草 類 蛋 白 質 の 栄 養 価 (第 12 報)*

単 離 蛋 白 質 の 消 化 率 に つ い て

堀 米 隆 男, 神 立 誠† (宮崎大学農学部, † 東京大学農学部)

昭 和 38 年 8 月 23 日 受 理

従来の牧草蛋白質の栄養価値に関する研究を概観すると, 牧草の種類, 牧草蛋白質の処理法によっても異なるが, リジンなどの含量が多いにもかかわらず一般に栄養価値が低く, その理由は蛋白質の消化率が低いためではないかと推定されている^(1,2). 牧草の蛋白質は細胞質蛋白質と葉緑体蛋白質とに大別されるが, われわれは白クローバー葉の両蛋白質について人工消化率を調べ, 葉緑体蛋白質はペプシン, パンクレアチンいずれによってもカゼインおよび細胞質蛋白質に比して分解されにくいことを報告した⁽³⁾. これらのことから牧草蛋白質の栄養価値を考える場合, 消化率を知ることは特に重要と考えられるので数種の牧草蛋白質について蛋白分解酵素を用いて消化率を再検討した.

前報⁽³⁾において葉緑体蛋白質の消化率の低いのは蛋白質が脂質と結合しているためではないかと考えられたので, まずこの点を確かめるため葉緑体のまま, および種類の状態の葉緑体蛋白質を調製し, それらの消化率に差異があるか否かを調べ, 次に細胞質蛋白質については葉から調製する際, 植物の種類により細胞質蛋白質が著しく褐色に着色するものと, 着色しないものがあるので, このような差異が蛋白質の消化率にも差異を生じるか否かを調べた.

実 験 材 料 お よ び 方 法

(1) 牧草試料 牧草はいずれも宮崎大学農場産のものをを用いた. 牧草の種類は次のものである.

(植 物)	(採取月日) 1960年	(備 考)
白クローバー葉 (<i>Trifolium repens</i> , L.)	5月~6月	開 花 前

オーチャードグラス I (<i>Dactylis glomerata</i>)	4月18日	草丈 25~30 cm
オーチャードグラス II (<i>Dactylis glomerata</i>)	5月16日	80~120 cm
エンバク葉 I (<i>Avena sativa</i> , L.)	11月22日	60 cm
エンバク葉 II (<i>Avena sativa</i> , L.)	12月19日	80 cm
サツマイモ葉 (<i>Ipomoea batatas</i> , (L.) Lamk.)	10月13日	いも収穫 20日前

(2) 蛋白質試料の調製法

i) 葉緑体蛋白質: 葉緑体 (実際には葉緑体破片とグラナからなる) の調製法を第 1 図に示す. 操作の間, 氷を用いて試料をできるだけ冷却したが, 高速遠心分離中, 約 15° 温度の昇るのを防ぐことができなかった. この方法により新鮮葉 300 g より葉緑体約 3 g 前後 (サツマイモ葉からは 1.2 g) を得ることができた.

サツマイモ葉およびエンバクから単離した葉緑体については, さらに室温にて 8~10 回無水エタノールにて抽出脱色し, 0.2% NaOH-60% エタノール溶液を加え湯煎鍋上で還流煮沸して葉緑体を溶解させ, 次に溶液に酢酸溶液を加えて pH 4.5 として淡褐色の沈殿をつくり, この沈殿を無水エタノール, 次にエーテルで順次洗浄, 乾燥し灰白色製品を得, これを葉緑体蛋白質とした.

なお種々の状態の葉緑体蛋白質を得るために白クローバー葉の葉緑体を処理して次の試料を調製した.

脱脂葉緑体: 単離した葉緑体を室温にてエタノール, 次にエーテルで数回抽出したもの. 緑色を呈する.

葉緑体リボ蛋白質: 葉緑体を冷 1 N-KOH に懸濁し, -10° に 1 夜放置, 溶解させ, 濾過後, 酢酸溶液にて pH 4.0 として蛋白質を沈殿させ, 沈殿を蒸留水にて洗浄後, 凍結乾燥したもの. 緑色を呈する.

葉緑体蛋白質: 葉緑体リボ蛋白質を室温でエタノール, 次にエーテルにて数回, 抽出したもの. この蛋白質はサツマイモ葉およびエンバクから調製した葉緑体蛋白質

* Studies on the Nutritive Value of Grass Proteins. Part XII. Digestibilities of Isolated Grass Proteins.

