

粗飼料成分に対する一般分析法と Van Soest 法の比較

I 刈取時期を異にするエンバクおよびイタリアンライグラス における比較

小島 洋一・宇佐川 明*・国松 豊・小松 明德

YOICHI KOJIMA, AKIRA USAGAWA, YUTAKA KUNIMATSU
and AKINORI KOMATSU

Comparison of the ordinary method and the Van Soest method
on analysis of roughages

I. Comparison of the methods with different stages of soiling
oat and Italian ryegrass.

要旨：粗飼料を分析する場合、一般分析法では酸およびアルカリで処理し、これに不溶のものを粗繊維として定量している。この場合、ヘミセルロースおよびリグニンなどの本来繊維質として定量されるべきものが、アルカリに可溶であるため、その一部が繊維質として定量されない弊害が認められている。近年、Van Soest によって中性および酸性の Detergent を用いて処理することにより得られる繊維質を NDF および ADF として表示する方法が提唱されている。そこで刈取期の異なるイネ科粗飼料を用いて、上記2つの分析法の間にどのような得失があるかを検討した。その結果、粗飼料が反すう胃内の消化生理に及ぼす影響を知る上には一般分析法はかなり不備な方法であると考えられた。しかし粗繊維と NDF および ADF 相互間にはかなり高い相関が認められたので、この点をさらに試料数を増やして検討する必要があると思われた。

I 緒 言

粗飼料を分析する際に、常法とされている一般分析法 (Weende 法) によると硫酸および水酸化ナトリウム処理によって不溶な残渣を粗繊維として定量し、一方可溶成分を可溶無窒素物として炭水化物を分画している。しかしこの酸およびアルカリの処理過程で、リグニンのかなりの量と、繊維質を構成する炭水化物の内試薬に極めて反応しやすいヘミセルロースの大半が溶出されるため可溶無窒素物中にこれらのものを含むことになり、粗飼料のように繊維質を多く含む飼料の評価には問題があった。¹⁾

これに対して Van Soest (1967) は試料をラウリル硫酸ナトリウムを主体とした中性洗滌液 (ND 溶液)

により処理した残渣を Neutral Detergent insoluble Fiber (NDF) とし、またセチルトリメチルアンモニウムブロミドの硫酸溶液を用いた酸性洗滌液 (AD 溶液) による処理残渣を Acid Detergent insoluble Fiber (ADF) とする分析方法を提唱した。

そこで本試験では一般分析法と Van Soest 法による炭水化物区分にどのような関係があるかを知るために、生育時期の異なる青刈エンバクおよびイタリアンライグラスを材料として検討を行った。

II 実験方法

本学農場においてエンバクおよびイタリアンライグラスを栽培し用いた。エンバクは昭和45年11月10日に播種し、幼穂期 (昭和46年4月14日)、節間伸長期 (同

京都府立大学農学部畜産学研究室

Laboratory of Animal Husbandry, Faculty of Agriculture, Kyoto Prefectural University, Kyoto, Japan.

* 現在石川県立農業短期大学

昭和51年7月31日受理

年4月28日), 穂ばらみ期(同年5月17日), 開花期(同年6月2日)および乳熟期(同年6月18日)に刈りとり供試した。イタリアンライグラスは昭和45年10月30日に播種し幼穂期(昭和46年4月14日), 節間伸長期(同年4月28日), 穂ばらみ期(同年5月10日), 出穂期(同年5月17日)および開花期(同年6月2日)に刈りとり供試した。

試料は直ちに70°Cの通風乾燥器にて16時間乾燥した後乾物重量を測定し, これをウィレー型粉碎機で粉碎して分析試料とした。これらの試料について従来の一般分析法²⁾によって各成分を定量し, さらにNDF, ADFおよびリグニンをVan Soestの方法^{3,4)}によって定量した。

III 実験結果

供試試料10種を一般分析法およびVan Soest法^{3),4)}により分析した結果は第1表および第2表に示す通りで

ある。各値は1試料当り5回の分析値の平均値である。

IV 考察

本邦の酪農および肉牛肥育において常に大きな問題として指摘されるのは, 粗飼料の不足である。現在, これらの経営に大きな打撃を与えている牛の代謝障害の大部分が粗飼料の給与不足から起っていることは明らかであり, とくに多頭を飼育する場合, 牛の健康管理上からも反すう胃内の発酵の恒常性を保つために必要な最低量の粗飼料の給与は不可欠である。反すう胃内発酵をスムーズに行わせる粗飼料の働きは穀類にはみられない成分の分布に依るものである。すなわち粗飼料においては澱粉, 糖質, 脂質, 可溶性蛋白質および不溶性物質などのうち反すう胃内での分解の速いグループ(易消化性群), セルロースおよびヘミセルロースなどの繊維質を構成する比較的分解の遅いグループ(難消化性群)および全く分解を受けないリグニン

