

調製法の異なるアルファルファ日乾乾草とキューブ の飼料価値および乾草の養分収量の比較

橋爪徳三*・藤田 裕*・松岡 栄*・田中賢壹*・浦上 清**

(*帯広畜産大学家畜栄養学教室, **同附属農場)

1976年5月24日受理

A Comparative Study of the Feed Value of Alfalfa Hays Produced by Different Curing Methods and Cubes and Nutrient Yields of Hays

Tokuzo HASHIZUME*, Hiroshi FUJITA*, Sakae MATSUOKA*,

Kenichi TANAKA* and Kiyoshi URAKAMI**

緒 言

飼料の自給率を向上させるという目的から、近年、アルファルファの栽培が奨励され作付は増加している。しかしアルファルファは栽培の難しさに加え、イネ科牧草に比べて、サイレージ、乾草いずれの調製も簡単ではないことから大部分の酪農家に敬遠されていることも確かである。アルファルファの乾草調製の問題点として、茎部の乾燥が遅く、養分含量の高い葉部が脱落し易いことが指摘され^{15,16,22,24}、養分収量を保持するため種々の方法が指導されている。

そこで、酪農家で一般に行われている3種類の乾草調製方法、すなわち、①ごく普通に反転を繰り返し日乾する方法（以下日乾法、CV法と記す）に対して、②牧草の列条集草（ウィンドロー）に長尺プラスチックフィルムを被覆し調製する方法（以下PC法と記す）および③針金架を利用する方法（以下針金架法、WS法と記す）を行い、まず乾物回収量、葉部損失率を求めた。またこれらにおいては葉の脱落が防止できても、他面では乾燥時間の長短、水分含量の多少や調製時の諸条件によって、葉、茎における成分の変化が予想される。また最近ではヘイキューブとしての利用が養分を保持する点では最良のものとされている²⁵。よってこれらの3乾草とヘイキューブ（以下キューブと記す）について、綿羊による消化試験を行い、各方法によって栄養価および養分収量がどのような影響をうけるかを明らかにし、乾草調製指導上のデータを得ようとした。

* *Laboratory of Animal Nutrition and** University Farms, Obihiro University of Agr. and Vet. Med., Obihiro, Hokkaido, Japan.*

本研究の一部は昭和50年度北海道科学研究費一般研究補助金により行ったものである。

実 験 方 法

1. 供 試 飼 料

同一ほ場から1975年6月10日ウィンドローで刈取ったアルファルファ1番草(品種: サラナック, 播種2年目, 着蕾始期, 平均草丈; 69 cm)を下記の要領で, 日乾法, PC法, 針金架法による乾草およびキューブに調製した。日乾法, PC法および針金架法については, 1処理500 kgの生草を秤り取り, それぞれ乾草を調製し, 同一乾草庫に収納後約40日後の消化試験直前に再び秤量し, 養分回収量を測定した。

なお, 乾草調製期間中の天候は Table 1 のとおりである。

1) 日乾法: 500 kgの生草を10 a当たり3 tの密度となるように, 9×18.5 m (166.5 m²)の区画中に拡げた。日中1回フォークで反転し, 夜間はウィンドローにした。降雨時には堆積して頂部をビニールシートで覆い, 直接雨にあてなかった。調製した乾草は葉部脱落と基部退色がかかり見られたが, 普通の日乾方法によるものとしては高品質のものであった。

2) PC法: 刈取りしてから翌日夕方までは日乾法と同じ要領で予乾し, その後はモアー刈幅(1.8 m)の5列分に相当するように列条に集草し(長さ18.5 m), そのウィンドローを長尺プラスチックフィルム(幅230 cm, 厚0.07 mm)で覆った。石栗ら¹⁴⁾はその後の作業でフィルム除去—拡散—集草を繰り返している。しかし拡散により葉部脱落が増すことや, またフィルムとの接触面で水滴によって品質が低下する乾草部位が全面的に多くなることから, 本実験では拡散を行わず, 1日1回ウィンドローのまま反転し, 夜間および降雨時にフィルム被覆を行

