

牧草中炭水化物の分画と人工ルーメンによる消化率との関係

誌名	北海道農業試験場研究報告 = Research bulletin of the Hokkaido National Agricultural Experiment Station
ISSN	03675955
著者	鳶野, 保 三上, 昇
巻/号	108号
掲載ページ	p. 89-98
発行年月	1974年3月

牧草中炭水化物の分画と人工ルーメン による消化率との関係

鷲野 保* 三上 昇*

Relationships Between the Compositions of Carbohydrates in Grasses and the Digestibilities *in vitro*

Tamotu TOBINO and Noboru MIKAMI

1. 緒 言

牧草中の炭水化物は、現行の飼料成分分析法では NFE および粗繊維に含まれる。NFE は可溶性の炭水化物が主体で、粗繊維よりも消化しやすくとされているが、実際にはリグニンが NFE 区分にかなり含まれるので、粗繊維よりも NFE の消化率が低くなることがしばしばみられ、この方式による分析法が不合理であることは、古くから指摘されているところである。

近年、DERIAZ²⁾ は牧草中の炭水化物を比色法により簡易に分画する方法を報告し、飼料の全体分析法として適用できるであろうと述べている。一方、近年における VAN SOEST^{17), 18)} のこの分野における業績は、最も注目されているものの一つである。その内容については、上記の文献で詳細に述べられているので省略するが、ようするに細胞壁構成物質 (Cell Wall Constituents, 以後 CWC と記す) の消化率を測定または推定することによって、飼料の総可消化成分を算出しようとするものである。しかし、VAN SOEST の分画方法では炭水化物の内容が不明なので、より詳細な情報を知りたいときには、DERIAZ のような分画方法が必要になる。

牧草中炭水化物の内容は、牧草の種類、生育時期ならびに調製加工条件等によって著しく変化するはづであるが、従来からこのことについての報告は比較的少ない。また DERIAZ の報告でもイタリアンライグラスを供試しているが、他の草種や調製加工条件を含めて、全体分析法としての適用性を検討しているわけではない。このような炭水化物の内容の差異と、乾物または CWC 消化率との間に一定の関係があれば、現行の飼料分析法の欠点が著しく改善されることになる。

本研究の目的は、以前に述べたように DERIAZ の分画方法の全体分析法としての適用性を検討することと、炭水化物の内容と消化率との関連性を究明することである。

なお、本研究の遂行にあたり多大の御援助をいただいた草地開発第一部山下良弘、山崎昭夫の両氏ならびに本稿の校閲の労をとられた草地開発第一部長三股正年氏に感謝の意を表する。

2. 方 法

供試した牧草の栽培概況は、第 1 表に示すとおりである。いずれも昭和 47 年 5 月 10 日に条播で播種し、サンプリングは第 2 表に示すとおり、生育時期、刈取回次、天日乾草ならびにサイレージ別におこない、合計 36 点とした。

* 草地開発第一部 草地第 5 研究室

第1表 供試した牧草の栽培概要

供 試 草 類	播種量 (kg/10a)	施 肥 量 (kg/10a)	1 区面積	備 考
オーチャードグラス (キタミドリ)	2.0	石炭 200 硫酸 50 過石 50 熔燐 50 塩加 20	6×18m	播種期日 昭和47年5月10日
チ モ シ ー (仙 北)	2.0			
トールフェスク (北 海 1 号)	2.0			
イタリアンライグラス (オーバヒカリ)	2.0			
アカクローバ (サ ッ ポ ロ)	1.5	石炭 200 過石 50 熔燐 50 塩加 50	8×18m	アルファアルファに根瘤菌 接種
アルファアルファ (サラナップ)	1.5			
ラデノクローバ	0.5			