第1表 一般分析法による分析結果(%)

		乾物(%)						
刈取期	水分	粗蛋白質	粗脂肪	可溶無窒素物	粗繊維	粗灰分		
エ ン バ ク	幼穂期	87.20	19.90	5.31	42.87	20.45	11.48	
	節間伸長期	88.35	14.92	2.93	41.04	29.99	11.12	
	穂ばらみ期	83.94	9.20	3.12	46.70	31.38	9.61	
	開花期	83.40	7.16	2.46	44.41	37.43	8.54	
	乳熟期	73.04	5.56	3.03	50.60	34.23	6.59	
イ ラ タ イ リ グ ア ラ ン ス	幼穂期	85.50	16.12	5.05	46.78	20.75	11.31	
	節間伸長期	85.30	12.83	3.45	43.06	30.04	10.63	
	穂ばらみ期	81.24	7.94	2.76	47.16	32.62	9.53	
	出穂期	79.70	8.47	2.56	43.94	34.57	10.45	
	開花期	74.10	7.28	2.03	44.36	35.34	11.00	

第2表 Van Soest 法による分析結果(%)

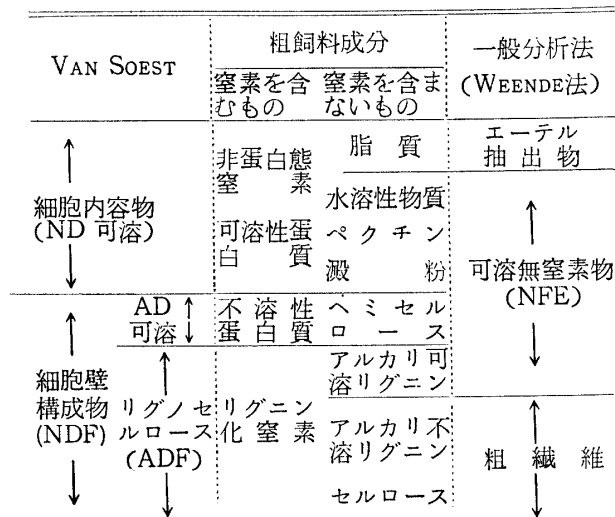
		乾物(%)		
刈取期	水分	NDF	ADF	
エ ン バ ク	幼穂期	87.20	42.54	24.91
	節間伸長期	88.35	54.29	32.21
	穂ばらみ期	83.94	58.22	36.88
	開花期	83.40	70.91	43.62
	乳熟期	73.04	68.43	39.61
イ ラ タ イ リ グ ア ラ ン ス	幼穂期	85.50	46.48	25.52
	節間伸長期	85.30	55.90	33.54
	穂ばらみ期	81.24	55.91	35.14
	出穂期	79.70	61.16	38.73
	開花期	74.10	61.77	38.04

等のグループ(非消化性群)など, 反すう胃内の発酵速度に微妙に関与するこれらの成分分布が適当であり, 反すう胃内発酵の恒常性を保つのに極めて大きな役割をはたしている。従って, 粗飼料のこれらの成分の正確な分析は粗飼料に含まれる養分量を知るためだけでなく, 上述したような反すう胃内での働き知るのにきわめて重要なことである。

前述のように, 粗飼料の成分分析法として一般分析法が用いられる場合が多い。しかしこの方法では, 粗繊維を定量する時の酸およびアルカリ処理の過程でリグニンのかなりの量, および繊維質を構成する炭水化物であり試薬に極めて反応しやすいヘミセルロースの大半が溶出され, 可溶無窒素物(NFE)の中にこれらが含まれることになり粗飼料の分析法としては問題

があると考えられる。これに対して、Van Soest の提唱する分析方法によると、飼料成分の内反すう胃内での分解が速い細胞内容物が中性洗滌液可溶物 (NDS) として定量され、比較的分解が遅い細胞壁などの繊維部分は NDF として分画されている。一方、リグニンは植物の生長とともに繊維質と結合して細胞壁に存在しているが、これを ADF (主にリグノセルロース) として分画している。したがって粗飼料の栄養的有効性および構造的特徴により分析するには Van Soest 法は極めて有効な方法であると考えられる。これら成分分画を一般分析法によるものと比較し図示したものが第1図である。

