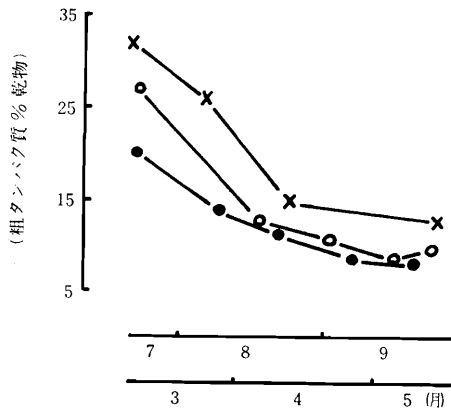
NFE、粗灰分および粗脂肪含量については注目すべき点は見当らない。



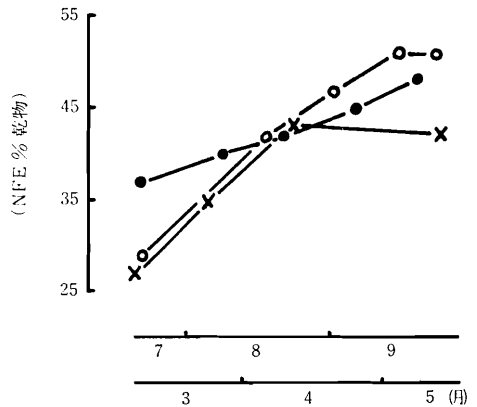
第1図 水分含有率の変化



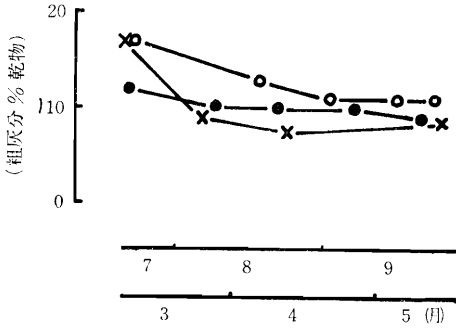
第2図 粗繊維含有率の変化



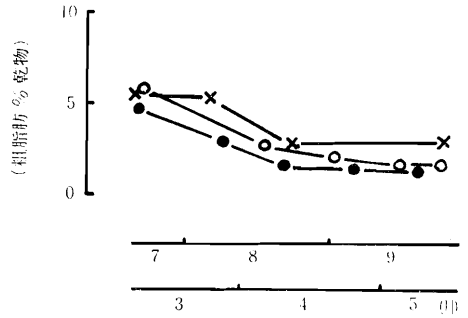
第3図 粗タンパク質含有率の変化



第4図 NFE含有率の変化



第5図 粗灰分含有率の変化



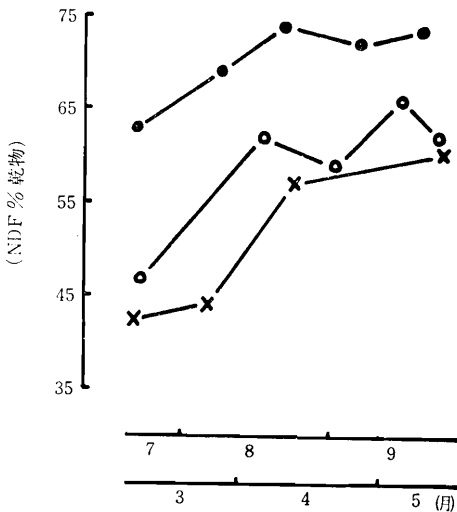
第6図 粗脂肪含有率の変化

2-2. 細胞壁構成成分

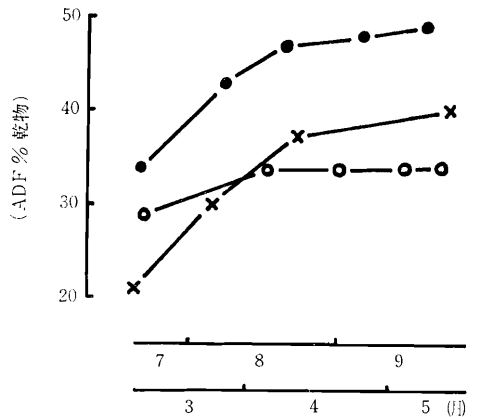
NDF および ADF 含有率の生育に伴う変化を第7および8図に示した。

NDF 含量については、暖地型両草種がイタリアンライグラスより常に高い値を示した。またイタリアンライグラスでは含有率が生育に伴って常に上昇する傾向にあるのに対して、暖地型両草種では後期にはほぼ横ばいとなる傾向が認められた。

NDF は デタージェント分析法において全細胞壁構成成分を表現するとして提示されているが¹⁹⁾、これに対して近年二・三の問題点が指摘されている。すなわち細胞壁を構成する物質が完全に NDF として回収されない場合^{20,21)}、あるいは NDF 中に細胞壁を構成する物質以外の物質が残留する場合^{22,23)}があることで、量的な問題としては後者がより重要である。