By Takao HORIGOME and Makoto KANDATSU†
(Faculty of Agriculture, University of Miyazaki;
† Faculty of Agriculture, University of Tokyo)

第1図 葉緑体および細胞質蛋白質の調製法

質とは処理方法が異なるが、稀アルカリ性アルコールに可溶で酸で沈殿する性質が同じであるから同様に葉緑体蛋白質とした。

ii) 細胞質蛋白質：第1図の高速遠心分離により葉緑体を分離した上層液を酢酸溶液にて pH 4.0 として蛋白質を沈殿させる。さらに少量混入している葉緑体粒子を除くため、この沈殿を室温で 0.2% NaOH に溶解させ高速遠心分離にかける。得られる上澄液を再び酸性にして蛋白質を沈殿させ、沈殿をエタノール、つづいてエーテルにて数回洗浄して蛋白質を調製した。この方法において特に 0.2% NaOH に蛋白質を溶解した場合、溶液が褐変し、その程度は牧草の種類によって異なり、サツマイモ葉の場合、最も濃く、オーチャードグラス、白クローバー葉がこれにつづき、エンバクはほとんど着色しなかった。従って得られた蛋白質の着色程度も、ほぼこの順序であった。また、サツマイモ葉から細胞質蛋白質を調製する場合は葉緑体を分離した上層液に多量のペクチン様物質が溶解しており、酸性にすれば蛋白質とともに沈殿して蛋白質の分離ができなかったため、酸性にする前に上層液に、エタノール濃度がほぼ 45%(容積%)

になるように 94% エタノールを加え、まずペクチンを沈殿させ、2重ガーゼにて濾別したのちに酸性にして蛋白質を沈殿させた。上記の方法により新鮮葉 300g より細胞質蛋白質 3~4.5g を得た。

なお、消化率の比較のため用いたカゼインはメルク社製 Hammersten カゼイン、ヴィテリンおよびリポヴィテリンは卵黄⁽⁴⁾より調製した。調製したヴィテリンの窒素含量は 15.48%, リポヴィテリンの窒素ならびに脂質含量は、それぞれ 11.94%, 28.76% (以上いずれも無水物中) であった。

(3) 蛋白質試料の分析 葉緑体の窒素化合物の種類、脂質の含量を知るために Schmidt, Thannhauser, Schneider の核酸分画法⁽⁵⁾に従って冷酸可溶性、エタノール・エーテル可溶性、核酸および蛋白質に抽出分画し、それぞれについて窒素、燐を測定した。脂質の量はエタノール・エーテル可溶性分画の抽出液を合し、蒸発皿に一定量を採り溶媒を蒸発せしめ残留物の恒量値から算出した。また、細胞質蛋白質については、その吸収スペクトルから核酸の含まれていることが推察されたので核酸を次のようにして定量した。試料 100mg に 5% 過塩素酸 5ml を加え、冷却管を付して 90°, 15分加熱、冷後、遠心分離し、5% 過塩素酸 5ml を数回に分けて残渣を洗浄、さきの抽出液と洗液を合し、ペントース、燐の分析、紫外部の吸収スペクトルの実験に供した。窒素はケルダールの微量法、燐は中村の変法⁽⁶⁾、ペントースはオルシンを用いる Bial の反応⁽⁷⁾により、粗灰分は常法により試料を 500° 付近で灼熱して求めた。

(4) 吸収スペクトルの測定 島津製分光光度計 QB-50 型を用い、葉緑体蛋白質および細胞質蛋白質の場合は 0.1N-NaOH、または pH 6 の燐酸塩緩衝液に、葉緑体および葉緑体リポ蛋白質は α -ピコリンに溶解してスペクトルを測定した。

(5) 蛋白分解酵素による消化試験 使用した蛋白分解酵素はペプシン(メルク製)、トリプシン(関東化学)、放線菌プロテアーゼ(科研プロナーゼP)である。約 30ml の栓付三角フラスコにカゼイン 100mg とほぼ等量になるように窒素含量から計算して供試蛋白質を秤量し、緩衝液 10ml、酵素溶液 1ml (酵素 2mg) を加え、はげしく混和、37° に保温、ときどき振盪して消化を行なわしめ 24 時間後 20% トリクロール酢酸 5ml を混和、1夜静置後、遠心分離にかけ、得られた上澄液の窒素をマイクロケルダール法により定量する。盲験として酵素の