注) () 内は品種。

第2表 供 試 材 料

草 種	刈取回次	生 育 時 期	草 丈 (cm)	刈取期日
チ モ シ ー	1 番 草	生 育 期	58.2	7/12
	〃	出 穂 期	80.0	7/28
	〃	結 実 期	81.0	8/27
	2 番 草	生 育 期	33.0	8/31
	〃	生 育 期	36.0	10/ 9
オーチャードグラス	1 番 草	生 育 期	58.0	7/19
	〃	生 育 期	78.0	8/15
	〃	生 育 期	53.0	9/21
	2 番 草	生 育 期	52.0	10/ 9
	〃	生 育 期		
イタリアンライグラス	1 番 草	出 穂 期	58.0	7/12
	〃	出 穂 期	94.0	7/28
	〃	結 実 期	97.0	8/31
	2 番 草	生 育 期	45.0	8/31
	〃	出 穂 3 期	72.5	10/13
アルファアルファ	1 番 草	生 開 花 期	40.5	7/12
	〃	結 実 期	67.0	7/28
	〃	結 実 期	69.0	8/31
	2 番 草	生 開 花 期	59.0	8/27
	〃	生 開 花 期	68.0	9/21
アカクローバ	1 番 草	生 開 花 期	38.0	7/30
	〃	結 実 期	66.0	8/15
	〃	結 実 期	61.0	9/11
	2 番 草	生 開 花 期	24.0	9/21
	〃	生 開 花 期	24.0	10/ 9
ラデノクローバ	1 番 草	結 開 花 期	26.0	7/30
	〃	開 花 期	37.0	8/15
	〃	開 花 期	21.0	9/21
	2 番 草	結 開 花 期	22.0	10/16
	〃	結 開 花 期		
天日乾草, チ モ シ ー	1 草 番	出 穂 期	80.0	7/28
	〃	出 穂 期	94.0	7/28
	〃	開 花 期	67.0	7/28
	〃	開 花 期	66.0	8/15
	〃	開 花 期		
サイレージ, チ モ シ ー	1 番 草	出 穂 期	80.0	7/28
	〃	出 穂 期	94.0	7/28
	〃	開 花 期	67.0	7/28
	〃	開 花 期	66.0	8/15
	〃	開 花 期		

チモシーおよびイタリアンライグラスの出穂期、アルファルファおよびアカクロバの開花期には、それぞれの試験区の全面積を刈取り、一部をサイレージとし残りを試験ほ場で天日乾燥させた。サイレージはビニール製の試験用小型バグサイロで調製した。その品質は第3表に示すとおりである。

第3表 サイレージの品質

新鮮サイレージ中 (%)

材 料	pH	総酸	乳酸	醋酸	プロピオン酸	i-酪酸	n-酪酸	i-吉草酸	n-吉草酸	カプロン酸	NH ₃ -N T-N (%)
チモシー	4.43	3.00	2.81	0.19	t	t	t	t	-	-	3.40
イタリアンライグラス	4.69	2.99	2.61	0.29	t	-	0.09	-	-	-	6.69
アルファアルファ	5.90	3.26	2.39	0.36	0.02	0.01	0.37	0.03	0.01	0.07	13.11
アカクロバ	5.53	2.06	1.50	0.40	t	t	0.07	0.09	-	-	5.11

なお、オーチャードグラスは播種当年のため出穂しなかった。

分析試料の調製は、DERIAZの方法に従い100°Cで6~8時間で乾燥させた。風乾試料をウイレーの粉碎機で粉碎し、40×メッシュの篩を通して分析および人工ルーメンの供試材料とした。

飼料成分は常法⁸⁾に従って定量し、炭水化物の分画はDERIAZ²⁾の方法に従って分析した。

人工ルーメンによる乾物および、CWC消化率の測定は、VAN SOEST^{17), 9)}の方法に従い、あらかじめ予備実験で報告¹⁶⁾したように反復性はきわめて良好で日変動も少なかったが、標準試料を用いて若干の日変動を補正した。

ルーメンジュースイノキュラムは、フィスチュラを付した未經産牛2頭から採取し、混合して用いた。給与飼料はチモシー乾草だけとし、飼料と水の給与を止めてから4~6時間後に胃内容物を採取し、三重ガーゼで圧搾して得られた炉液を、加温装置のある遠心分離器で2000rpm/分で遠心分離した上透液をイノキュラムとして用いた。