この場合に特に問題となる物質はタンパク質とデンプンであって、試料によってはこれらのかかなりの部分が中性デタージェント溶液 (ND) に不溶で NDF 中に残留するから全細胞壁構成成分量を多く見積ることになる。本実験の場合この点で特に問題となるのは、穂部に比較的多量のデンプンを蓄積する生育後期のシコクビエと、後述する各草種の生育初期における ND 不溶性タンパク質である。これらのデンプンやタンパク質は



第7図 NDF 含有率の変化



第8図 ADF 含有率の変化

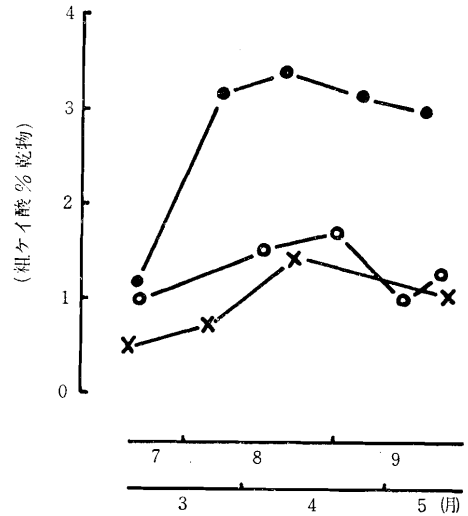
いずれも ADF にはほとんど残留しないので、NDF と ADF の差として算定されるヘミセルロースもまた過大に見積ることになる^{19,21)}。

次に第8図に示した ADF 含有率の変化についてみると、全般的な傾向は NDF のそれに類似していたが、シコクビエの場合、NDF にみられた様な生育に伴う含有率の上昇はほとんど認められなかった。このようなシコクビエにおける NDF と ADF との増加のパターンの差異の一因は、前述した NDF 中にとどまるデンプンに基づくものと考えられる。

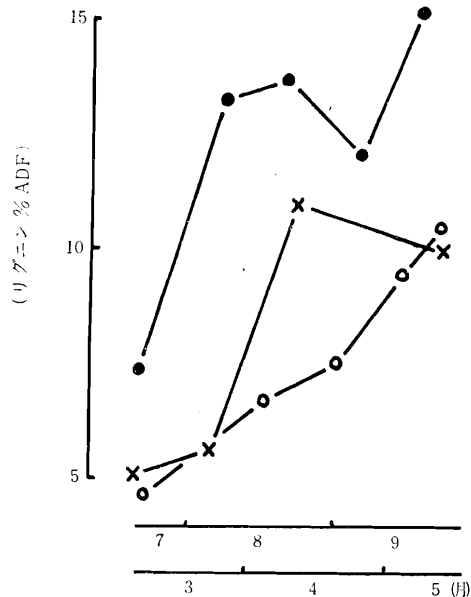
ADF 含量の変化は先に示した粗繊維のそれ(第2図)に類似しており、更に NDF をも含めて、これら繊維性物質画分含有率の生育に伴う変化は一般に暖地型牧草がより小さい。また生育の初期においては暖地型牧草の方が常により高い含有率を示すが、後期では、生育に伴って比較的急激に含有率が上昇する寒地型牧草を下回ることもある。これらの様相は、前報におけるダリスグラスとトールフェスクとの比較においても認められたことである¹⁾。