Table 1. Weather conditions during hay making

Date	Av. daily temperature (°C)	Duration of sunshine (hr.)	Daily precipitation (mm)	Main work
July 10, 1975	15.1	4.1	—	←Herbage cutting & drying: hay cube production
11	13.6	12.2	—	
12	11.5	3.2	—	
13	13.0	10.2	—	
14	13.1	6.4	—	
15	11.9	—	1.0	
16	13.9	3.0	4.0	
17	17.6	9.9	—	←Finishing hay by conventional curing method (CV-hay)
18	14.5	—	32.0	
19	15.8	2.7	1.0	
20	14.3	12.2	—	←Finishing hay by wire stand hanging method (WS-hay)
21	15.6	10.3	—	←Finishing hay by plastic film covering method (PC-hay)

った。調製された乾草はフィルムとの接触面で著しい品質低下があったが、内面は緑度の高いものであった。一部にかびの発生が見られた。

3) 針金架法：PC法と同じ予乾を行い（予乾時の草の水分含量は69.1%）、予乾後長さ12m（木杭間隔4m）の針金架（地表70cmより25cm間隔の4段の針金架）に掛けて、収納時まで放置した。草架表面は被雨によって著しい品質低下が見られたが、内部の乾草は外見的评价の非常に高いものであった。

4) キューブ：刈取り直後、ピックアップ・フォーレージハーベスターで収穫した原料草を、ヘイキューバー（日熊工機・NK25型）で乾燥し成形した。乾燥ドラム入口温度は700～800℃、出口温度は106±20℃で、ドラム内通過に約5分間要した。成形圧縮時の温度は50～70℃で、製品キューブは直径3cm、長さ3～5cmであった。

2. 消化試験および分析法

4頭のコリデール種去勢綿羊を用い、予備期7日、本試験期5日の消化試験を、8月初旬から9月下旬にかけて前記飼料の順で連続して行った。

各飼料共、1日の給与量は1,200gとし、午前9時と午後5時に半量ずつ給与した。供試綿羊の試験期間中の体重には著しい変化はみられなかった。

糞は全量を1日1回採集して秤量し、その10%を凍結保存し、その5日分の混合サンプルを分析に供した。

試料の一般成分は常法に、またカロチンはAOAC法によって分析した。炭水化物の分画はVAN SOESTによって提唱された方法⁹⁾によって行い、NDFとADFは灰分を差し引いて示した。ヘミセルロースはNDFからADFを差し引いて¹⁰⁾示した。

なお、キューブ以外の乾草と原料草の葉・茎部位の分離はTERRYとTILLEY²⁴⁾に従い、葉柄を茎部に含めた。原料草は60℃で乾燥した後、葉部と茎部に分離した。

実験結果および考察

1. 化学成分

原料草と各飼料の化学成分はTable 2に示した。なおキューブに成形する前の未成形人工乾燥飼料についても比較のため示した。

粗蛋白質含量は人工乾燥のほうが原料草および日乾乾燥より低い値を示した。混播草を使用した橋爪ら¹¹⁾、吉田ら²⁰⁾および八幡ら²⁷⁾の報告では、いずれもキューブが長い日乾乾草より高い粗蛋白質含量を示している。吉田ら²⁰⁾および八幡ら²⁷⁾は、日乾時の葉部脱落等の機械的損失を粗蛋白質含量の低下の原因としている。しかし橋爪ら¹¹⁾の別の実験は本実験と同様にキューブの粗蛋白質含量が日乾時より低いことを示している。CARTER⁹⁾も人工乾燥することによって損失率（3例）において、乾物よりも粗蛋白質の損失率のほうが大きくなることを示してい

Table 2. Chemical composition of original herbage and feeds processed by different methods (on dry matter basis, %)

	Original herbage	Drying at ambient temperature			Drying with heat	
		CV-hay	PC-hay	WS-hay	Hay cube	Dried chopped hay before cubing process
Moisture*	(83.6)	(13.9)	(14.4)	(14.0)	(12.8)	(12.4)
Organic matter	88.0	88.7	88.4	88.0	88.1	89.1
Cr. protein	22.0	21.1	21.4	22.3	19.0	18.4
Cr. fat	3.8	2.1	2.3	2.5	3.5	2.6
Cr. fiber	…(A)	26.3	27.7	28.9	25.5	28.5
NFE	…(B)	35.9	37.8	35.8	40.1	39.6
Cr. ash	12.0	11.3	11.6	12.0	11.9	11.0
NDF**	…(C)	38.1	41.4	43.4	44.0	47.9
ADF**	34.3	36.5	36.4	35.1	34.5	35.2
Hemicellulose	3.8	4.9	7.0	7.6	9.5	12.7
Soluble carbohydrate***	24.1	24.1	21.3	20.2	21.6	20.2
Carotene (mg/kg, DM)	253.0	59.7	42.7	92.1	175.0	—

* Expressed as % of fresh matter or air dry matter.