第1図 Van Soest 法と一般分析法の成分分画の比較



⁵⁾ 堀井らは本法について検討した結果 NDF はほとんど無視しうる誤差で細胞壁構成物質に相当することを認めている。NDF はペントザン、ヘキソザン、リグニンおよび細胞壁部分に存在する窒素よりなるが、堀井らはさらに植物体の繊維質の主成分である前2成分

の5%硫酸による溶出度を検討した結果、ペントザンは処理後1時間で90%まで加水分解されるが、ヘキソザンは20%以上は分解されないことを認めている。したがって NDF 中の AD 溶液可溶物 (主にヘミセルロース) の主体はキシランやアラバンなどのペントザン ($C_5H_8O_4$)_n であり、ADF の繊維質の主体はヘキソザン ($C_6H_{10}O_5$)_n でありとくにグルコザンの一種であるセルロースが主体となっていると考えられている。一方、一般分析法による粗繊維はペントザンおよびリグニンの一部からなっていることが判る。

本試験は生育期の異なるイネ科の粗飼料を用いて、従来の一般分析法による分析結果と Van Soest 法による分析結果を比較したものであるが、一般分析法によるエンバクおよびイタリアンライグラスの分析結果は、生育期が進むとともに水分含量および乾物当りの粗蛋白質、粗脂肪は減少し粗繊維は増加するイネ科における一般的な傾向ととくに異なるものではなかった。また、Van Soest 法による結果においても、生育期が進むに従い乾物当りの繊維質 (NDF, ADF) の割合の増加がみられ、これは一般分析法の粗繊維の増減と同様の傾向を示していた。

第1図の Van Soest 法による分析値に基づいて、各成分を分画表示したものが第3表である。

これによれば ND 溶液可溶の細胞内容物 (NDS) はエンバクの乳熟期を除けば減少する傾向があり Van Soest の分析法によれば、これら粗飼料の反すう胃内で分解が急速なものの多少について極めて適確な判断材料を得ることが出来る。一方、一般分析法では、反すう胃内に於て急速に分解される成分は、これらの粗飼料中の蛋白質がほとんど細胞の原形質内にあるとすれば、粗蛋白質、粗脂肪および可溶無窒素物の3つに分けて分析定量されていることになる。そこで、分

第3表 Van Soest 法による分画 (乾物%)

刈取期	NDS (主に細胞内容物)	NDF-ADF (主にヘミセルロース)	ADF-リグニン (主にセルロース)	リグニン
エンバク 幼穂期	45.98	17.63	22.18	2.73
エンバク 節間伸長期	34.59	22.08	27.50	4.71
エンバク 穂ばらみ期	32.17	21.34	28.71	8.17
エンバク 開花期	20.55	27.29	31.05	12.57
エンバク 乳熟期	24.98	28.82	30.62	8.99
ライグ 幼穂期	42.21	20.96	23.05	2.47
ライグ 節間伸長期	33.47	22.36	28.59	4.95
ライグ 穂ばらみ期	34.56	20.77	29.21	5.93
アラ 出穂期	28.39	22.43	31.12	7.61
アラ 開花期	27.23	23.73	28.84	9.20

析結果から粗蛋白質および粗脂肪は生育とともに減少しているが可溶無窒素物は一定の傾向がみられない。しかし可溶無窒素物の中には粗繊維定量のときに溶出された、本来反すう胃内で分解が遅いかまたは全く分解されないヘミセルロースおよびリグニンの一部が含まれている。さらにこれらのヘミセルロースおよびリグニンの量が第3表に示されるように生育とともに変化することを考えると、本来可溶無窒素物の主な構成物と考えられている糖、でんぷん、ペクチンなどの増減に対する判断が極めて不確かなものとなってしまう。従って、脂肪、蛋白質などの増減は判断出来ても易利用性の物質全体の多少を判断することは一般分析法では不可能であると考えられる。反すう動物の消化生理を考慮すると、粗飼料の成分を粗蛋白、粗脂肪と個々にその栄養成分を考えるよりもむしろ反すう胃内での分解速度に基いてその効果を判断する方が妥当と考えられ、その表示の仕方単に NDF および ADF の分析値を示すよりも、第3表のごとくその成分画に從って示す方がより有効な方法であろうと考えられる。