次にその他の細胞壁構成成分含量の変化について、第9、10および11図にそれぞれリグニン/ADF、粗ケイ酸/乾物およびセルロース/乾物を示した。なお、これらの値は、いずれも先に述べたデタージェント分析法の問題がほとんど波及しない指標である。

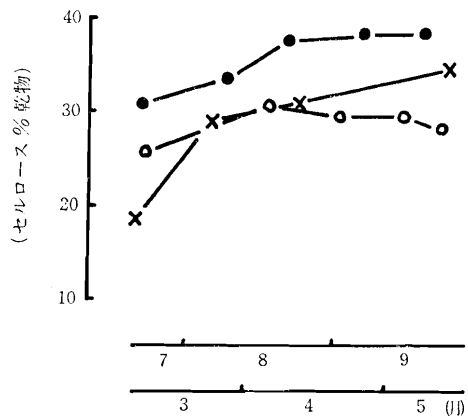
まず細胞壁のリグニン化程度を示すリグニン/ADF については、ローズグラスのそれが常に最も大で、シコクビエとイタリ



第10図 粗ケイ酸含有率の変化



第9図 細胞壁のリグニン化の変化



第11図 セルロース含有率の変化

第2表 デタージェント不溶性タンパク質含有率 (%)

中性デタージェント不溶性タンパク質			酸性デタージェント不溶性タンパク質		
/乾物	/NDF	/粗タンパク質	/乾物	/ADF	/粗タンパク質
〔シ コ ク ビ エ〕					
4.3	9.1	16.2	1.1	4.0	4.2
4.2	6.8	31.3	0.9	2.7	7.0
3.7	6.2	33.2	0.8	2.2	6.7
2.9	4.4	31.5	0.8	2.2	8.2
2.1	3.4	21.6	0.6	1.8	6.4
〔ロ ー ズ グ ラ ス〕					
3.3	5.2	16.0	1.4	4.0	6.7
3.4	4.9	23.4	0.8	1.8	5.2
2.1	2.9	18.0	0.8	1.7	6.9
2.1	3.0	22.6	0.8	1.6	7.9
2.1	2.8	23.7	0.8	1.7	9.3
〔イタリアンライグラス〕					
4.9	13.1	15.5	0.8	3.7	2.4
2.4	5.4	9.2	0.6	1.9	2.2
2.3	4.0	15.3	0.7	1.9	4.6
2.1	3.5	16.4	0.5	1.3	3.9

アンライグラスとは全体的にみれば著しい差があるとは考えられない。

粗ケイ酸含有率についてもローズグラスが最も高く、シコクピエとイタリアンライグラスは同程度であった。

セルロース含有率は既に述べた粗繊維および ADF 含有率の傾向と軌を一にしていた。これは粗繊維、ADF 共にセルロースを主成分とする画分であること¹⁹⁾ からしても至当な結果と言える。