** NDF: Neutral detergent fiber, ADF: Acid detergent fiber.

*** Estimated by formula: (A+B-C).

る。吉田²⁰⁾はキューブ製造過程で8~11%の粗蛋白質損失があることを報告している。人工乾燥過程におけるこのような粗蛋白質の損失、含量の低下は乾燥の早い葉部の燃焼が関係するものと考えられるが、本実験においては、このような影響のほうがほ場での乾草調製時の葉部脱落による影響よりも大きかったことがうかがえる。針金架法のほうが日乾法、PC法よりも粗蛋白質含量が少し高いのは日乾時の機械的損失が少なかったことを示すものであろう。

粗繊維含量は、キューブのほうはそれに成形する直前の人工乾草よりも3%低い値が見られた。WAINMANら²⁰⁾もペレットが未成形の乾草より粗繊維含量が低いことを報告しているが、これは微粉末化されることが分析方法における粗繊維分画に影響を及ぼしたのかもしれない。

NDF含量は人工乾燥したものに高い値が見られた。しかし人工乾燥したもののADF含量はそれほど高くはなく、ヘミセルロースが多かった。これに関連してGOERINGらは強く加熱し褐変した乾草では窒素化合物と結合するのでヘミセルロース含量は低下すること²¹⁾や、人工乾燥した草類においては熱変性窒素化合物がADF部に多くなること²²⁾を報告している。しかし本実験ではこれと若干ちがいが、人工乾燥により上記のように細胞内容物に対してNDF分画が多くなり、かつヘミセルロースが熱変性物質としてADF分画に蓄積されることが少なかったものと考えられる。

粗繊維とNFEの総和とNDFの差は、イネ科においては一般に可溶性糖類の含量を示すものとみなされている¹³⁾。Table 2において各飼料のこの差を計算すると原料草と日乾法による乾草では約24%、他のものは20—21%であった。アルファルファの実測した可溶性糖類含

量は2.8~8.5%²¹⁾, 6.1%²²⁾, 8~11%²⁴⁾と報告されており, これらよりはるかに高いのは荳科草は可溶性ペクチン含量が高いこと²⁵⁾も関係があるものと思われる。原料草と日乾法による乾草に比べて, PC法と針金架法による乾草が低い値を示したのは, 呼吸, 被雨などによる易溶性糖類の減少に関係があるものと見なされる。また, 人工乾燥したキューブ, 未成形乾草が低い値を示したのは, 易溶性ペクチンなどが熱変性によりヘミセルロース分画へ移行したことによるものと考えられる。

ほ場での日乾による調製方法間では, PC法による乾草は葉部割合が高かったにもかかわらず, 粗蛋白質含量がとくに多くなく, NFE可溶性糖類が少なく, 粗繊維, NDF含量が高かった。これは乾燥に長時間を要したことによる呼吸, 発酵に基づく品質の低下によるものと思われる。

カロチン含量 (mg/kg, DM) は Table 2 に示すように人工乾燥したキューブが最も多く, その有利性を示した。日乾乾燥では針金架法が多かった。PC法がそれよりも少なかったのは日光の照射を受けたことやフィルムで被覆中の蒸散水分と発熱のためにむれたことに関連があらう。

2. 葉茎部割合とその化学成分

原料草と3処理により調製した乾草の葉茎部割合とその化学成分は Table 3 に示した。

日乾法による乾草の葉部割合は最も低く, PC法による乾草は拡散を行わなかったため葉部脱落が少なかった。針金架法がPC法より低い値を示したのは乾草が雨にあたったことによるものと思われる。

Table 2 に示したように, 各乾草の粗蛋白質含量はほ場での調製中に葉部脱落があったにもかかわらず, 原料草に比べて著しく低くはなかったが, これは Table 3 に見られるように, 葉・茎部位共, 原料草より粗蛋白質含量が高いことによるものであらう。この粗蛋白質含量の

Table 3. Leaf-stem ratio and chemical composition of leaf or stem
(on dry matter basis, %)