自己消化試験および各蛋白質試料について、酵素液 1 ml の代り蒸留水 1 ml を加えたものを、上記の方法と同様に行なって結果を補正し、消化率を算出した。ペプシンの場合に使用した緩衝液は pH 2.0 の Walpole 緩衝液 (HCl-CH₃-COONa)、トリプシンの場合は pH 9.0 の Sørensen 緩衝液 (硼砂-HCl)、放線菌プロテアーゼの場合は pH 7.0 の McIlvaine 緩衝液 (クエン酸-Na₂HPO₄) である。なお、蛋白質試料は、すべて 80 メッシュの篩を通し粒子をできる限りそろえた。

実験結果および考察

(1) 蛋白質試料の組成

i) 葉緑体：葉緑体調製用の溶媒としては蔗糖の等張液などが多く使用されるが、この実験で用いた高速遠心分離機の性能は最高約 15,000 g であるため、溶媒に等張液を用いると比重の関係で細胞質画分から葉緑体粒子を完全に分離できなかったため溶媒は蒸留水を使用した。われわれの分離した葉緑体を電子顕微鏡で検したところ、種々の大きさの葉緑体破片と円形のグラナが混在しており、葉緑体はかなり破碎されていることが認められ、従って葉緑体の水溶性蛋白質は、かなり細胞質画分に移行していると考えなければならない。しかし、葉緑体蛋白質の大部分を占めるクロロフィル・リポ蛋白質は水不溶性であり、また調製した葉緑体の収量などからみて、リポ蛋白質の消化率をしらべる目的には大きな影響はないと認められる。

第1表に葉緑体の組成を示したが、表中核酸量は核酸

の燐含量を9%として燐量から計算した。また、窒素形態、燐形態は葉緑体の全窒素、全燐を100としたときの各画分の割合を示すものであるが、核酸態窒素の実測値が蛋白質の混入のためか異常に高かったため核酸の燐含量は8.5~9.3%、窒素含量は14~16%⁽⁸⁾であるから核酸態燐に1.7を乗じて核酸態窒素を求めた。蛋白態窒素は全窒素より冷酸可溶、エタノール・エーテル可溶、核酸態各窒素を差引いた残量である。粗灰分、脂質、核酸、蛋白質の合計を100から差引いた値を「その他」で表わしたが、これは糖あるいは澱粉であると考えられる。葉緑体では蛋白質と脂質が層状構造をとっていると考えられているが、第1表においても蛋白質32.6~56.5%、脂質(クロロフィルなども含む)26.3~58.8%で両者の合計は78~95%に達し、葉緑体の著しい特徴を示して

第2表 葉緑体蛋白質の窒素、灰分含量
(無水物中%)

試料	成分	全窒素	非蛋白態窒素	灰分	脂質
白クロバー葉 脱脂葉緑体		12.39	0.89	2.44	—
白クロバー葉 葉緑体リポ蛋白質		10.68	0.61	2.86	26.59
白クロバー葉 葉緑体蛋白質		14.20	—	0.44	—
サツマイモ葉 葉緑体蛋白質		12.91	—	1.02	—
エンバク 葉緑体蛋白質		15.11	—	0.38	—

第1表 葉緑体の組成(%)

成分	試料	白クロバー	サツマイモ葉	オーチャードグラス I	オーチャードグラス II	エンバク I	エンバク II
窒素	試料	9.88	8.10	6.79	7.47	8.81	7.93
	冷酸可溶	0.76	0.53	0.57	1.00	3.06	3.53
	脂質	5.44	11.24	17.62	15.25	16.54	21.51
	核酸態*	2.34	3.10	4.98	2.94	1.51	1.38
	蛋白質	91.46	85.13	76.83	80.81	78.89	73.58
計		100	100	100	100	100	100
燐	試料	0.27	0.31	0.49	0.32	0.22	0.32
	冷酸可溶	34.85	7.61	6.58	21.10	47.88	48.80
	脂質	18.07	44.63	52.61	38.63	17.41	30.58
	RNA	42.61	43.60	31.57	25.32	30.05	18.55
	DNA	4.47	4.16	9.24	14.95	4.66	2.07
計		100	100	100	100	100	100
組成	粗灰分	2.00	3.56	3.39	4.56	2.61	3.54
	脂質	26.25	34.90	51.25	42.73	51.00	58.82
	核酸	1.44	1.64	2.21	1.43	0.87	0.72
	蛋白質**	56.48	43.10	32.60	37.73	43.44	36.47
	その他	13.83	16.80	10.55	13.55	2.08	0.45
計		100	100	100	100	100	100