3. 結 果

飼料成分および炭水化物含有率は、第4表に示すとおりである。

全体分析法としての適用性を検討するために、炭水化物に粗たんばく質、粗脂肪ならびに灰分を加えると、イネ科牧草では91.8~101.3%で、飼料の全体分析法として適用できるすぐれた方法であると考えられる。しかし、マメ科牧草では75.8~86.5%で、イネ科牧草よりもかなり低い値であった。測定されなかった成分は、DERIAZ²⁾によるとペクチン、有機酸、水溶性ピグメント、構造的ウロン酸、ウロン酸と結合したキシロースであるといわれている。マメ科牧草はイネ科牧草よりも、これらの物質が多く含まれていることが、第4表の結果によって示されている。

可溶性炭水化物の含有率は、生育段階が進むに従って増加するものと、逆に減少するものがあり、傾向が一致していなかった。オーチャードグラスおよびアルファルファは、他の草よりも一般に低い値であった。ほ場乾草およびサイレージに調製した場合は、生草を乾燥器で乾燥させたサンプルよりも、いずれも含有率が低下し、特にサイレージの場合は著しかった。

ペントサンは、生育段階がすすむに従って増加した。また、イネ科牧草はマメ科牧草よりもかなり高い値であった。天日乾草およびサイレージは、原料草よりも減少する場合と増加する

第4表 飼料成分および炭水化物含有率

草種	水分 (%)	乾物中 (%)								乾物中 (%)	
		粗たんばく質	粗脂肪	可溶性炭水化物	ペントサン	ヘキソサン	リグニン	灰分	合計	粗繊維	NFE
チモシー	83.4	20.5	5.4	7.7	14.7	32.1	5.3	9.6	95.3	23.7	40.8
〃	79.0	13.7	4.4	8.2	18.9	36.1	8.4	8.6	98.3	29.9	43.4
〃	62.5	9.2	3.0	15.9	17.2	35.1	9.4	6.5	96.3	28.1	53.2
〃	78.2	17.6	5.2	9.1	13.0	32.1	6.1	8.7	91.8	23.6	44.9
〃	77.2	14.6	6.2	16.1	13.3	32.3	4.9	8.0	95.4	23.2	48.0
オーチャードグラス	83.0	22.2	6.8	5.9	13.9	32.9	5.1	12.4	99.2	24.5	34.1
〃	80.2	14.1	4.6	2.9	19.1	34.2	8.8	13.5	97.2	29.9	37.9
〃	82.5	20.9	7.0	7.3	15.1	30.2	5.9	11.4	97.8	23.9	36.8
〃	78.1	15.1	6.2	14.5	15.8	29.5	6.1	10.9	98.1	23.9	43.9
イタリアンライグラス	87.2	24.9	6.3	9.3	10.7	27.0	4.6	13.3	96.1	20.4	35.1
〃	86.6	17.6	5.6	8.5	15.8	31.1	6.5	14.6	99.7	25.3	36.9
〃	76.7	13.3	4.4	12.2	18.0	33.5	7.9	12.0	101.3	27.0	43.3
〃	83.7	16.5	5.8	8.7	14.6	29.6	6.1	13.2	94.5	23.4	41.1
〃	84.0	12.6	3.6	4.2	17.3	29.9	7.9	12.7	88.2	26.0	45.1
アルファアルファ	84.9	24.1	4.2	8.4	5.3	22.4	5.9	12.6	82.9	17.9	41.2
〃	81.3	17.2	3.4	6.2	10.1	30.3	9.0	10.3	86.5	27.9	41.2
〃	73.6	14.6	4.1	6.7	8.1	31.3	9.4	8.9	83.1	29.0	43.4
〃	82.4	21.2	4.0	6.6	7.9	26.6	8.4	10.1	84.8	25.0	39.7
〃	76.5	18.1	3.8	8.1	8.2	27.0	9.0	8.2	82.4	26.2	43.7
アカクローバ	86.0	23.3	5.5	9.1	3.4	19.4	6.7	11.4	78.8	16.5	43.3
〃	86.3	19.0	3.9	8.6	5.1	23.0	8.7	10.9	79.2	21.9	44.3
〃	76.8	16.3	3.2	10.1	5.8	28.2	10.8	7.3	81.7	25.6	47.6
〃	87.3	23.3	5.8	8.5	2.9	19.7	7.1	12.4	79.7	16.9	41.6
〃	85.6	24.1	5.7	9.7	3.8	18.1	7.9	9.7	79.0	16.2	44.3
ラデノクローバ	88.9	25.2	3.8	10.1	3.6	17.8	3.9	12.6	77.0	14.7	43.7
〃	88.0	24.1	4.6	9.0	4.0	18.5	6.2	12.0	78.4	17.2	42.1
〃	86.2	25.0	3.9	10.5	3.4	18.5	6.2	10.2	77.7	16.3	44.6
〃	86.2	27.2	4.4	11.3	3.2	15.1	4.1	10.5	75.8	13.8	44.1
天日乾草, チモシー	18.4	16.9	4.0	4.9	18.0	31.8	9.7	8.8	94.1	26.2	44.1
イタリアンライグラス	28.5	21.5	3.4	4.7	13.3	27.1	9.9	14.8	94.7	25.6	34.7
アルファアルファ	21.3	22.2	2.0	5.8	6.4	26.1	9.5	9.7	81.7	24.8	41.3
アカクローバ	13.2	18.8	2.1	5.2	6.3	28.5	10.5	10.7	82.1	25.8	42.6
サイレージ, チモシー	77.6	14.5	4.2	+	18.5	33.9	9.2	9.3	89.6	32.9	39.1
イタリアンライグラス	88.1	18.6	7.8	1.0	12.9	33.1	6.6	17.0	97.0	29.4	27.2
アルファアルファ	84.0	17.2	6.0	1.0	8.1	34.2	10.1	11.7	88.3	36.8	28.3
アカクローバ	83.6	20.1	5.5	1.0	6.0	30.1	10.1	10.9	83.7	28.0	35.5