	Original herbage		CV-hay		PC-hay		WS-hay	
	Leaf	Stem	Leaf	Stem	Leaf	Stem	Leaf	Stem
Leaf-stem ratio	41	59	32	68	37	63	35	65
Organic matter	88.2	88.4	88.4	88.7	87.4	89.3	87.5	88.6
Cr. protein	32.1	13.9	33.5	15.1	32.4	15.0	33.4	15.1
Cr. fat	5.7	2.3	3.1	1.4	2.9	1.4	3.0	1.4
Cr. fiber	12.5	36.5	12.3	35.8	14.1	38.3	12.6	37.7
NFE	37.9	35.8	39.5	36.4	38.0	34.6	38.5	34.4
Cr. ash	11.8	11.6	11.6	11.3	12.6	10.7	12.5	11.4
NDF	20.6	52.0	20.0	51.0	25.9	58.1	24.2	56.2
ADF	16.4	45.4	15.6	43.4	19.2	48.6	16.8	48.0

増大は、乾草調製期間中において、粗蛋白質が糖類ほど呼吸によって損失しないこと²²⁾や、また各乾草の各部位の粗脂肪含量は原料草よりもかなり低い値を示したことも関係があろう。呼吸等による糖類の損失が PC 法と針金架法による乾草において日乾法よりも多いことは両者の各部位の NFE が少なく、粗繊維、NDF、ADF 含量が高いことからもうかがえる。

3. 飼料成分の消化率と養分含量

各飼料の成分の平均消化率は Table 4 に示した。

全ての飼料は共通して粗蛋白質と NFE の消化率が高く、粗脂肪と粗繊維の消化率が低かった。これは ARCHIBALD ら²⁾、名久井ら²¹⁾の報告とよく一致しており、アルファルファ乾草の特徴と思われる。粗繊維消化率が低い原因として、アルファルファの粗繊維の高いリグニン含量が考えられ、また粗脂肪の消化率が低く、その変動が大きいのは、粗脂肪含量が低く、内因性粗脂肪の変動が大きいことによるものであろう。

飼料間の比較では、キューブが粗脂肪とヘミセルロース以外の成分、とくに粗蛋白質と粗繊維および ADF の消化率が低く、DCP 含量が低かった。これは日乾した乾草よりキューブの粗蛋白質と粗繊維の消化率が低いという既報の成績^{11, 12)}と一致しており、これはキューブ製造過程での熱変性と成形による微粉末化が原因となっているものと思われる。このアルファルファ・キューブの DCP が少なかったことはキューブの製造工程上の問題として考えるべきことであろう。

人工乾燥は常温における乾燥よりは養分の保持上は有利であるが、蛋白質の消化率については必ずしもそうではない。例えば BRATZLER ら⁵⁾は 92°C で乾燥したアルファルファは、74, 57, 43°C で乾燥したものとは比べ、粗蛋白質の消化率が低いことを報告している。高温においては炭

Table 4. Digestibility and nutrient contents of feeds (%)

	CV-hay	PC-hay	WS-hay	Hay cube
Dry matter	67.1 ^a ±0.6	63.0 ^b ±1.0	66.2 ^a ±1.2	61.7 ^c ±0.9
Organic matter	67.6 ^a ±0.7	64.3 ^b ±1.1	67.0 ^a ±1.3	63.6 ^b ±0.8
Cr. protein	80.4 ^a ±0.7	77.4 ^b ±1.1	79.6 ^a ±0.9	71.8 ^c ±1.1
Cr. fat	23.2 ^a ±6.0	20.0 ^a ±3.2	23.5 ^a ±3.3	43.1 ^b ±2.1
Cr. fiber	49.3 ^a ±1.8	49.3 ^a ±1.8	49.7 ^a ±2.5	45.8 ^b ±1.7
NFE	76.3 ^a ±0.4	71.3 ^b ±0.9	75.1 ^c ±0.6	72.9 ^d ±0.5
NDF	53.2 ^a ±1.1	52.8 ^a ±1.5	55.9 ^b ±1.8	51.7 ^a ±1.7
ADF	53.7 ^a ±1.3	51.2 ^a ±1.5	53.5 ^a ±2.6	47.3 ^b ±2.0
Hemicellulose	49.2 ^a ±4.7	61.0 ^b ±5.3	67.1 ^{b,c} ±2.5	67.7 ^c ±2.3
DCP	14.6 (16.9)*	14.2 (16.5)	15.3 (17.7)	11.9 (13.7)
TDN	52.2 (60.6)	49.1 (57.4)	51.4 (59.7)	50.5 (58.0)

a, b, c & d: The differences between the figures with different letters are significant at 5% level.