2-3. デタージェント不溶性タンパク質

第2表に中性および酸性デタージェント不溶性タンパク質 (NDIP および ADIP) 含有率を示した。

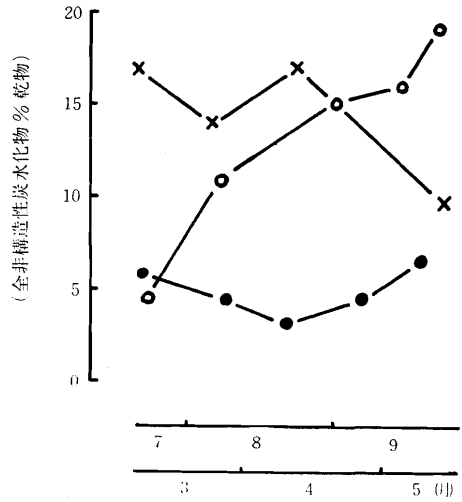
乾物当りの NDIP は各草種共生育に伴って減少する傾向を示し、イタリアンライグラスが栄養生長期に特に高かったのを除けば、一般にシコクピエが他の草種より高い値を示した。NDIP の量は先にも述べた様に NDF を全細胞壁構成成分と考える場合に問題となるが、これを NDF 当りで表わすと3~13%の範囲にあって、タンパク質の面からこの程度全細胞壁構成成分の量を多く見積っていることになる。この過大評価は各草種共生育に伴って小さくなる傾向を示し、前報の結果¹⁾ と一致した。また NDIP/粗タンパク質の値からは、暖地型牧草のタンパク質がイタリアンライグラスのそれに比してNDに対する溶解性が低いことが示唆され、前報におけるダリスグラスとトールフェスクとの比較の場合¹⁾ と一致した。

ADIP は家畜によってほとんど消化されないタンパク質と考えられている^{19,24)}。乾物当り、ADF 当りの量では NDIP と同様に生育に伴って減少する傾向を示しているが、これと共に粗タンパク質量も減少するので ADIP/粗タンパク質は上昇傾向を示す。これは、生育に伴って消化し難いタンパク質の割合が多くなることを示唆し、またこの値が常に暖地型牧草の方が高い点を注目しなければな

るまい。

2-4. 全非構造性炭水化物 (TNC)

第12図に TNC 含有率の変化を示した。Lanigan と Catchpoole によれば、良質サイレージを調製するためには、還元糖・ショ糖・フラクトサンの総量が10%以上必要であるとされている²⁵⁾。第12図から、イタリアンライグラスが全試料とも TNC をほぼ10%以上含有するのに対し、暖地型牧草で10%以上の含有率を示したのはシコクビエの穂ばらみ期以降の試料のみであり、ローズグラスは常に7%以下の低含量に終始した。しかもこれら暖地型牧草の TNC のかなりの部分をデンプンが占めると考えられ²⁶⁾、デンプンは他の非構造性炭水化物より乳酸生成能が低いこと²⁷⁾を考え合わせると、暖地型牧草から良質サイレージを調製するのは容易でないこと²⁸⁾と予想される。



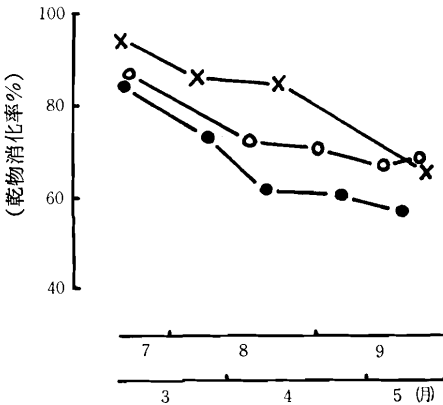
第12図 全非構造性炭水化物含有率の変化

3. *in vitro* 消化率

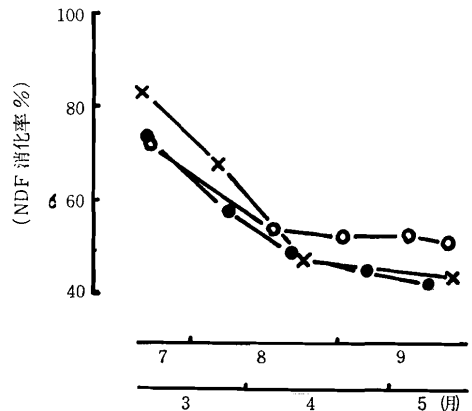
in vitro 乾物および NDF 消化率の変化を第13および14図に示した。