場合があつて、傾向が一致していなかった。

ヘキソサンはペントサンよりもかなり高い値を示し、イネ科牧草の方がマメ科牧草よりも高かったことは、ペントサンの場合と同様であった。天日乾草とサイレージでは、サイレージの方がいずれも高い値であった。

リグニンは、生育時期が進むとともに一般に増加し、アルファアルファおよびアカクローバのリグニン含有率は、他の草種よりもやや高い値を示した。

第5表は、CWC 含有率と消化率を示す。

CWC 含有率は、イネ科牧草の方がマメ科牧草よりも高い値を示し、1番草では早刈りの方がいずれも低い値を示したが、チモシーとオーチャードグラスの2番草では、逆に遅刈りの方

第5表 CWC 含有率と消化率

草 種	CWC (%)	CWC 消化率	乾物消化率
チ モ シ ー	65.2	71.0	81.1
〃	70.9	59.1	71.1
〃	70.4	45.8	62.0
〃	67.3	66.6	77.6
〃	58.7	68.1	81.3
オーチャードグラス	64.9	60.1	74.1
〃	68.4	52.0	67.2
〃	67.6	64.2	75.6
〃	60.5	64.3	78.4
イタリアンライグラス	54.8	65.5	81.0
〃	62.6	65.1	78.9
〃	60.3	60.9	75.5
〃	60.9	66.3	79.4
〃	62.6	49.5	68.4
アルファアルファ	38.2	60.7	84.3
〃	53.8	47.8	71.5
〃	51.1	38.5	68.1
〃	48.8	47.3	73.8
〃	49.6	44.7	72.1
アカクローバ	49.5	59.8	79.6
〃	54.3	51.9	73.5
〃	57.7	44.7	67.8
〃	55.2	49.1	71.5
〃	53.0	53.8	75.1
ラデノクローバ	40.3	70.7	87.5
〃	51.1	58.0	78.1
〃	54.4	67.6	82.0
〃	51.4	65.1	81.6
天日乾草, チ モ シ ー	65.5	69.2	80.1
イタリアンライグラス	58.7	70.2	82.8
アルファアルファ	42.9	47.8	78.1
アカクローバ	57.5	55.3	74.6
サイレージ, チ モ シ ー	65.9	61.5	74.8
イタリアンライグラス	54.2	69.1	83.6
アルファアルファ	51.5	40.4	69.8
アカクローバ	51.6	48.3	73.7