* Values in parentheses expressed as dry matter basis.

水化物のカーボニール基とアミノ酸、ペプチッド、蛋白質のアミノ基の結合がおこり、熱によって促進される。このような反応は加熱される草において、おこり熱変性した窒素化合物が ADF 部に蓄積することや、ヘミセルロースは糖類と同様にこの時の炭水化物源になるとされている²⁰⁾。GOERING ら⁹⁾は草を加熱することによって ADF に蓄積する熱変性窒素化合物の量が増加し、その量は粗蛋白質消化率と高い負の相関があるとしている。

飼料の粉碎の影響について BLAXTER ら⁴⁾ および橋爪ら¹²⁾は乾草をより細かく粉碎するほど消化管内通過速度が早くなり、とくに粗繊維の消化率が低下することを報告している。

しかし乾草の粉碎によるエネルギー消化率の低下は、メタン発生と熱量増加によるエネルギー損失が低下することによって十分に補われること⁴⁾や、乾草をペレット化することによって代謝エネルギーは低下するが、代謝エネルギーの正味利用率が高くなること²⁰⁾や、また乾草をペレットあるいはキューブにすることによって増体効率が高くなることは多く報告されている^{9,10,20)}。泌乳牛においても、成形することによって粗飼料摂取量が増加し、それにとともに泌乳量が増加するという総説や報告が多い^{17,18)}。しかし反面、乾草の粉碎による低乳脂^{17,18)}およびパラケラトージス^{3,17)}の可能性もあり、キューブ利用の有利性は乳価、キューブと他の飼料との関係および地方の立地条件等によって変化するものと思われる。

は場で調製した3処理の乾草の間では、PC法による乾草は最も葉部割合が高かったにもかかわらず、日乾法、針金架法による乾草に比べて、乾物、有機物、粗蛋白質の消化率が有意 ($P < 0.05$) に低く、DCP、TDN 含量も低かった。石栗ら¹⁴⁾はPC法と針金架法による乾草の DCP、TDN 含量は同等であったと報告しているが、この違いは草種、天候、調製作業の違いが原因しているものと思われる。本実験ではPC法の乾燥に長時間を要したために、消化され易い物質が呼吸および若干の発酵によって損失したことも関係があろう。またフィルムを被覆する前の子乾時の水分含量が高かった (69.1%) ことも、この乾草の品質を低下させた大きな原因となっているものと思われ、少なくとも水分含量 50% 以下に予乾してから本法を適用することが望ましいように思われる。

日乾法と針金架法による乾草の各成分の消化率はほぼ同様であった。

NDF 含量は、乾物消化率 ($r = -0.88$, $P < 0.001$)、粗蛋白質消化率 ($r = -0.84$, $P < 0.001$) との間に高い負の相関を示し、また ADF 消化率との間に $r = -0.72$ ($P < 0.01$) の相関を示した。しかしこれらの相関係数は飼料形態の違いという要因を無視しているので適切ではないかもしれない。

ADF 消化率は乾物消化率 ($r = 0.91$, $P < 0.001$)、粗蛋白質消化率 ($r = 0.91$, $P < 0.001$) との間に高い相関を示した。

4. 飼料成分回収率と養分回収量

原料草に対する生産乾草の成分の回収率および原料草の全成分量に対する葉部に基づく成分

Table 5. Percentage yield of respective nutrients from original herbage (A) and percentage loss of respective nutrients due to leaf falling (B) in three kinds of hay (%)

	Dry matter	Organic matter	Cr. protein	Cr. fat	Cr. fiber	NFE	Cr. ash	NDF	ADF
(A) CV-hay	70.4	71.0	67.5	38.7	74.0	74.1	66.3	76.5	75.0
PC-hay	89.2	89.5	86.7	54.8	98.1	88.7	86.7	101.4	94.6
WS-hay	81.9	81.9	83.1	54.8	83.5	82.7	82.1	91.7	83.7
(B) CV-hay	19.0	19.0	26.4	45.2	9.3	19.0	18.9	10.6	9.6
PC-hay	8.8	9.1	12.5	37.1	2.3	9.1	6.6	0.2	1.4
WS-hay	12.9	13.2	17.2	40.3	6.0	13.0	11.2	4.3	5.9