乾物消化率はイタリアンライグラスが最も高く、次いでシコクビエ、ローズグラスの順で、各草種共生育に伴って低下した。

一方、NDF 消化率においては、生育初期にイタリアンライグラスが、後期にはシコクビエが他の草種よりやや高かったが、乾物消化率ほどの草種間差は認められなかった。この様に NDF 消化率の草種間差が小さいにもかかわらず乾物消化率に明らかな差が認められるのは、細胞含有物 (ND 可溶性区分) が草種を問わずほとんど完全に消化される¹⁹⁾とすれば、その量の多少に原因していることになる。



第13図 乾物消化率 (*in vitro*) の変化



第14図 NDF 消化率 (*in vitro*) の変化

第3表 *in vitro* 消化率と各成分含有率との相関係数

乾物消化率							
	粗タンパク質/乾物	粗繊維/乾物	NDF/乾物	ADF/乾物	リグニン/乾物	粗ケイ酸/乾物	リグニン+粗ケイ酸/乾物
シコクエビ	.997**	-.943*	-.979**	-.979**	-.907*	-.373	-.958*
ローズグラス	.984**	-.915*	-.941*	-.989**	-.793	-.834	-.569
イタリアンライグラス	.805	-.851	-.898	-.856	-.746	-.803	-.761
N D F 消化率							
	粗タンパク質/乾物	粗繊維/乾物	NDF/乾物	ADF/乾物	リグニン/NDF	リグニン+粗ケイ酸/NDF	log (リグニン/ADF)
シコクエビ	.991**	-.967**	-.939*	-.987**	-.813	-.865	-.880*
ローズグラス	.997**	-.913*	-.935*	-.993**	-.916*	-.909*	-.868
イタリアンライグラス	.995**	-.894	-.992**	-.996**	-.976*	-.979*	-.950*

* (P<.05) ** (P<.01)

4. 飼料価値的特性

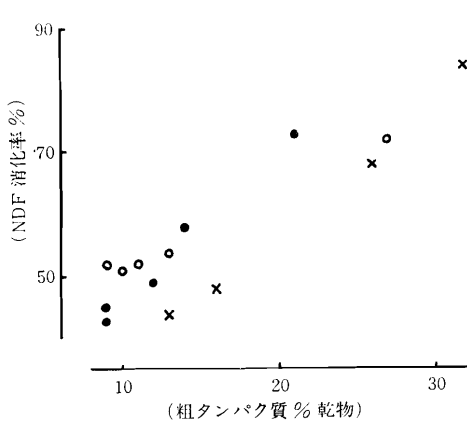
本実験の結果から暖地型牧草の飼料価値を推定すると、従来の知見通り^{1),3),4),8)} それは寒地型牧草に劣ると考えねばならない。

すなわち、シコクエビおよびローズグラスはイタリアンライグラスに比べ粗タンパク質含有率が低く、しかも消化され難いと考えられる不溶性のタンパク質の割合が高く、また各細胞壁構成成分含有率は概して高く TNC は低かった。また *in vitro* 消化率もやや低い傾向を示した。更に前報においては、これら飼料価値に関係の深い要因の生育に伴う変化から予想される飼料価値の低下は暖地型牧草の方がより小さいことが認められた¹⁾ が、本報の場合にはそれほど明確ではなかった。

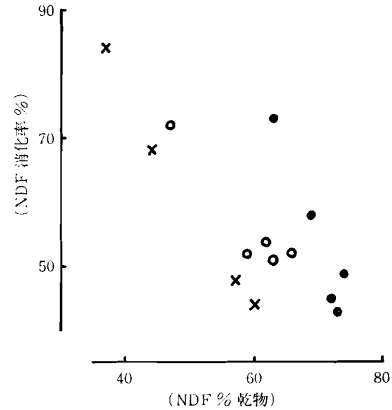
化学組成と消化率との関係を考察するため第3表に各成分含有率と *in vitro* 消化率との相関係数を示した。