が低い値を示した。

乾物消化率は、1番草では生育時期がすすむに従って低下したが、2番草では逆に遅刈りの方が高くなっているものもあり、一定の傾向を示さなかった。

CWC 消化率は、アルファアルファおよびアカクローバでは、イネ科牧草よりもかなり低い値であった。また、1番草では生育時期が進むに従って低下したが、2番草では傾向が一定でなかったことは、乾物消化率と同様であった。天日乾草の CWC 消化率は、イタリアンライグラスを除くとサイレージよりもかなり高い値を示し、生草を乾燥器で乾燥させたサンプルよりも高い値を示した。

第6表は相関係数を示す。

粗たんばく質および粗繊維と乾物および CWC 消化率との相関では、マメ科牧草の場合を除くと、乾物消化率の方が高い値になった。しかし、リグニンの場合は乾物消化率よりも CWC 消化率と高い相関があり、特に天日乾草とサイレージを除いた場合は、 $r = -0.865$ の高い相関

第6表 相 関 係 数

区 分	全 体	天日乾草 および サイレー ジを除く	イネ科	マメ科
乾物消化率×粗たんぱく質	.599**	.644**	.596*	.829**
×粗 織 維	-.529**	-.680**	-.758**	-.782**
×リグニン	-.627**	-.846**	-.869**	-.911**
×リグニン/ペントサン+リグニン	-.070	.004	-.739**	-.115
×リグニン/ヘキソサン+リグニン	-.278	-.337	-.800**	-.578*
×リグニン/ペントサン+ヘキソサン+リグニン	-.189	-.190	-.821**	-.461
×リグニン/CWC	-.392*	-.531**	-.771**	-.764**
×ペントサン/ヘキソサン	-.101	-.251	-.523*	-.337
CWC 消化率×粗たんぱく質	.273	.356	.590*	.868**
×粗 織 維	-.366*	-.427*	-.667**	-.861**
×リグニン	-.658**	-.865**	-.825**	-.897**
×リグニン/ペントサン+リグニン	-.471**	-.392*	-.736**	-.084
×リグニン/ヘキソサン+リグニン	-.541**	-.634**	-.812**	-.424
×リグニン/ペントサン+ヘキソサン+リグニン	-.533**	-.539**	-.828**	-.285
×リグニン/CWC	-.719**	-.850**	-.794**	-.867**
×ペントサン/ヘキソサン	.346*	.181	-.547*	-.490

が得られた。

リグニン化を示す指標として、リグニン/ペントサン+リグニン、リグニン/ヘキソサン+リグニン、リグニン/ペントサン+ヘキソサン+リグニンなどを算出して、乾物および CWC 消化率との相関を算出した結果は、リグニンと乾物および CWC 消化率との相関よりも高い値にならなかった。なお、リグニン/CWC と乾物および CWC 消化率との相関は、リグニンとこれらの消化率との相関にほぼ近い値になった。

4. 考 察

DERIAZ²⁾ がイタリアンライグラスの1番草12点について分析した結果、粗たんぱく質、粗脂肪、可溶性炭水化物、ペントサン、ヘキソサン、リグニン、灰分の合計は平均87.7%で82.5~91.3%の範囲であった。第4表の結果によると、イネ科牧草では平均96.4%で88.2~101.3%の範囲で、DERIAZの結果よりも良好であった。しかし、マメ科牧草の場合は平均80.5%で75.8~86.5%の範囲であった。DERIAZの報告ではマメ科牧草については実施していないので、このことについてはふれていないが、マメ科牧草の場合は分析されない成分を明らかにする必要があると同時に、全体分析法としては更に2、3の分析項目を加えるべきであろう。

DERIAZの前記の報告によると、イタリアンライグラスの可溶性炭水化物は、1.63~21.0%の範囲であった。大山¹⁰⁾がDERIAZの方法により、イタリアンライグラスおよびオーチャードグラスの可溶性炭水化物を定量した結果は、同様に10.0~36.5%および4.3~13.0%の範囲であった。第4表の結果は、以上の値に比較するとかなり低い値であったが、その理由は栽培条件、気象条件ならびに土壌条件などによるものと推察されるが明らかでない。

粗飼料中の炭水化物を粗繊維とNFEに分けることの不合理性を指摘し、これにかわる分画法を意図した研究では、古いものではELY and MOORらの報告⁹⁾がある。これによると、灰分、粗たんぱく質、リグニン、ホロセルローズ、熱水可溶性物質、アルコール・ベンゼン可溶