の損失量の割合は Table 5 に示した。

乾物の回収率は日乾法：70.4，PC法：89.2，針金架法 81.9% であった。また，原料草の全乾物量に対する葉部損失（乾物）の割合は，日乾法：19.0，PC法：8.8，針金架法：12.9% であった。

成分では粗脂肪の回収率は最も低く，そしてその損失の大部分は葉部の変質と脱落に由来している。粗繊維，NDF，ADF の回収率は高かったが，それは葉部の機械的損失がこれらの成分の損失にあまり関与しないためであろう。乾物の回収率に比べて粗蛋白質の回収率はあまり低くはなかった。これはその損失の大部分が葉部の機械的損失に原因し，呼吸による蛋白質の損失は糖類ほど大きくはない²⁰⁾ためであろうと思われる。

原料草 1 t からの各々の乾草および養分の生産量は Table 6 のとおりである。

MURDOCH ら²⁰⁾ はアルファルファ・イネ科混播草の乾草調製法による養分損失の比較で，三角架法は地上での日乾法に比較して，天候不良時には効果的であるが良好な天候時には効果が無いと報告している。しかし本実験では，日乾法は直接雨にあたらなかったにもかかわらず養分回収量はかなり低かった。ヘイコンディショナーを使用しない場合，手作業ではなくテッダーで反転した場合，または雨にあたった場合などではさらに大きい損失があるものと思われる。

Table 6. Comparative yields of hay and nutrients from 1000 kg of original herbage

	Hay		DCP	TDN	Carotene
	Air dry matter	Dry matter			
CV-hay	134.2 ^{kg} (100)	115.5 ^{kg} (100)	19.6 ^{kg} (100)	70.1 ^{kg} (100)	6.9 ^g (100)
PC-hay	170.8 (127)	146.3 (127)	24.3 (124)	83.9 (120)	6.2 (90)
WS-hay	156.2 (116)	134.3 (116)	23.9 (122)	80.3 (115)	12.4 (180)

Values in parentheses show relative yields to those of CV-hay (Base: 100)

高野ら²⁰⁾も養分回収に対して、針金架法、三角架法が有効であることを報告している。

PC法による乾草は養分含量が低かったが、乾物および養分の回収量は最も多かった。これは拡散を行わなかったために機械的損失が最も少なかったことによるものと思われる。

針金架法は5 mm と 33 mm の 2 回の雨にあたってにもかかわらず高い養分含量と高い養分回収量を示したことは高く評価できるものと思われる。

またカロチンの回収量は針金架法が量も多く、PC法の2倍量に相当した。

要 約

1. 同一は場から同時に刈取ったアルファルファ1番草をごく普通に反転を繰り返す乾草調製方法(日乾法, CV法), 長尺プラスチックフィルム被覆による方法(PC法), 針金架を利用する方法(針金架法, WS法)による乾草およびキューブに調製し, それらについて4頭の緬羊を用いて消化試験を行った。また3種の乾草については葉茎部ごとの成分と養分回収についても検討した。

2. キューブは3種の乾草と比べて粗蛋白質含量は2~3%低かった。また, とくに粗蛋白質と粗繊維の消化率が低かった。粗蛋白質消化率は最も高い日乾法による乾草より8.6%も低かった。

3. 3種の乾草ではPC法は葉部割合が多かったにもかかわらず, 粗蛋白質含量はとくに多くなく, NFE, 可溶性糖類, カロチン含量が少なく, 粗繊維, NDF含量が高かった。日乾法は可溶性糖類が最も多かった。

4. 日乾法と針金架法の乾草の消化率はほぼ同様であったが, PC法の乾草は一般に低く, DCP, TDN含量も低かった。

5. ADF消化率は乾物と粗蛋白質消化率との間に高い相関(いずれも $r=0.91$, $P<0.001$)を示した。

6. 原料草に対する乾物回収率は, 日乾法: 70.4%, PC法: 89.2%, 針金架法: 81.9%であった。

7. 葉部損失に基づく乾草の乾物および粗蛋白質損失は, それぞれ日乾法: 19.0%, PC法: 8.8%, 針金架法: 12.9%, および, 日乾法: 26.4%, PC法: 12.5%, 針金架法: 17.2%であった。