(注) * 核酸態窒素=核酸態燐×1.7 ** 蛋白質の窒素含量を16%として蛋白態窒素量より計算
RNA……リポ核酸, DNA……デオキシリポ核酸, 単に核酸とあるのは RNA, DNA の合計

いる。また、蛋白質、脂質の含量は牧草の種類、生育時期によりかなり相違し、特に脂質においてこの傾向の大きいことが認められる。

ii) 葉緑体蛋白質：脱脂葉緑体、葉緑体リポ蛋白質、および葉緑体蛋白質の窒素含量などを第2表に示した。脱脂葉緑体は燐を乾物中0.21%含有しており、これは冷酸可溶および核酸態の燐であった。この燐量に対して、非蛋白態窒素(第2表)をすべて核酸態窒素とすれば窒素が多すぎる。脱脂葉緑体はなお緑色を呈しているため非蛋白

第2図 葉緑体および葉緑体リボ蛋白質（白クローバー）の吸収スペクトル（ α -ピコリン溶液）

—— 葉緑体 葉緑体リボ蛋白質

態窒素の中には、クロロフィルなどに由来する窒素もかなり含まれると思われる。また、葉緑体蛋白質の真の窒素含量は、なお未解決であるが、いまかりに15~16%として全窒素量から脱脂葉緑体の蛋白質量を算出しても77~82%であり、炭水化物など他の成分を相当含んでいるとみられる。次に、葉緑体リボ蛋白質では、非蛋白態窒素0.61%はエタノール・エーテル可溶性のものである。また、燐を0.01%含有するが核酸態燐はほとんど含まれず、エタノール・エーテル可溶性のもので燐脂質の燐と推定される。このリボ蛋白質の吸収スペクトルは第2図に示すように葉緑体のスペクトルとは異なり、調製の際、冷1N-KOH処理によりクロロフィルの2個のエステル結合が加水分解され、クロロフィルンになったものと考えられ、クロロフィルン・リボ蛋白質と称すべきもので、エタノール、エーテルにて溶出される物質を26.59%も含有している。葉緑体蛋白質においては第10報と同様、窒素含量（第2表）は一般に低くエンバクの15%が最大である。もちろん、単離した葉緑体蛋白質の窒素含量は、たとえば白クローバー葉の場合13.43~14.79%であり、同じ植物からのものでも、その時の葉緑体の状態、調製法などによって異なるけれども、エンバクから

は窒素含量の高い蛋白質が得られる傾向があった。葉緑体蛋白質の真の窒素含量が不明であるので、エンバクの葉緑体蛋白質も随伴物質を含んでいるか否かはわからないが、窒素含量からみて他の蛋白質は、かなり随伴物質を含んでいると考えられる。しかし、吸収スペクトルをしらべても紫外部では、いずれの蛋白質も芳香族アミノ酸による280~290 mμの吸収以外には他に認められず（第3図）、可視部においても前報⁽⁸⁾の葉緑体蛋白質で認められた400~650 mμの吸収はみられなかった。したがって今回の葉緑体蛋白質には色素類はほとんど含まれていないと考えられる。

iii) 細胞質蛋白質：第3表に組成を示したが、蛋白質の窒素含量は植物の種類によって著しく異なる。この差異は随伴物質の多少によるものであるが、これ

第3図 葉緑体蛋白質（エンバク）の紫外スペクトル
—— pH 6 磷酸塩緩衝液 0.1N-NaOH

第3表 細胞質蛋白質の組成（無水物中 %）

	粗灰分	窒素	熱5% PCA* 可溶性		核 酸	
			燐	ペン ト ース	A	B
白クローバー葉	1.40	13.30	0.23	1.17	2.53	2.49
サツマイモ葉	3.40	8.33	0.18	0.61	1.98	1.30
オーチャードグラス I	3.02	8.91	0.26	1.24	2.86	2.64
オーチャードグラス II	2.47	9.35	0.22	1.02	2.40	2.17
エンバク I	1.31	14.84	0.36	1.73	4.04	3.68
エンバク II	1.52	15.01	0.49	2.42	5.53	5.15