性物質に分けて集計すると、粗飼料中の乾物をほとんど分画できると述べている。また、RICHARD and REID¹¹⁾ はセルロース、ヘミセルロース、でんぷん、糖、ペクチン、リグニンを分析した結果、定量できなかった成分は、生育期、出穂初期、開花期でそれぞれ 2.76、2.55、4.67% であった。そしてこれらに分別したフラクションの消化率を測定しているが、結論として以上のように細分化することは費用がかかるので、リグニンとその他の炭水化物に分けた方が、粗繊維と NFE に分けるよりも有意義であろうと述べている。

以上のように、従来は粗飼料の細胞膜を構成する物質を、ホロセルロース、ヘミセルロース、セルロースなどに分画する方法がとられてきたが、これは粗繊維と同様に、これらを構成する化学成分は草種や刈取時期などによって異なっているので^{1),4),12),15)} その意味ではペントサン、ヘキソサンなどに分画する方が合理的であろう。DERIAZ²⁾ がこれらの定量法を比色法により簡便化したことは、きわめて有意義であった。TILLEY ら¹⁴⁾ はこの方法を用いて、これらの含量と消化率を測定した結果、ペントサンおよびヘキソサンの含量は、生育段階が進むとともに増加するが、消化率が低下するのが可消化量は生育段階によってほとんど差がないことを示した。しかし、イネ科とマメ科ではこれらの含量と消化率は著しく異っていることを示したが、本実験の結果も第 4 表および第 5 表に示すように、これらの含有率と CWC 消化率は著しく異なっていた。

これとは別に、GAILLARD^{5),6)} は牧草中炭水化物の詳細な分画方法を発表している。すなわち単糖類、複糖類、フラクトサン、でんぷん、多糖類、キシラン、リグニンなどに分別し、さらに多糖類を酸およびアルカリ溶性区分に分けて構成単糖類を測定している。そしてこの方法による炭水化物の分析結果と、有機物の消化率との関係を究明した報告⁷⁾ によると、有機物の消化率と粗繊維、リグニン、セルロース+リグニンなどの含有率との間に強い相関があり、イネ科牧草とマメ科牧草とはホロセルロースの消化される範囲が異なるが、これは主としてキシランまたはヘミセルロースに由来するであろうと述べている。

以上のように、牧草類の炭水化物を詳細に分画することは、それぞれの炭水化物がもつ栄養的特性が明らかになるに従って、それ自体が意義のあることであるが、一方では DERIAZ²⁾ のような簡便な方法で実用的な飼料分析法として用いることができるようにすることも重要である。

SULLIVAN¹³⁾ はセルロースに対するヘミセルロースの比率は、乾物、ヘミセルロースならびにセルロースの消化率と有意の相関があり、この比率が高くなると消化率が高くなることを報告している。しかし、本実験結果では第 6 表に示すように、ペントサン/ヘキソサンはイネ科牧草の場合を除くと有意の相関が得られなかった。これは、SULLIVAN の実験ではマメ科牧草はアルファルファだけであり、イネ科牧草の供試点数が多いためであると考えられる。また、イネ科牧草でも同じ草種内では強い相関があり、多くの草種またはアルファルファを含めると、相関が低くなる結果になっている。

第 6 表で算出したペントサン、ヘキソサンならびにリグニンの合計値に対するリグニンの比率は、リグニン化を示す指標と考えられるが、この値と CWC 消化率との相関は、リグニンとの相関よりも高い値にならなかった。これは、細胞壁を構成する物質はペントサン、ヘキソサンならびにリグニン以外の物質が比較的多いため、これらの合計値に対するリグニンの比率は、リグニン化の程度を示さないのではないかと考えられる。第 4 表で示された DERIAZ の方式で分析されない成分はマメ科牧草の方がイネ科牧草よりもかなり多かった。そしてマメ科

牧草の方がイネ科牧草よりも、リグニン/ペンリサン+ヘキソサン+リグニンとCWC消化率との相関が低く、リグニン化の程度を示さなかったことから、DERIAZの方式で分析されない成分の大部分は細胞壁構成物質に含まれるのではないかと推察される。