8. DCP含量(乾物当たり)はキューブが13.7%で著しく低く, 最も高い針金架法による乾草より4%も低かった。

9. TDN含量(乾物当たり)は, PC法による乾草とキューブが約58%で, 他のものより約2%低かった。

10. 原料草からの養分生産量は, 日乾法100に対し, PC法と針金架法とではそれぞれ,

DCP: 124, 122, TDN: 120, 115 で、いずれも日乾法よりも高く、かつ PC 法のほうがやや多かった。

11. 以上のように PC 法による乾草は養分含量が低かったが、乾物および養分の回収量は最も多かった。また針金架法による乾草は 2 回の雨にあたったにもかかわらず高い養分含量と回収量を示した。

文 献

- 1) ANDERSON, M. J., G. E. STODDARD, C. H. MICKELSEN, and R. C. LAMB, *J. Dairy Sci.*, 58: 72-77. 1975.
- 2) ARCHIBALD, J. G., H. FENNER, D. F. OWEN, Jr., and H. D. BANES, *J. Dairy Sci.*, 44: 2232-2241. 1961.
- 3) BEARDSLEY, D. W., *J. Anim. Sci.*, 23: 239-245. 1964.
- 4) BLAXTER, K. L., and N. MCC. GRAHAM, *J. Agric. Sci., Camb.*, 47: 207-217. 1956.
- 5) BRATZLER, J. W., E. KECK, Jr., and R. R. YOERGER, *J. Anim. Sci.*, 19: 1186-1189. 1960.
- 6) CARTER, W. R. B., *J. Brit. Grassld. Soc.*, 15: 220-230. 1960.
- 7) GOERING, H. K., and P. J. VAN SOEST, *J. Dairy Sci.*, 50: 989-990. 1967.
- 8) GOERING, H. K., C. H. GORDON, R. W. HEMKEN, D. R. WALDO, P. J. VAN SOEST, and L. W. SMITH, *J. Dairy Sci.*, 55: 1275-1280. 1972.
- 9) GOERING, H. K., and P. J. VAN SOEST, *Forage Fiber Analyses (Apparatus, Reagents, Procedures and Some Applications): U. S. D. A. Agr. Handbook*, 379. 1970.
- 10) GREENHALGH, J. F. D., and F. W. WAINMAN, *Proc. Br. Soc. Anim. Prod.*, 1. 61-72. 1972.
- 11) 橋爪徳三・藤田 裕・松岡 栄・勝俣和悦・中里 仁, 帯大研報, 9: 483-490. 1975.
- 12) 橋爪徳三・藤田 裕・松岡 栄・加藤 洋・斎藤悟郎, 帯大研報, 9: 491-508. 1975.
- 13) 堀井 聡・阿部 亮, 畜試研報, 23: 83-87. 1970.
- 14) 石栗敏機・田辺安一, 新得畜試研報, 5: 9-12. 1973.
- 15) 唐橋 需・大根田襄・上居田一三, 北農試彙報, 93: 44-48. 1968.
- 16) LACKET, C. R., and T. J. KLOPFENSTEIN, *J. Anim. Sci.*, 31: 126-129. 1970.
- 17) MINSON, D. J., *J. Brit. Grassld. Soc.*, 18: 39-44. 1963.
- 18) MOORE, L. A., *J. Anim. Sci.*, 23: 230-238. 1964.
- 19) 森本 宏 (監修), 動物栄養試験法, 349-351 養賢堂, 東京, 1971.
- 20) MURDOCH, J. C., A. S. FOOT, M. J. HEAD, M. C. HOLDSWORTH, Z. D. HOSKING, and C. LINE, *J. Brit. Grassld. Soc.*, 14: 247-252. 1959.
- 21) 名久井忠・岩崎 薫・早川政市・八幡林芳, 北農試研報, 111: 79-88. 1975.
- 22) SULLIVAN, J. T., *Chemistry and Biochemistry of Herbage Vol. 3 (Ed. BUTLER & BAILEY)*, 1-28. Academic Press, London. 1973.
- 23) 高野信雄・鈴木慎二郎・山下良弘, 北農試彙報, 97: 63-71. 1970.
- 24) TERRY, R. A., and J. M. A. TILLEY, *J. Brit. Grassld. Soc.*, 19: 363-372. 1964.
- 25) VAN SOEST, P. J., *International Encyclopedia of Food and Nutrition Vol. 17 (Ed. SIR DAVID CUTHBERTSON)*, 37-58. Pergamon, New York. 1969.
- 26) WAINMAN, F. W., K. L. BLAXTER, and J. S. SMITH, *J. Agric. Sci., Camb.*, 78: 441-447. 1972.
- 27) 八幡林芳・岩崎 薫・名久井忠・阿部 亮, 日畜会報, 44: 598-604. 1973.