第2表をみれば、エンバクおよびイタリヤンライグラスともに NDF は幼穂期を過ぎると乾物の50%以上をしめており、飼料としてイネ科の相飼料はきわめて繊維質に富んでいることが判る。また反すう胃内で分解をうけにくいセルロースが主体である ADF も生育時期が進むにつれて増加している。しかし NDF と ADF の差として算出される ADS (ヘミセルロース主体) はエンバクでは増加しているがイタリヤンライグラスではその割合はあまり変化しない。これはエンバクでは生育が進むにつれて繊維質のうちでも分解されにくいものの割合が増加するだけでなく、ヘミセルロースなどの非較的分解が容易とされている繊維質も生育が進むとともに増加するものと判断出来る。一方、一般分析法によれば、繊維質として分析されているのは粗繊維としてのみである。また実際の繊維質(NDF)よりも著しく低い値を示している。また ADF 定量のときよりも低濃度の硫酸で短い時間処理しているにもかかわらず ADF よりもその値は低い。これは粗繊維を定量する場合のアルカリ処理が、セルロース、リグニンなどの繊維質の溶出に大きく影響していることを示している。このように粗繊維の分析値のみでは繊維質の分解の難易性の判断はつけ難い。

それに加えてアルカリ溶液による溶出によってヘミセルロースやリグニンの一部がこの区分に含まれてないとすれば、一般分析法による粗繊維の分析値からは繊維質に対して極めて不確かな判断しか出来ないことになる。

このように粗飼料の栄養価および反すう家畜における繊維質の利用について考える場合、Van Soest 法は有効な手段であると思われる。しかし、一般分析法の粗繊維の増減と NDF および ADF の増減はほぼ同様の傾向を示していた。そこで両者間の相関を調べてみた。

エンバクならびにイタリヤンライグラスの粗繊維と NDF および ADF 間の相関係数を求めその有意性を検討すると、エンバクでは粗繊維と NDF 間には $r=0.972$ ($P<0.01$)、粗繊維と ADF 間には $r=0.981$ ($P<0.01$)、イタリヤンライグラスでは粗繊維と NDF 間には $r=0.977$ ($P<0.01$)、粗繊維と ADF 間には $r=0.991$ ($P<0.001$) でありエンバク、イタリヤンライグラスとともに粗繊維と NDF および ADF の分析値間に高い相関が認められた。さらにエンバクおよびイタリヤンライグラスを合せた場合の粗繊維と NDF および ADF 間を調べると、粗繊維と NDF の間には $r=0.931$ ($P<0.001$)、粗繊維と ADF の間には $r=0.973$ ($P<0.001$) とこれも高い相関がみられた。

次に粗繊維の分析値(乾物%)からの NDF および ADF の推測式を算出すると、エンバクでは $Y_{NDF}=1.740x+5.471$ (x =粗繊維含量)、 $Y_{ADF}=1.105x+1.530$ 、イタリヤンライグラスは、 $Y_{NDF}=1.012x+25.213$ 、 $Y_{ADF}=0.888x+6.963$ 、両者を総合した場合は $Y_{NDF}=1.406x+14.427$ 、 $Y_{ADF}=1.006x+3.957$ となった。また推測式からの推定値の誤差を計算してみると、エンバク、イタリヤンライグラス個々の場合では $S_{yx}=0.796\sim 3.087\%$ 、2者総合した場合は、 $S_{yx}=1.455\sim 3.392\%$ であった。この結果からかなりの精度で従来の一般分析法による粗繊維の値から NDF および ADF の値を推測出来ることが判る。

以上に述べたごとく、Van Soest 法は粗飼料の栄養的特性、とくに反すう胃内での消化生理に及ぼす性質を知る上で極めて適切な方法である。しかし一般分析法の粗繊維との分析値間にかなり高い相関がみとめられたことは一般分析法を用いても Van Soest 法のように栄養的価値を推測出来ることを示している。さらに Van Soest 法では分析操作は単純であっても用いる試薬が高価なものが多く、一般分析法による推測値が精度の高いものならとくに Van Soest 法を用いる必要も限られて来ると考えられる。この点をさらに今後の試験によって、試料の数をさらに増やして検討する必要がある。

引用文献

- 1) Van Soest, P. J. (1967) J. Animal Sci. 26 : 119.
- 2) 加藤正信 (1965) 畜産学実験と実習, 272—282.

養賢堂, 東京.

3) Van Soest, P. J. (1967) J. of A. O. A. C. 50 : 50.

4) Van Soest, P. J. (1963) J. of A. O. A. C. 46 : 823.

5) 堀井聡・阿部亮 (1970) 畜試研報 23 : 83.

6) 堀井聡・阿部亮 (1970) 畜試研報 23 : 89.

Summary

An experiment was conducted to compare the ordinary method and the Van Soest method on analysis of roughage. Soiling oat and Italian ryegrass which have been cut at different stages of growth were used. The Van Soest method was

superior to the ordinary method in estimating nutritional availability. However, correlation with the crude fiber and NDF of these roughages was $r=0.931$ and crude fiber and ADF was $r=0.973$.