一方、リグニン化の指標としてCWCに対するリグニンの比率を算出し、CWC消化率との相関を算出すると著しく高い有意の関係になり、全体の場合はリグニンとの相関よりも高い値になった。VAN SOEST¹⁸⁾はADF (Acid Detergent Fiber) に対するリグニンの比率からCWC消化率を推定する方式を推察しているが、リグニン化を示す指標についてはさらに検討を要する。また、リグニン自体の性質と消化率阻害作用との関係、リグニンと炭水化物との結合関係などについても、今後究明を要する事項と考えられる。

なお、第6表の結果によると、リグニンと乾物消化率との相関よりもCWC消化率との相関の方がやや高い値になった。このことは、VAN SOEST¹⁸⁾のいうCWC消化率を推定した方がより合理的であるという見解を支持するような結果である。第6表の結果によると、天日乾草とサイレージを除いた場合は、リグニン含有率とCWC消化率との相関係数は -0.865 で著しく高い有意の関係になったので、実用的にはイネ科、マメ科、生育時期、刈取回次などを含めたCWC消化率の推定法として適用可能かと思われる。

しかし、天日乾草とサイレージを含めた全体の相関係数は -0.658 となり、かなり低くなった。この理由は、第4表および第5表に示すように、天日乾草はリグニン含有率が高くなっていくにもかかわらず、CWC消化率が高いためである。本実験ではDERIAZの方法に従って、生草を 100°C で乾草させたが、このことが炭水化物の重合化かリグニンの変質を誘起して、消化率を低下させたのではないかと推察されるが、このことについては別に究明しなければならない。

5. 摘 要

1. DERIAZの方法に従って牧草中の炭水化物を分画し、全体分析法としての適用性を検討すると同時に、人工ルーメンによる消化率との関係を明らかにすることを目的として実施した。

2. イネ科牧草4種、マメ科牧草3種を供試し、生育時期および刈取回次別にサンプルングし、別に一部を天日乾草およびサイレージに調製して、合計36点を供試材料とした。

3. 粗蛋白質、粗脂肪、可溶性炭水化物、ペントサン、ヘキソサン、リグニン、灰分の合計は、イネ科牧草では平均 96.4% で $88.2\sim 101.3\%$ の範囲であり、マメ科牧草では平均 80.5% で $75.8\sim 86.5\%$ の範囲であった。すなわち、イネ科牧草の場合は全体分析法として適用可能であると考えられる。

4. 天日乾草およびサイレージを除いた合計26点のリグニンとCWC消化率との相関係数は -0.865 で、CWC消化率の推定法として実用的に適用可能であると考えられるが、天日乾草とサイレージを含めると、相関係数は -0.658 になった。

5. リグニン化の指標として、リグニン/ペントサン+リグニン、リグニン/ヘキソサン+リグニン、リグニン/ペントサン+ヘキソサン+リグニン、などを算出し、またペントサン/ヘキソサンを算出し、これらの値とCWC消化率との相関を求めたが、いずれもリグニン含有率との相関よりも高くなかった。しかし、リグニン/CWCとCWC消化率との相関は、試料全体の場合は最も高い値になったので、リグニン化の指標についてはさらに検討を要する。