乾物消化率との間には3草種に共通して有意な相関が認められた成分はなく、一方 NDF 消化率とは乾物当りの粗タンパク質、NDF、ADF とに3草種共通して有意な相関が認められた。前報におけるダリスグラスとトールフェスクの場合には、共通して有意な相関が認められたのはリグニン含有率のみであり、更にこの場合、リグニンが消化率に影響をおよぼす程度はダリスグラスがトールフェスクより小さいことが注目された¹⁾。しかし本実験の場合、暖地型牧草とイタリアンライグラスとの間にこのような明らかな差は見られなかった。しかし3草種に共通して有意な相関が得られた粗タンパク質および NDF 含有率と NDF 消化率との関係は、第15および16図に示す通り各草種間でやや異っていた。すなわち NDF 消化率は、同一粗タンパク質含量あるいは NDF 含量の場合、暖地型牧草の方がより高いことが示された。この結果と前報の結果¹⁾ とを考え合わせると、一般に暖地型牧草はその化学組成から推定されるほど消化率は低くはないと考えることが出来る。

次に暖地型両草種の飼料価値を比較してみると、粗タンパク質、各細胞壁構成成分、TNC 含有率など化学組成の点からはシコクエビがローズグラスに優る結果が得られた。また乾物消化率もシコクエビの方が高く、乾物収量も高かったので、可消化乾物収量がより高いことが推察される。しかし NDF 消化率が乾物消化率ほど差がなかったことは興味深い。すなわち、ローズグラスがシコクエビ



第15図 粗タンパク質含有率と NDF 消化率 (*in vitro*) との関係



第16図 NDF 含有率と NDF 消化率 (*in vitro*) との関係

に比べて、第16図にみられる様に、NDF はじめ各細胞壁構成物質含有率が高く、とりわけ細胞壁のリグニン化やけい化がはるかに著しい(第9, 第10図)にもかかわらずNDF消化率はそれほど低くない(第14図)ことは、両草種の細胞壁の性状の差として注目される。

しかし本実験の結果は限定された試料によって得られたものであり、これらをより明確にするためには、更に再生草をも含め栽培条件をも加味した試料を対象として、家畜に対する飼養効果を検討しなければならないと考える。

要 約

(1) 同一条件で栽培したシコクビエとローズグラスの1番草の化学組成および *in vitro* 消化率を、イタリアンライグラスを対照として調べた。

(2) 暖地型両草種はイタリアンライグラスに比べ、一般に、粗タンパク質および全非構造性炭水化物含有率が低く、中性ならびに酸性デタージェント不溶性タンパク質および各細胞壁構成成分含有率が高かった。

(3) 暖地型牧草の消化率は概してイタリアンライグラスのそれより低かったが、その化学組成から推定されるほどは低くなかった。

(4) シコクビエはローズグラスより乾物収量および水分、粗タンパク質、全非構造性炭水化物含有率が高く、各細胞壁構成成分含有率が低かった。

(5) 乾物消化率はローズグラスよりシコクビエの方が高かったが、ローズグラスのNDFは、リグニン化ならびにけい化が著しいにもかかわらず、消化性はシコクビエのそれと同程度であった。

文 献

- 1) 川村修, 工藤顕司, 田中重行, 三秋尚: 宮大農報, 24, 207 (1977).
- 2) 草地試験場: 暖地型牧草栽培の実態と動向調査, とりまとめ結果その1, (1977).