- 28) 吉田則人, 北海道家畜管理研究会誌, 9: 33-41. 1974.
29) 吉田則人・大原洋一・安宅一夫・橋崎 昇, 帯大研報, 9: 189-197. 1974.

Summary

Comparative experiments were carried out in an attempt to produce hay with less loss of nutrients. The feed values and nutrient yields of alfalfa hays prepared by three different field curing methods were compared, while also investigating the effect of artificial drying on the digestibility of alfalfa-cubes.

The outline of the 4 feeds used is as follows. The forage was 1st-cutting alfalfa in prebloom stage (height ca. 69cm) when it was harvested on 10th June 1975. The long alfalfa were cured on the field by the 3 following methods under weather conditions as shown in Table 1.

1. Conventional curing method (CV-hay) : Long fresh alfalfa was dried on the field (500 kg fresh alfalfa per 9 m × 18.5 m area), windrowed in the evening, spread in the morning and tedded once a day by hay fork. It was covered by plastic film during rainfall (2 times during curing period).

2. Plastic covering method (PC-hay) : After 2 days drying as in the CV-method, windrows were turned once a day without spreading and were dried. They were covered by plastic film in the evening and during rainfall.

3. Wire stand hanging method (WS-hay) : After 2 days drying as in the CV-method, the wilted alfalfa (69.1 % moisture) was hung on a wire stand and dried with no covering.

4. Hay cubes : Chopped fresh alfalfa was also fed into the drying drum of the hay cube plant. The temperature at the entrance to the drum was 700-800 C°. The dehydrated hay was taken out of the drum at a temperature of ca. 106 ± 20 C° after 5 minutes after. The cube, thus produced, had a diameter of 3 cm and length of 3-5 cm.

Digestion experiments were conducted on 4 sheep.

The chemical composition and digestibility are shown in Tables 2 & 4, respectively. The hay cube showed 2-3% lower crude protein content as compared to the 3 field-cured hays and its digestibility of crude protein and crude fiber was lower. The crude protein digestibility of hay cubes was 8.6% lower than that of CV-hay.

Although PC-hay showed the highest leaf content among the three hays (Table 3), its crude protein content was not necessarily the highest, having lower NFE, soluble carbohydrate and carotene contents and higher crude fiber and neutral detergent fiber contents. CV-hay showed the highest soluble carbohydrate content (Table 2).

PC-hay showed lower digestibilities of dry matter, organic matter, crude protein and NFE as compared to the other 2 hays, while the latter had nearly identical values. The PC-hay also showed lower DCP and TDN content (Table 4).

High correlations were observed between ADF digestibility and dry matter or crude protein digestibilities, each showing $r=0.91$, $p<0.001$.

The dry matter yield of the 3 hays as compared to the original alfalfa were as follows (Table 5) : CV-hay 70.4%, PC-hay 89.2%, WS-hay 81.9%.

The dry matter and crude protein losses due to leaf falling were as follows (Table 5) : Dry matter : CV-hay 19.0%, PC-hay 8.8%, WS-hay 12.9%

Crude protein : CV-hay 26.4%, PC-hay 12.5%, WS-hay 17.2%

The hay cube showed a remarkably lower DCP content percentage of DM (13.7%), 4 % lower than that of WS-hay. The TDN content of DM of PC-hay and hay cube was about 58% in each, 2% lower than the other 2 hays (Table 4).

The DCP and TDN yield of the 2 hays as compared to the CV-hay (100) was about 20% higher than CV-hay and PC-hay showed a slightly better yield than WS-hay (Table 6).

From the above results, it was observed that PC-hay yielded the highest DM, DCP and TDN, though its percentage content of DCP and TDN was lower. And WS-hay showed higher nutrient contents and yields in spite of two exposures to rain.