引用文献

- 1) BURDICK, D. and J. T. SULLIVAN. (1963): Ease of hydrolysis of hemicelluloses of forage plants in relation to digestibility. *Jour. of Animal Sci.* 22, 2, 444-447,
- 2) DERIAZ, R. E. (1961): Routine analysis of carbohydrates and lignin in herbage. *J. Sci. Food Agric.* 12, 2, 152-160,
- 3) ELY, R. E. and L. A. MOORE. (1956): Hollocellulose and the summative analysis of forages. *Jour. of Animal Sci.* 14, 3, 718-724,
- 4) ELY, R. E. and L. A. MOORE. (1956): The composition of hollocellulose prepared from various forages and the corresponding feces. *Jour. of Dairy Sci.* 39, 12, 1706-1711,
- 5) GAILLARD, B. D. E. (1958): A detailed summative analysis of the crude fibre and nitrogen free extractives fractions of roughages. I Proposed scheme of analysis. *J. Sci. Food Agric.* 9, 3, 170-177,
- 6) GAILLARD, B. D. E. (1958): A detailed summative analysis of the crude fibre and nitrogen free extractives fractions of roughages. II The analysis of straw, hay, grasses and mangold. *J. Sci. Food Agric.* 9, 6, 346-353,
- 7) GAILLARD, B. D. E. (1962): The relationship between the cell wall constituents of roughages and the digestibility of the organic matter. *J. Agric. Sci.* 59, 3, 369-373,
- 8) 森本宏監修 (1971): 動物栄養試験法, 初版, 280~298, 養賢堂, 東京
- 9) 岡本全弘・広瀬司恒 (1972): 人工ルーメンによる牧草の消化に関する研究 I, 牧草の生育にともなう *in vitro* ルーメン消化の変化について, 日畜会報, 43, 9, 499-505,
- 10) 大山嘉信・小川キミエ (1969): イネ科草類の生育にともなう炭水化物組成の変化, 日畜会報, 37, 9, 336-343,
- 11) RICHARDS, C. R. and REID, J. T. (1953): The digestibility and interrelationships of various carbohydrate fractions of pasture herbage and a resolution of the components of crude fiber and nitrogen free extract. *Jour. of Dairy Sci.* 36, 9, 1006-1015,
- 12) STALLCUP, O. T. (1958) Composition of crude fiber in certain roughages. *Jour. of Dairy Sci.* 41, 7, 963-967,
- 13) SULLIVAN, J. T. (1966) Studies of the hemicelluloses of forage plants. *Jour. of Animal Sci.* 25, 1, 83-86,
- 14) TILLEY, J. M. A., TERRY, R. A. DERIAZ, R. E. and OUTEN, G. E. (1969): The digestibility of structural carbohydrates of grasses by rumen microorganisms *in vitro*. *Jour. of Brit. Grassl. Soc.* 24, 3, 238-243,
- 15) 鷲野 保・谷口隆一・坪松戒三 (1962): *In Vitro* 消化率による粗飼料の栄養価推定法に関する試験 第1報 *In Vitro* によるセルロース消化率の測定法とこれによるチモンと赤クローバーの刈り取り時期別消化率について, 道立農試集報, 9, 37-48,
- 16) 鷲野 保・三上 昇 (1973): 人工ルーメンおよび中性デタージェント抽出処理による乾物, CWC 消化率の再現性について, 北海道草地研究会報, 7, 25-28,
- 17) VAN SOEST P. J., WINE, R. H. and MOORE, L. A. (1966): Estimation of the true digestibility of forages by the *in vitro* digestion of cell walls *Proc. 10th, Intern. Grassld. Congr. Helsinki.* 438-441,
- 18) VAN SOEST, P. J. (1967): Development of a comprehensive system of feed analysis and its application to forages. *Jour. of Animal Sci.* 26, 1, 119-128,

Summary

Relationships Between the Compositions of Carbohydrates in Grasses and the Digestibilities *in vitro*

Tamotu TOBINO and Noboru MIKAMI

1) The carbohydrates of grasses were fractionated according to the method of DERIAZ and these results were surveyed if they were available as a method of summative analysis of grasses. Then, the relationships between the above results of analysis and the *in vitro* digestibilities were observed.

2) The four kinds of grasses and the three kinds of legumes cut at different stages of the 1st and 2nd cut were dried at 100°C in a forced draught oven. In the heading stage of grasses and the flowering stage of legumes, some amounts of hay were made by the conventional method and silages were made by vinyl bag silos. Thirty six materials made by the above methods were ground through 40 mesh screens and used in the analysis, and in the *in vitro* rumen fermentation.

3) The summations of the contents of crude fiber, crude fat, soluble carbohydrate, pentosan, hexosan, lignin, and ash were 96.4% in an average in the grasses and 80.5% in the legumes. Accordingly, it was considered that the above analytical method was available as a summative analysis in the case of grasses.

4) The correlation coefficient between lignin contents and the digestibilities of cell wall constituents (CWC) was $-.865$ when the samples of hay and silages were excluded and it was $-.658$ when those samples were included.

5) As a index of lignification, lignin/pentosan+lignin, lignin/hexosan+lignin and lignin/pentosan+hexosan+lignin were calculated, but the correlation coefficients between those values and the CWC digestibilities did not show a higher relation than the one of the lignin itself.