- 3) 川関巖, 高木文男, 犬童幸人, 日高操, 沢田耕尚, 佐藤守: 日草誌, **19** (別2), 148 (1973).
- 4) 日高操, 犬童幸人, 沢田耕尚, 川関巖: 第24回西日本畜産学会大会講演要旨, 14 (1973).
- 5) 丹比那保, 福見良平, 柿原秀文: 畜産の研究, **28**, 771 (1974).
- 6) 丹比那保, 松尾寿磨雄: 畜産の研究, **29**, 1215 (1975).
- 7) 阿部林, 高橋英伍, 小川増弘: 畜産の研究, **29**, 662 (1975).
- 8) 高木啓輔: 福岡農試研報, **14**, 14 (1976).
- 9) 物部光彦, 上久保順一郎: 高知畜試研報, **9**, 1 (1978).
- 10) 阿部林, 安藤文桜, 鈴木嘉兵衛: 畜産の研究, **21**, 1101 (1967).
- 11) 三秋尚: 日畜会報, **39**, 48 (1968).
- 12) 三秋尚: 日畜会報, **41**, 459 (1970).
- 13) 江崎正: 福岡種畜研報, **47**: 335 (1971).
- 14) 丹比那保, 福見良平, 海野隆史, 松尾寿磨雄: 畜産の研究, **26**, 1195 (1972).
- 15) 高木啓輔, 川口俊春: 福岡農試研報, **13**, 21 (1975).
- 16) 森本宏編: 動物栄養試験法, 養賢堂, 東京 (1971).
- 17) Smith, D.: 日草誌, **17**, 75 (上野昌彦訳) (1971).
- 18) Kawamura, O., Senshu, T., Horiguchi, M. and Matsumoto, T.: J. Japan. Grassl. Su., **22**, 280 (1976).
- 19) Van Soest, P. J.: J. AOAC, **49**, 546 (1966).
- 20) Kawamura, O., Senshu, T., Horiguchi, M. and Matsumoto, T.: Tohoku J. Agric. Res., **24**, 183 (1973).
- 21) Van Soest, P. J.: "Physico-chemical aspects of fiber digestion", Digestion and Metabolism in the Ruminant, The Univ. New England Publishing Unit, Armidale, Australia (1975), p. 351.
- 22) 川村修, 千秋達道, 堀口雅昭, 松本達郎: 日畜会報, **46**, 6 (1975).
- 23) 阿部亮, 堀井聡: 日畜会報, **49**, 733 (1978).
- 24) Goering, H. K., Gordon, C. H., Hemken, R. W., Waldo, D. R., Van Soest, P. J. and Smith, L. W.: J. Dairy Sci., **55**, 1275 (1972).
- 25) Lanigan, G. W. and Catchpoole, V. R.: Aust. J. Agric. Res., **13**, 853 (1962).
- 26) 柁木茂彦, 大山嘉信: 日畜会報, **49**, 659 (1978).
- 27) 大山嘉信, 柁木茂彦: 日畜会報, **39**, 61 (1968).
- 28) 三秋尚: "西南暖地におけるサイレージ調製", サイロとサイレージ, デーリィ・ジャパン社, 東京 (1978), p. 167.

Summary

(1) The chemical composition and digestibility *in vitro* of African millet and rhodesgrass, cultivated under the same condition, were investigated during primary growth, compared with those of Italian ryegrass.

(2) In the tropical grasses, on the whole, the crude protein and non-structural carbohydrate contents were lower and the neutral and acid detergent-insoluble protein and cell wall constituents contents were higher than Italian ryegrass.

(3) The digestibilities of tropical grasses were generally lower than that of Italian ryegrass, though they were not so low as they were estimated from the chemical composition.

(4) As compared with rhodesgrass, African millet had more yield and higher contents of moisture, crude protein and non-structural carbohydrate, and had lower content of cell wall constituents.

(5) The dry matter digestibility was higher in African millet than in rhodesgrass, but the NDF of rhodesgrass, in spite of the remarkable lignification and silicification, was digested to the same extent as that of African millet.