(注) * PCA=過塩素酸

核酸Aは燐量より算出、核酸Bはペントース量より算出したもの。

はまた、調製蛋白質の着色程度とほぼ一致し、サツマイモ葉の細胞質蛋白質は茶褐色を呈し、オーチャードグラスもほぼ同様であり、白クローバー葉のものは淡褐色、エンバクのものは灰白色でエンバク(Ⅱ)は特に白かった。これら蛋白質の吸収スペクトルをしらべても260~265 mμに小さな山ないし肩が現われるのみで、可視部においても吸収は見られず、着色物質に対する手がかりを得ることができなかった。ただ、300~360 mμに広く

第4図 細胞質蛋白質の紫外外部吸収スペクトル
(pH 6.0 磷酸塩緩衝液)

第4表 調製蛋白質の消化率(%)
(酵素量は蛋白質に対し2%, 37°, 24時間)

蛋白質	酵素	ペプシン (pH 2.0)	トリプシン (pH 9.0)	放線菌プロ テアーゼ (pH 7.0)
白クローバー葉 葉緑体		12.5	37.1	71.8
サツマイモ葉 葉緑体		11.2	31.3	64.1
オーチャードグラス葉緑体Ⅰ		4.6	18.6	65.0
オーチャードグラス葉緑体Ⅱ		6.8	28.2	65.4
エンバク葉緑体Ⅰ		10.9	30.8	64.9
エンバク葉緑体Ⅱ		11.4	32.6	65.8
カゼイン		47.7	65.9	93.9
ヴィテリン		38.6	47.5	90.2
リボヴィテリン		29.1	48.5	86.7
白クローバー葉 脱脂葉緑体		13.1	31.6	65.8
白クローバー葉 葉緑体リボ蛋白質		13.1	23.0	63.9
白クローバー葉 葉緑体蛋白質		14.8	33.6	72.4
サツマイモ葉 葉緑体蛋白質		10.7	35.6	70.5
エンバク葉緑体蛋白質		5.4	23.9	56.7
白クローバー葉 細胞質蛋白質		26.0	51.3	89.7
サツマイモ葉 細胞質蛋白質		2.1	7.6	72.9
オーチャードグラス細胞質蛋白質Ⅰ		10.2	29.2	72.0
オーチャードグラス細胞質蛋白質Ⅱ		16.7	34.7	76.3
エンバク細胞質蛋白質Ⅰ		30.2	58.3	97.2
エンバク細胞質蛋白質Ⅱ		31.4	59.3	95.5

吸収があって着色の強い蛋白質ほど蛋白質に正常な減少曲線がえがけない(第4図)。この着色を呈する随伴物質については西・神立⁽¹⁸⁾の報告があるが、まだ未決定で、蛋白質を単離する際、かんたんに除くことができず、草類の蛋白質の消化率に重要な影響を持っているのではないと思われる。また、260~265 mμにおける吸収は280 mμ付近に吸収を示す芳香族アミノ酸のものとは明らかに異なり、核酸によるものと考えられ、蛋白質の過塩素酸抽出液は260~265 mμに著しい吸収を示し、燐およびペントースを含有している(第3表)。核酸の燐含量を9%として測定燐量から算出した核酸量と、燐9%に当量な核酸ペントースを計算し、測定ペントース量×2.13=核酸とした値とを比較すると、ペントースから求めた核酸量の方が若干低い。ただし、サツマイモ葉の場合はペントース・オルシン反応が正常な緑に発色せず、ペントースから求めた値はかなり低かった。核酸含量は随伴物質の少ないエンバクの蛋白質が最も多く、サツマイモ葉の蛋白質が最少であることから推察して、随伴物質を差引いて考えれば、細胞質蛋白質の中には3~5.5%の核酸が含まれると考えられる。

(2) 消化試験 調製蛋白質および比較のために測定したカゼイン、ヴィテリン、リボヴィテリンの各酵素

による消化率を第4表に示した。

i) 葉緑体蛋白質：第1に葉緑体そのまゝの状態での消化率をみると、いずれの牧草から分離したものもカゼインと比べてかなり低く、ペプシン：4.6~12.5%，トリプシン：18.6~37.1%，放線菌プロテアーゼ：64.1~71.8%である。これらの葉緑体の消化率と脂質含量(第1表)との関係を見ると、白クローバー葉の葉緑体は脂質26.25%で最も低く消化率はいずれの酵素の場合も高く、オーチャードグラスの場合には反対に脂質42.73%および51.25%で高く、消化率はペプシン、トリプシンにおいて低く、消化率と脂質の含量との間に逆の関係が存在するように思われる。しかしエンバクの葉緑体は脂質含量はオーチャードグラス以上であるが、消化率は白クローバー葉よりは劣り、サツマイモ葉と同程度であり、オーチャードグラスよりはペプシン、トリプシンいずれの場合も高い。したがっ

て、脂質が蛋白質の消化率に何らかの影響を与えていることは推察されるが、両者の間に一定の関係を見出すことはできなかった。

第2に白クローバー葉の葉緑体を種々処理して得た試料の消化率を葉緑体のままで測定した消化率と比較すると、脱脂葉緑体はペプシンを除きかえて低く、また、葉緑体蛋白質も酵素により差異はあるが、大きな差異は見られない。ただ、葉緑体リボ蛋白質は特にトリプシンにおいて低いが、葉緑体リボ蛋白質には前述の如くクロロフィリンが結合しており、クロロフィリンがトリプシンの作用を阻害することが知られているので⁽⁹⁾、一つはクロロフィリンのために消化率が低いと考えられる。しかし、リボヴィテリンの消化率はトリプシンを除きヴィテリンよりも低いことから推察して、脂質の影響も存在すると思えなければならない。これらのことを前報⁽⁸⁾の場合にあてはめて考えてみれば、前報において最も消化率の高かった葉緑体蛋白質Ⅳは今回の葉緑体蛋白質に相当し、消化率の低かった葉緑体蛋白質Ⅰ、Ⅱは調製方法からみて葉緑体リボ蛋白質に相当するものである。葉緑体蛋白質Ⅲは調製方法からすれば、今回の葉緑体蛋白質に相当するものであるが、その吸収スペクトルから考え、クロロフィリンおよび脂質が十分除かれていないために消化率が低かったものと推察される。したがって、前報の3種の葉緑体蛋白質Ⅰ、Ⅱ、Ⅲと今回の葉緑体リボ蛋白質は、クロロフィリンを結合しているために特に消化率が低いものと考えれば理解できる。また、このことは葉緑体蛋白質の調製には、十分注意しなければならないことを示している。

第3に白クローバー葉以外のサツマイモ葉およびエンバクの葉緑体蛋白質の消化率を、それぞれの葉緑体のそれに比較すれば、サツマイモ葉の場合はペプシンではほとんど差異はないが、トリプシン、放線菌プロテアーゼでは向上している。しかし、エンバクの場合はかえて低下しており、脂質をのぞいた効果は認められない。

以上のように、今回の実験においても葉緑体の蛋白質はカゼインやヴィテリンに比較して消化率がかなり低い。この理由として大山⁽¹⁰⁾は、単離葉緑体蛋白質の消化率に対する処理の影響を指摘しているが、熱 0.3% NaOH-60% エタノール、あるいは冷 1N-KOH 処理では前述した如く、クロロフィールがクロロフィリンに変化し、なおクロロフィリンが蛋白質に結合しておれば消化率の低下が考えられるけれども、このような処理を加えない

葉緑体のまま、あるいはクロロフィリンの結合していない単離蛋白質の場合でも消化率は低い。したがって、動物による消化試験、あるいは磨砕牧草に直接ペプシンを作用させて得られる結果、すなわち、熱 0.3% NaOH-60% エタノール可溶性蛋白質（葉緑体蛋白質に該当する）の消化率が高いという報告⁽¹⁰⁻¹²⁾との矛盾についてはなお未解決である。また、葉緑体蛋白質の消化率の低い理由として葉緑体蛋白質がクロロフィールおよび脂質と結合しているために酵素の作用をうけにくいということのみでは不十分で、他の原因が存在すると推察される。

ii) 細胞質蛋白質：第4表から、いずれの酵素によっても牧草の種類によって細胞質蛋白質の消化率にかなりの差異があり、蛋白質の窒素含量（第3表）と消化率とは同じ傾向にあることが認められる。従って、褐色の随伴物質が蛋白質の消化率に何らかの影響を持っていることが推察される。それ故、サツマイモ葉およびオーチャードグラスの細胞質蛋白質の消化率が低いのは、大山⁽¹⁰⁾も述べているように、調製の間に蛋白質が変性したり、あるいは褐変した化合物と結合したりして消化率が低下したものと考えた方が妥当であろう。葉緑体の蛋白質の場合に消化率は低いけれども植物の種類によって大きな差異が認められないのは、葉緑体が粒子状で水に不溶性のため、調製の間にも細胞質蛋白質のような影響をうけ難いためということも一つの理由と推察され、消化率の低い原因も細胞質蛋白質の場合と異なるものと考えられる。細胞質蛋白質の随伴物質については、西・神立⁽¹⁹⁾はフェノール化合物のポリマーではないかと報告し、筆者らもこれをうらづける実験結果を得ており検討を加えている。

以上のように、細胞質蛋白質は調製の間に消化率に変化の起こる可能性が大きい故、他の蛋白質の消化率と比較するには問題があるので、随伴物質も少なく消化率の最も高いエンバクの場合をみると、カゼインに比し低いが葉緑体蛋白質の消化率よりはかなり高い。これらのことから考え、本来の細胞質蛋白質の消化率は高いのではないかと推量される。

要 約

白クローバー、サツマイモ、オーチャードグラスおよびエンバクの葉部より葉緑体、葉緑体蛋白質および細胞質蛋白質を調製し、ペプシン、トリプシン、放線菌プロテアーゼを用いて、それらの消化率をしらべ、次の結果を得た。

(1) 葉緑体は乾物中、脂質 26.3~58.8%, 蛋白質 32.6~56.5% を含有し、植物の種類、生育時期により差異がみられた。単離した葉緑体のままで測定した蛋白質の消化率はカゼイン、ヴィテリンおよびリポヴィテリンに比較してかなり低く、また、葉緑体の脂質含量と蛋白質の消化率との間に関係を見出すことは困難であった。

(2) 白クローバー葉の葉緑体(脂質: 26.25%)およびこれを種々処理して得た脱脂葉緑体、葉緑体リポ蛋白質(脂質: 26.59%), 葉緑体蛋白質の消化率の間には大きな差異はなく、脂質を除いた効果は認められなかった。しかし、葉緑体リポ蛋白質の消化率は、クロロフィリンを含有しているために、特にトリプシンの場合に低かった。また、別法によりサツマイモ葉およびエンバクより調製した葉緑体蛋白質の消化率においても、それぞれの葉緑体に比べて特に向上は認められず、エンバクの場合はかえって低下した。

(3) 単離細胞質蛋白質は、核酸のほかに褐色の随伴物質を含有しており、随伴物質の量は牧草の種類により差異があった。窒素含量も 8.33~15.01% と大きな差異があり、明らかに窒素含量の高い蛋白質は消化率も高かった。すなわち、エンバクの細胞質蛋白質(窒素含量: 14.84, 15.01%)の消化率が最も高く、白クローバー葉(窒素: 13.30%), オーチャード(窒素: 8.91, 9.53%)

とつづき、サツマイモ葉(窒素: 8.33%)の場合、最も低かった。

終りに牧草の採取に便宜を与えられた宮崎大学農学部金丸豪助教授、ならびに電子顕微鏡の使用に際し御援助くださった三村二雄講師、日高敏郎助手に深く感謝する。

本報告の一部は昭和 36 年、日本農芸化学会大会(福岡)において発表した。

- (1) S. J. Cowlishow, D. E. Eyles, W. F. Raymond, J. M. A. Tilley: *J. Sci. Food Agric.*, **7**, 768, 775 (1956).
- (2) 大島光昭, 斎藤道雄, 田先威和夫, 木部久衛: *日畜会報*, **33**, 16 (1962); 大島光昭, 田先威和夫: *同上*, **33**, 313 (1962).
- (3) 堀米隆男, 神立 誠: *同上*, **30**, 381 (1960).
- (4) 赤堀四郎, 水島三一郎編: *蛋白質化学*, **3**, 146 (1955).
- (5) 日本化学会編: *実験化学講座*, **23**, 283 (1957).
- (6) 日本化学会編: *同上*, **23**, 532 (1957).
- (7) 日本化学会編: *同上*, **23**, 288 (1957).
- (8) 日本化学会編: *同上*, **23**, 249 (1957).
- (9) 大沢義信: *植物学雑誌*, **71**, 386 (1958).
- (10) 大山嘉信: *日畜会報*, **32**, 11 (1961); **33**, 24 (1962).
- (11) 神立 誠, 堀米隆男: *同上*, **26**, 165 (1955).
- (12) 神立 誠, 保井忠彦: *本誌*, **34**, 919 (1960).
- (13) 西 宏, 神立 誠: *本誌*, **29**, 653 (1955).